

**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA STRUKOVNIH STUDIJA  
Kragujevac**

Prof.dr Branko Davidović, dipl. inž. saobraćaja

# **INTRALOGISTIKA**

## UNUTRAŠNJI TRANSPORT

Kragujevac, 2012. godina

Prof. dr Branko Davidović, dipl. inž . saobraćaja  
**INTRALOGISTIKA - UNUTRAŠNJI TRANSPORT**

**Recenzenti:**

Prof. dr Milan Sretenović, Saobraćajni fakultet, Beograd  
Prof. dr Dragiša Tolmač, Tehnički fakultet M. Pupin, Zrenjanin

Format: B5

Izdavač: Intelekt, Beograd

Štamparija: BM štampa, Beograd

Računarska obrada: Milan Srećković, inž . informatike

Lektor: Prof. dr. Tamara Grujić

Tiraž : 250 primeraka

Na sednici Nastavnog veća Visoke tehničke škole u Kragujevcu, održanoj dana 01. 06. 2009. godine, doneta je odluka br.01-159 da se udžbenik *Unutrašnji transport*, štampa za potrebe studenata. Sufinansirano od strane Visoke tehničke škole strukovnih studija iz Kragujevca.

CIP – Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

005.6:656

**Davidović, Branko,**

UNUTRAŠNJI TRANSPORT / Davidović B. –  
Beograd: AGM knjiga d.o.o., 2012. (Beograd: BM  
štampa). – 250 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 250. - Napomene i bibliografske reference uz  
tekst. Bibliografija: str. 193-196.

ISBN 978-86-87299-02-3

a) Transport – Unutrašnji transport

COBISS: SR – ID 156460812

Izdavač zadržava sva prava. Reprodukција pojedinih delova ili celine ove publikacije u bilo kom obliku nije dozvoljena bez saglasnosti autora.

# Sadržaj

1. ZNAČAJ I OSNOVNI ELEMENTI INTRALOGISTIKE.....	1
1.1. ZNAČAJ LOGISTIČKE FUNKCIJE.....	1
1.1.1. Elementi logističkog sistema preduzeća .....	2
1.1.2. Funkcionalno diferenciranje logističkih sistema .....	3
1.1.3. Ciljevi logistike preduzeća .....	4
1.1.4. Definicije unutrašnjeg transporta i intralogistike.....	5
1.1.5. Funkcije transporta u intralogistici .....	6
1.1.6. Pretovarni proces i tehnološke operacije .....	8
1.2. OSNOVNI ELEMENTI ORGANIZACIJE PROIZVODNJE.....	11
1.2.1. Podela i tipovi proizvodnih procesa.....	12
1.2.2. Tehnološki zahtevi u intralogistici.....	14
1.2.3. Putevi i kretanja materijala u proizvodnji.....	16
1.2.4. Tehnološka dokumentacija.....	18
1.3. TRANSPORTNI TOKOVI MATERIJALA .....	20
1.3.1. Analiza tokova materijala .....	23
1.3.2. Razdvajanje i spajanje transportnih tokova.....	25
1.3.3. Osnovni elementi modeliranja tokova materijala.....	27
1.3.4. Funkcije pufera.....	29
REZIME.....	33
2. SISTEMI PAKOVANJA.....	35
2.1. OSNOVNE FUNKCIJE I SVOJSTVA AMBALAŽE .....	35
2.1.1. Standardizacija u sistemu pakovanja.....	37
2.1.2. Klasifikacija ambalaže i ambalažne grupe .....	38
2.1.3. Identifikacija i označavanje ambalaže.....	40
2.2. TEHNIČKA SREDSTVA U SISTEMU PAKOVANJA .....	41
2.2.1. Ambalažni materijali .....	41
2.2.2. Sredstva za pakovanje.....	43
2.2.3. Pomoćna sredstva za pakovanje .....	45
2.2.4. Mašinska tehnika u sistemu pakovanja.....	46
2.3. TEHNIKE PAKOVANJA.....	48
2.3.1. Opterećenja ambalaže i tereta .....	49
2.3.2. Nivoi i strategije pakovanja.....	50
2.3.3. Formiranje ravne paletne jedinice tereta .....	53
2.3.4. Mašinsko formiranje ravno paletizovanih jedinica tereta .....	57
2.3.5. Formiranje boks paleta i ostalih jedinica tereta .....	60
2.3.6. Formiranje jedinica tereta višeg nivoa.....	61
2.4. KRITERIJUMI ZA IZBOR I POREĐENJE SISTEMA PAKOVANJA.....	63
REZIME.....	66
3. SKLADIŠNI SISTEMI.....	69
3.1. ZADACI SKLADIŠTA .....	69
3.2. OSNOVNI TEHNOLOŠKI ZAHTEVI U SKLADIŠTU .....	71
3.3. KLASIFIKACIJA I TIPOVI SKLADIŠNIH SISTEMA.....	72
3.3.1. Podno skladište .....	74
3.3.2. Skladišta sa statičnim regalima .....	75
3.3.3. Dinamička regalna skladišta.....	82
3.3.4. Skladišta hladnjača .....	86

3.3.5. Skladišta rasutih materijala .....	87
3.3.6. Ostali tipovi skladišta .....	89
3.3.7. Prateći elementi skladišta .....	92
3.4. SISTEMI KOMISIONIRANJA .....	97
3.4.1. Uticajni faktori u sistemima za komisioniranje .....	98
3.4.2. Funkcije i principi komisioniranja .....	99
3.4.3. Organizacioni oblici komisioniranja .....	102
3.4.4. Obrada informacija i dokumenata .....	104
3.4.5. Kapacitet sistema za komisioniranje .....	106
3.5. SISTEMI SORTIRANJA .....	111
3.5.1. Formiranje sortirnog sistema .....	112
3.5.2. Formiranje sortirnog postrojenja .....	112
3.5.3. Sortiranje i razdelni transporter .....	113
3.5.4. Kriterijumi za izbor sortirnog sistema .....	117
3.6. SKLADIŠNE ZALIHE .....	118
3.6.1. Funkcije zaliha .....	119
3.6.2. Struktura zaliha .....	120
3.6.3. Strategije upravljanja zalihama .....	121
3.6.4. Selektivno upravljanje zalihama – ABC analiza .....	123
3.7. ORGANIZACIJA RADA U SKLADIŠTU .....	125
3.7.1. Indikatori performansi za ocenu rada skladišta .....	126
3.7.2. Informatizacija i automatizacija skladišnih procesa .....	129
3.7.3. Strategije koje obezbeđuju efektivan rad skladišnog sistema .....	131
3.8. KRITERIJUMI ZA IZBOR I POREĐENJE SKLADIŠNIH SISTEMA .....	134
REZIME .....	138
4. TRANSPORTNO-MANIPULATIVNI SISTEMI .....	139
4.1. ZADACI TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SISTEMA .....	139
4.2. KLASIFIKACIJA TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SREDSTAVA .....	140
4.3. INDIKATORI PERFORMANSI	
TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SREDSTAVA .....	141
4.3.1. Kapacitet sredstava s cikličnim dejstvom .....	142
4.3.2. Kapacitet sredstava s neprekidnim dejstvom rada .....	143
4.3.3. Ostali indikatori performansi .....	145
4.4. ZAJEDNIČKI ELEMENTI	
TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SREDSTAVA .....	147
4.4.1. Vrste pogonskih sistema .....	147
4.4.2. Ostali zajednički elementi .....	149
4.4.3. Elektrobaterijska pogonska jedinica .....	151
4.4.4. Pribor i uređaji za rukovanje komadnim materijalima .....	153
4.4.5. Uređaji za jedinice tereta višeg reda .....	160
4.4.5. Pribor i uređaji za rukovanje rasutim materijalima .....	161
4.5. SREDSTVA SA CIKLIČNIM DEJSTVOM .....	162
4.5.1. Transportno-manipulativna sredstva .....	163
4.5.2. Regalni liftovi .....	184
4.5.3. Dizalice .....	186
4.5.4. Kapacitet i potreban broj dizalica .....	201
4.5.5. Sredstva za rukovanje kontenerima i tovarnim sanducima .....	204
4.5.6. Sredstva za rukovanje masovnim teretima .....	209
4.5.7. Automatski vođena vozila .....	211



4.6. SREDSTVA SA KONTINUALNIM DEJSTVOM .....	214
4.6.1. Podela transportera .....	214
4.6.2. Trakasti transporter .....	215
4.6.3. Člankasti transporter .....	230
4.6.4. Pneumatski transporter .....	236
4.6.5. Gravitacioni transporter .....	240
4.6.6. Viseći transporter .....	243
4.7. TROŠKOVI RADA TRANSPORTNO MANIPULATIVNIH SISTEMA .....	245
4.7.1. Struktura troškova po proizvodnom obeležju .....	246
4.7.2. Proračun stalnih troškova .....	247
4.7.3. Proračun promenljivih troškova .....	250
4.7.4. Određivanje cene rada .....	254
4.8. BEZBEDNOST U RADU SA TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIM SREDSTVIMA .....	255
4.9. KRITERIJUMI ZA IZBOR I POREĐENJE TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SISTEMA .....	258
REZIME .....	263
5. IDENTIFIKACIJA PROBLEMSKIH MESTA I PRAVCI RACIONALIZACIJE TEHNOLOŠKIH ZAHTEVA .....	265
5.1. PROBLEMSKE SITUACIJE I UZROCI NJIHOVOG NASTANKA .....	265
5.2. IDENTIFIKACIJA MOGUĆIH MESTA RACIONALIZACIJE .....	266
5.2.1. Mesta racionalizacije u pretovarno-skladišnom zadatku .....	268
5.2.2. Moguća mesta racionalizacije u realizaciji tehnoloških zahteva .....	269
5.2.3. Mesta racionalizacije u organizaciji rada .....	272
5.2.4. Rekapitulacija mogućih mesta racionalizacije, njihova međuzavisnosti i nivoi racionalizacije .....	273
5.3. PRAVCI I POSTUPCI RACIONALIZACIJE .....	274
5.3.1. Pravci i postupci racionalizacije pretovarnog zadatka u pojavljivanju ..	274
5.3.2. Pravci i postupci racionalizacije u realizaciji .....	278
5.3.3. Pravci i postupci racionalizacije u organizaciji .....	291
5.4. POTREBA PRIMENE MATEMATIČKIH METODA U INTRALOGISTICI ...	293
REZIME .....	295
6. PLANIRANJE SISTEMA TOKOVA MATERIJALA .....	297
6.1. ZADACI I ZNAČAJ PLANIRANJA .....	297
6.2. OSNOVNE POSTAVKE I AKSIOMI LOGISTIČKOG PLANIRANJA .....	298
6.3. CILJEVI PLANIRANJA .....	299
6.4. VRSTE I KORACI U POSTUPKU PLANIRANJA .....	300
6.4.1. Definisanje zadatka .....	302
6.4.2. Analiza i ocena postojećeg stanja .....	304
6.4.3. Projektovanje varijanti procesa .....	306
6.4.4. Projekat varijanti sredstava rada .....	309
6.4.5. Vrednovanje tehnologije i evaluacija rangiranja .....	309
6.4.6. Fino planiranje .....	311
6.4.7. Realizacija projekta planiranja .....	312
REZIME .....	313
LITERATURA .....	315

## PREDGOVOR

Izučavanje tehnologija i organizacije proizvodnih procesa kao procesa stvaranja specifičnih oblika vrednosti uz pretvaranje ulaznih elemenata u specifičan proizvod, ili uslugu sa aspekta transporta, zahteva specijalizaciju aktivnosti i znanja, uvođenje tehnoloških i organizacionih unapređenja, operativno planiranje, informatizaciju i integraciju pratećih tehničkih i administrativnih poslova, ubranu komercijalizaciju i distribuciju i dr. što ukazuje da transport ima primarnu ulogu u rešavanju svakodnevnih operativnih zadataka usklađivanja proizvodnje sa tokovima dopreme i otpreme materijala uz minimalne troškove poslovanja.

U praksi, oblast intralogistike i transporta u okviru nje, obuhvataju izuzetno veliki skup međusobnih aktivnosti, čak i onda kada je reč o delatnostima izvan samog proizvodnog procesa. Intralogistika postoji u: robnim terminalima, građevinarstvu, rudarstvu, energetici, vojsci, trgovini (kod komisioniranja, pakovanja, pripreme za isporuku), ugostiteljstvu (menze u fabrikama i studentskim domovima) i na svim onim organizacionim celinama i/ili sistemima gde ima potreba za usklađivanjem kretanja ljudi i bilo koje vrste materijala ili proizvoda. Termin „intralogistika“ uveden je 30.06.2003, u zapadnoj literaturi, da bi 2005 na kongresu CEMAT 2005, dobio zvaničnu definiciju i terminološki stavljen u upotrebu.

Knjiga „*Intralogistika – Unutrašnji transport*“, obrađuje problematiku logističkih aktivnosti koje se obavljaju u preduzećima, prevashodno u industriji, a može se koristiti i u drugim delatnostima. Konceptijski je podeljena na šest poglavlja: Značaj i osnovni elementi intralogistike, Sistemi pakovanja, Skladišni sistemi, Transportno-manipulativni sistemi, Identifikacija problemskih mesta i pravci racionalizacije tehnoloških zahteva i Planiranje sistema tokova materijala. Svako poglavlje predstavlja za sebe posebnu celinu, pa se kao takvo može posebno obrađivati. Međuzavisnost materije iskazana je unutar poglavlja.

U prvom poglavlju, ukazano je na značaj logističke funkcije, osnovne elemente proizvodnih procesa i tokove materijala unutar proizvodnje. Cilj ovog poglavlja je, da se na osnovu procesnog pristupa, ukaže na značaj izučavanja tokova materijala, mesta nastanka i mesta ponora i ukaže na potrebu stalnog praćenja i modeliranja tokova. Drugo poglavlje obrađuje probleme pakovanja, njegove osnovne funkcije, savremena tehnička sredstva i tehnike pakovanja. Cilj je, da se na osnovu poznavanja izložene problematike pakovanja određenim kriterijumima biraju optimalna tehnička sredstva i tehnike pakovanja. U trećem poglavlju, obrađeni su skladišni sistemi, tehnologija i organizacija rad. Definisane su strategije za efikasan rad skladišta kao i kriterijumi za poređenje i izbor najpovoljnijeg tipa skladišta. Četvrtim poglavljem obuhvaćena je problematika transportno-manipulativnih sredstava, od njihovog značaja i klasifikacije, preko analize svojstva i prikaza sredstava mehanizacije sa cikličnim i neprekidnim dejstvom, troškova i cena po jedinici rada, do kriterijuma za njihovo poređenje i izbor. Petim poglavljem obuhvaćena je identifikacija potencijalnih problemskih mesta i dati su pravci njihovog rešavanja. Šestim poglavljem obuhvaćena je problematika planiranja tokova materijala. Na kraju svakog poglavlja dati su rezime i kontrolna pitanja za proveru znanja.

Knjiga je nastala kao osnovna literatura iz predmeta Unutrašnji transport za studente Visoke tehničke škole strukovnih studija saobraćajnog smera u Kragujevcu, pri čemu se težio na što većem isticanju realnih inženjerskih problema u vezi sa tokovima materija-

la, realizacijom usluga i načinima praćenja elemenata procesa u intralogistici. Knjiga može da posluži i studentima drugih visokih škola i fakulteta koji u svojim programima imaju materiju obuhvaćenu ovim udžbenikom. Ovo je prvo izdanje knjige sa 205 slika i 46 tabela.

Autor knjige koristi priliku da izrazi zahvalnost, pre svega recenzentima prof. dr Milanu Sretenoviću i prof. dr Dragiši Tolmaču na pisanim sugestijama i preporukama koje sam sa zadovoljstvom prihvatio i uneo u ovu knjigu, kao i svima koji su na bilo koji način pomogli i uložili volje i truda u vezi sa tehničkom pripremom, štampanjem i izdavanjem ove knjige.

U Kragujevcu, Aprila 2012.

Prof. dr Branko Davidović, dipl. saob. inž.



# 1. ZNAČAJ I OSNOVNI ELEMENTI INTRALOGISTIKE

Od svog nastanka pa do danas, logistika se razvila u savremenu naučnu disciplinu, sa kojom se u teoriji i praksi upravlja sistemima i procesima. Njena specifična funkcija u okviru organizacionih, društvenih i drugih sistema, podrazumeva proces planiranja i obezbeđenja dobara i usluga radi zadovoljenja potreba posmatranog sistema tj. logistika ima funkciju, integrisanog planiranja, oblikovanja, realizacije i kontrole tokova materijala i proizvoda<sup>1</sup>, optimalnog korišćenja transportno-manipulativnih sredstava i drugih tehnoloških elemenata, energije i informacija kako unutar posmatranog preduzeća, tako i između preduzeća i njegovih komitenata.

U preduzeću, sistem logističkih aktivnosti je suštinski i koncepcijski, organizaciono-tehničko-tehnološki sistem. Diferenciranjem logističkog sistema sagledavaju se podsistemi, njihova interakcija, struktura tehnoloških elemenata proizvodnje, procesi i aktivnosti, uticaji okruženja i kritične logističke mogućnosti koje će predstavljati relevantna ograničenja u funkcionisanju preduzeća koga karakterišu višefaznost i višesmernost u transformacionim procesima, od nabavke materijala, preko tokova materijala u proizvodnji do potrošnje. Cilj je identifikacija ključnih elemenata kojima se ostvaruju prostorno povezivanje, kvantitativno, vremensko i asortimansko izjednačavanje zahteva proizvodnje i potrošnje.

## 1.1. ZNAČAJ LOGISTIČKE FUNKCIJE

Nov koncept logističke funkcije karakteriše: koncentracija rada i logističkih aktivnosti, specijalizacija u pružanju logističkih usluga, što je dovelo do „*outsourcing*“-a, pojave provajdera, visokog kvaliteta i raznovrsnosti usluga u lancima snabdevanja, primene savremenih kombinovanih tehnologija transporta i novih upravljačko-informacionih tehnologija, čime je klasična uloga transporta i organizatora znatno izmenjena.

Kao posledica razvoja novih tehnologija, svakih 5-8 godina pojavljuje se oko 40% novih proizvoda, povećava se prosečan transportni put, zahteva se, za oko 70% robe dostava po principu *dan-asutra*, a za preostalih 30% u roku od 36-48 sati, što ukazuje na značaj logističkih usluga. Ako se zna, da logistički troškovi imaju učešće u ukupnom prihodu visoko razvijenih zemalja od 5,5-7,8%, u Americi čak 10% i da u zavisnosti od privredno-industrijske grane, u visoko razvijenim zemljama, ovi troškovi učestvuju u proseku 10-30% (u nekim granama 40%) kod nas 9,9-88,5%, i to: u trgovini 9,9%, metaloprerađivačkoj industriji 15,8%, industriji građevinskog materijala 88,5%, tada je značaj logistike neosporan u smislu primene logističkih principa i smanjenja logističkih troškova, što postaje dominantan faktor u razvoju logističkih sistema, a time i strategija razvoja preduzeća. Prema, [www.i2.com](http://www.i2.com), primenom logističkih principa mogu se ostvariti sledeće uštede:

- realna poboljšanja kod performansi otpreme proizvoda za 5-25%,
- u zalihama, kod vremena čuvanja i drugih skladišnih procesa smanjenja za 5-30%,

---

<sup>1</sup>Pod pojmom materijal podrazumevati bilo koji sastojak, sirovinu, poluproizvode, pogonske materijale, komponente, rezervne delove koji se koriste za izradu proizvoda (u daljem tekstu: materijal). Proizvod koji se izrađuje ili je izrađen, čak i ako je namenjen za kasniju upotrebu u nekom drugom postupku izrade, prema Protokolu II, o definiciji pojma „Proizvodi sa poreklom“ i metodama administrativne saradnje, glava I, opšte odredbe, Član 1. U transportu je primereno koristiti termin teret ili jedinica tereta.

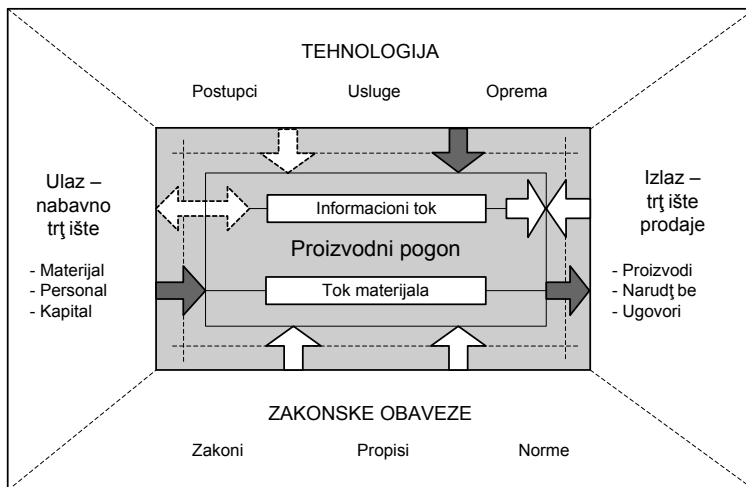
- transportnog posredovanja 6-12%,
- transportnog planiranja 8-12%,
- praćenje i predviđanje realizacije 5-10%,
- u povratnim tokovima, smanjenje troškova nabavke za 40-60%, od čega do 20% samo zbog grešaka u proizvodnji i dr.

Svakako da logistika ima veliki značaj u povećanju nivoa kvaliteta logističkih usluga, posebno u skraćanju vremena isporuke, pouzdanosti i fleksibilnosti isporuke, informacionoj sposobnosti i mnogim drugim elementima koje klasični pristupi nisu imali.

### 1.1.1. Elementi logističkog sistema preduzeća

Preduzeće je otvoren, društveno-tehnički sistem koji poseduje organizaciju i tehnologiju u cilju proizvodnje proizvoda i/ili usluga. Da bi se razumela logistika preduzeća, treba koristiti sistemski i procesni pristup u analizi preduzeća, jer je preduzeće kao logistički sistem kompleksna jedinstvena celina sa više različitih interaktivnih procesa. Sistemski pristup ima cikličnu strukturu nalaženja rešenja od formulacije, prikupljanja, analize podataka i informacija, preko razvoja potencijalnih rešenja, ocene, modeliranja i izbora najboljeg rešenja. Procesni pristup objašnjava neko preduzeće kao mrežu u poslovnih procesa kroz koju organizacija funkcioniše i ostvaruje svoje ciljeve. Oba pristupa su priznata u teoriji i praksi.

Preduzeće je u početku *nepoznanica* koja ima ulaze sa tržišta nabavke, izlaze prema tržištu prodaje, tehnologiju po kojoj izvršava proizvodne procese i uslove pod kojima funkcioniše, slika 1.1.



Slika 1.1. Osnovni kontekstni dijagram preduzeća

Ulaze čine uslovi pod kojima se mogu obezbediti: materijali, kapital, zaposleni, energija, informacije i sve drugo što je potrebno proizvodnji kao centralnom segmentu preduzeća. Ograničenja se nalaze u vidu zakonskih propisa, pravila i normi koje moraju biti zadovoljene. Tehnologija definiše kojim najpovoljnijim procedurama, metodama, sredstvima i opremom se može obaviti proizvodnja, transport, skladištenje i cirkulacija informacija. Mnogi smatraju da je izlaz glavni segment, jer bez prodaje nema održivosti proizvodnje. Ova četiri segmenta povezuju informacioni tokovi i tokovi materijala kao integrativni deo i podrška upravljačkim funkcijama.

Za realizaciju interfejsa u preduzeću postoje sledeće funkcije tehnička, informaciona i upravljačka koje podržavaju:

- tehnička sredstva (komponente proizvodnje, transporta i skladištenja), povezana sa tokovima materijala,
- informacioni sistem, u smislu, prikupljanja, čuvanja, prenosa, obrade i distribucija podataka i informacija,
- poslovni procesi, posebno njihova ekonomska komponenta sa kojom se vrši planiranje, ocenjivanje, odlučivanje, kontrola i monitoring poslovanja.

Može se zaključiti da logistički sistem preduzeća, predstavlja upravljanje fizičkim tokovima materijala i proizvoda, od nabavke materijala do mesta proizvodnje, kroz proces proizvodnje pa do isporuke gotovih proizvoda korisnicima, kao i upravljanje tokovima informacija, sredstava i energije vezanim za te fizičke tokove. Suština intralogistike je, na dve osnovne komponente logističkog sistema: fizički tok i tok informacija. Fizički tok se odnosi na operacije kretanja i uskladištenja sredstava, materijala i proizvoda dok tokovi informacija uporedo prate u istom i/ili suprotnom smeru fizički tok i može se reći upravljaju fizičkim tokovima obezbeđujući njihovo kretanje prema zahtevima korisnika.

#### 1.1.2. Funkcionalno diferenciranje logističkih sistema

Logistika nekog sistema se može generalno diferencirati prema:

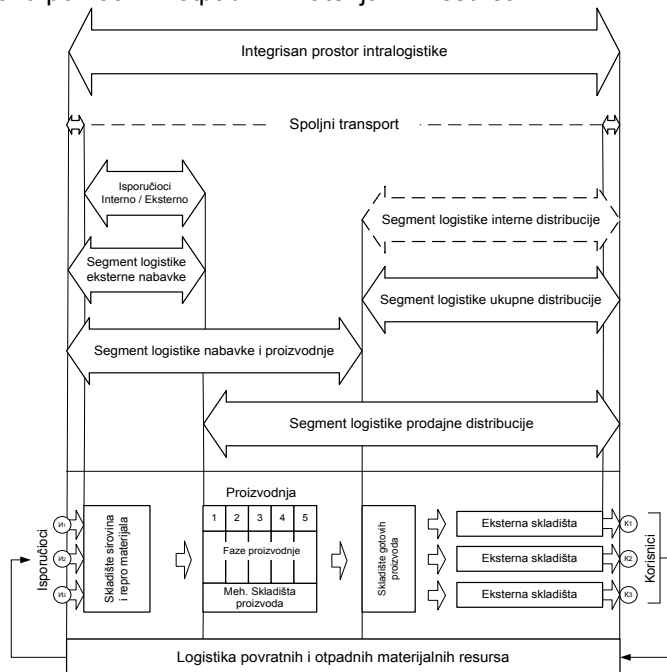
- institucionalno postavljenoj organizaciji (makro, mikro i meta logistički sistemi),
- funkcionalnosti u okviru preduzeća (logistika nabavke, logistika proizvodnje, logistika distribucije i logistika povratnih materijalnih tokova),
- operativno-dispozicionom nivou toka materijala (logistika pakovanja, logistika transporta, logistika skladištenja, logistika komisioniranja, logistika sortiranja, logistika upravljanja otpadom...)
- po mestu nastanka u realizaciji (pripremne aktivnosti, upravljanje, kontrola i završne aktivnosti),
- delatnosti u kojoj se realizuje (saobraćajna, industrijska, građevinska i dr.),
- prema objektima manipulisanja (logistika opasnih, komadnih, rasutih, tečnih ili gasovitih materijala i proizvoda, rezervnih delova) i dr.

Sigurno je da se pojedini delovi i aktivnosti nekih logistika preklapaju, jer npr. logistika proizvodnje obuhvata logistiku transporta, logistika distribucije obuhvata logistiku komisioniranja, logistika pakovanja obuhvata logistiku rezervnih delova i dr. U zavisnosti od izabranog preduzeća, njegove složenosti, strukture procesa i zahtevanog stepena detaljnosti, definišu se granice analize.

Diferenciranje logistike po funkcionalnom principu, predstavlja najcelovitiji pristup izučavanju intralogistike, jer povezuje i uključuje sve aktivnosti tokova materijala u procesu reprodukcije, od prijema materijala preko proizvodne potrošnje do gotovih proizvoda i njihove isporuke korisnicima, slika 1.2. Ovako segmentiranje integrisanih funkcija, u skladu sa logističkim principima, područje logistike može se rasčlaniti na četiri osnovna segmenta:

- logistika nabavke sa tokovima materijala od momenta dolaska u preduzeće do njegovih prijemnih skladišta ili direktno do proizvodnih mesta unutar pogona,

- logistiku proizvodnje sa tokovima materijala od prijemnih skladišta do početnih radnih mesta na kojima se oni obrađuju, prerađuju ili troše transformišući se u polu ili gotov proizvod i tokovima gotovih proizvoda od završnih radnih mesta do skladišta gotovih proizvoda,
- logistika distribucije sa tokovima proizvoda od skladišta gotovih proizvoda do utovara u vozila špeditera, krajnjih korisnika, ili vozila sopstvenog voznog parka,
- logistiku povratnih i otpadnih materijalnih resursa.



Slika 1.2. Diferenciranje segmenata logistike

Operativne tokove materijala i proizvoda prate tokovi informacija između dispoziitivnih i administrativnih funkcija potrebnih za izvršenje proizvodnih zadataka, pri čemu je osnovni zadatak logistike da planira, upravlja i kontroliše tokove materijala, obezbedi transport unutar pogona do radnih mesta i od njih, između pogona kao i do krajnjih korisnika zasnovano na principima *JIS – Just In Sequences* i *JIT– Just-In-Time* koncepta (7P).

### 1.1.3. Ciljevi logistike preduzeća

Povećanje nivoa logističkih usluga, izraženo vremenom isporuke, pouzdanošću, pravilnim i uravnoteženim taktom proizvodnje, racionalnim upravljanjem prostorom i sredstvima (urednost, nezagušenost, ali i ne previše praznog hoda), fleksibilnošću u korišćenju ljudskih i tehničkih resursa, kvalitetom i informativnom sposobnošću, zahteva dobru koordinaciju i objedinjavanje svih preduslova vezanih uz iste i slične operacije u redosledu realizacije logističkog lanca. Savremena proizvodnja zahteva, modularni dizajn, primenu multitehnologija, klasterizaciju brendova, integrisanje proizvoda i usluga, intenzivniju specijalizaciju, mrežno povezivanje poslovnih jedinica sa



umrežavanjem čitavih preduzeća polazeći od procesa, *e-business* (internet poslovanje), dalju integraciju informaciono-komunikacionih sistema i procesa, korišćenje raznih ERP programa za planiranje i organizaciju preduzeća i dr.

Što su proizvodni sistemi i procesi složeniji to su i rizici nastanka neočekivanih događaja su veći u tom segmentu logistika ima posebnu ulogu, i to u smislu smanjenja ili njihove potpune eliminacije primenom raznih naučnih pristupa i ekspertnih tehnika zaštite: kalkulisanjem vremenskih rezervi, definisanjem prioriteta, uvođenjem strateških alternativa, nivoa standardizacije, određivanjem minimalnog vremena procesuiranja i drugog vremena po operaciji, slučajnim izborom uzoraka, kombinovanjem različitih teorijskih i praktičnih iskustava. Ciljevi su i uspostavljanje uravnoteženog ritma zahtevane brzine i tačnosti obrade, potrebna protočnost pojedinih faza tehnoloških linija, vremensko usklađivanje poslova, sprovođenje aktivnosti održavanja tehničkih sredstava, interventna alokacija resursa, primena poželjnih i dostupnih nivoa automatizacije, proizvodnja za poznatog kupca, maksimalna iskorišćenost mašina i radnika, postizanje zahtevanog kvaliteta i ispunjenja preuzetih rokova isporuke, sve uz najniže troškove dopreme i otpreme, skladištenja, zaliha i pretovara. Generalno, cilj je povećanje prostorne i vremenske efikasnosti i efektivnosti poslovanja u smislu ostvarivanja dodatnih finansijskih rezultata, odnosno povećanje nivoa kvaliteta usluga uz ostvarivanje najnižih troškova.

Logistika, može da smanji nužne preke u radu identifikacijom potencijalnih mesta nastanka problemskih mesta, uticanjem na uska grla proizvodnje, manje trošenje alata, manji škart, zamor radnika, preopterećenost po linijama, smanji povrede i nužno stajanje (npr. hlačenje mašinske tehnike) uz kombinovanje tehničkih i ekonomskih faktora i time nače najpovoljniji odnos relativnih fizičkih i tehničkih veličina čime bi se ostvario optimalan kapacitet ukupne proizvodnje.

Opšti trend u logistici, nezavisno od tipa proizvodnje, je sve viši stepen automatizacije, robotizacije, kompjutersko integrisanje informacionih sistema i procesa, koji zajedno deluju na način da kontinuirano podižu nivo tehnologija proizvodnih sistema.

#### 1.1.4. Definicije unutrašnjeg transporta i intralogistike

Problematika intralogistike analizira se u različitim društvenim delatnostima i u zavisnosti od aspekta posmatranja tehnologije, ekonomije ili upravljanja proizilaze i različite definicije. Dugo godina, u stručno-naučnoj javnosti i literaturi se koristio termin Unutrašnji transport čiji su sinonimi „*Industrijski transport*“, *Materials Handling (Rukovanje materijalom)*, *Materialflusssysteme (Tokovi materijala)*, *Innerbetriebliche, Pogruzo-razgruzočne radovi (Utovarno-istovarni radovi)*, *Indoor logistic* ili *Internal logistic* u kojima se delimično izučavala problematika intralogistike, jer su uglavnom obrađivana transportno-manipulativna sredstva i tehnologije pretovara na mestima početno-završnih operacija. Porastom nivoa tehnologija, nastajali su sve složeniji zahtevi pred unutrašnjim transportom, posebno zbog mešanja sa spoljnim transportom na osnovu čega su se širile njegove funkcije.

Tumačenjem definicija pojmova unutrašnjeg transporta i intralogistike vide se suštinske razlike [15]:

- unutrašnji transport je prenos materijala i proizvoda kao predmeta rada unutar bilo koje vrste materijalne proizvodnje u okviru koje se vrše fizičke ili druge promene na predmetu rada. Ovaj transport pri tome obuhvata sve transportne i pomoćne operacije u fazi pripreme i izrade predmeta rada i njegovog pretvaranja u proizvod do stavljanja proizvoda u promet,

- unutrašnji transport obuhvata svaku promenu mesta materijala, uključujući i nezavršenu proizvodnju, unutar industrijskog proizvodnog pogona, s ciljem planskog snabdevanja materijalom glavnih, pomoćnih i sporednih odeljenja kao i pojedinih radnih mesta u pomenutim odeljenjima. Počinje sa prijemom dopremljenog materijala sredstvima spoljnog transporta, a završava se utovarom gotovih proizvoda u transportna sredstva spoljnog saobraćaja iz skladišta gotovih proizvoda
- unutrašnji transport je funkcija koja obuhvata sve postupke kretanja unutar fabričkog kruga, uključujući utovar, istovar, slaganje, skladištenje sve dok se istovremeno događa neka druga obrada ili čisti skladišni prostor, prema *Gablers Wirtschaft Lexikon*.

U ovim i drugim definicijama se ne determinišu tokovi informacija, energije, novčanih i drugih sredstava što je značajno za suštinsku funkciju intralogistike.

Prema, CeMAT 2005, VDMA Hannover „intralogistika obuhvata organizaciju, upravljanje, implementaciju i optimizaciju internih tokova materijala, tokove informacija i aktivnosti prometa u industriji, trgovini i javnim službama“. Dalje se ukazuje, na to da su ključni elementi intralogistike: dobro organizovane putanje od dobavljača do krajnjih korisnika, sistemi za skladištenje materijala, proizvoda i rezervnih delova, čuvanje informacija, logistički softver, transportno-manipulativna sredstva i prateća oprema, tehnologije pakovanja, industrijska komunikacija i sve drugo što služi kao integrator u logističkim procesima.

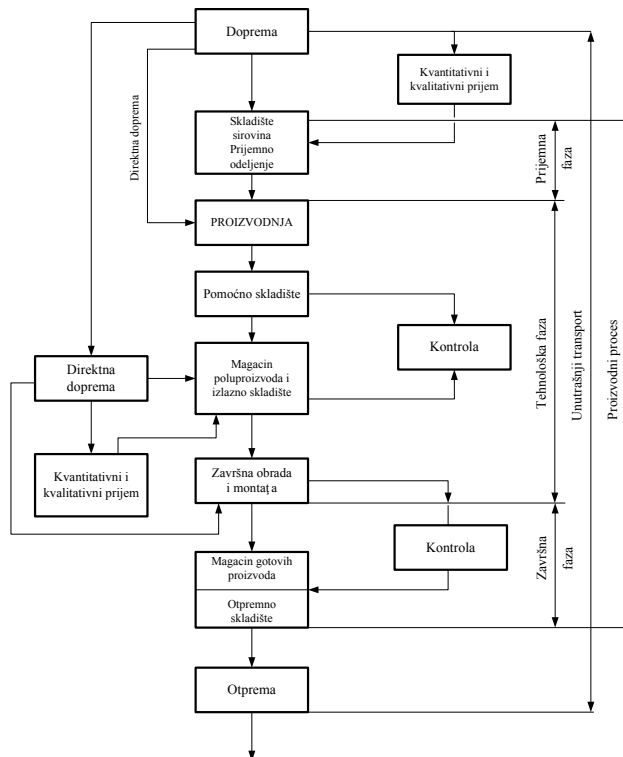
Prema, forumu za intralogistiku (CeMAT, 2011), intralogistika je visoko potencijalni način poboljšanja konkurentnosti kompanije u skladištenju i kretanju materijala i proizvoda unutar fabričkih postrojenja. Intralogistika počinje u trenutku kada vozilo dolazi spolja, istovari se i završava kada je drugi kamion natovaren teretom napustio prostor kompanije. Navedena tumačenja ukazuju da postoje suštinske razlike između upravljanja i organizacije unutrašnjeg transporta i intralogistike i da treba koristiti termin intralogistika kako semantički, tako i suštinski u analizi logističkih sistema i procesa u preduzeću.

#### 1.1.5. Funkcije transporta u intralogistici

Transport, kao jedna od karika logističkog lanca predstavlja vezni elemenat sučeljavanja različitih proizvodnih i transportno pretovarno skladišnih sistema (u daljem tekstu TPS), pri čemu njegov strateški značaj stalno raste zbog određenih strukturalnih promena u procesu društvene reprodukcije, i u poslednje vreme, pojave i primene *servis strategije* između proizvođača i potrošača, što zahteva znatno efikasniji transport, *on line* obradu podataka, korišćenje automatizovanih TPS sistema i ostalih instrumenata logistike. Ima nekoliko osnovnih funkcija, a to su:

- podmirenje svih faza proizvodnog procesa kroz izjednačavanje potrebnog količinskog asortimana materijala od momenta ulaska do momenta izlaska gotovih proizvoda,
- povezivanje različitih faza procesa proizvodnje preko prostorne i vremenske promene položaja materijala sa i/ili bez menjanja njegovih fizičko-hemijskih svojstava,
- količinsko izjednačavanje proizvodnje i potrošnje u realnom vremenu zbog neujednačenih kapaciteta u tzv. više faznom transportu,

- prostorno i vremensko usaglašavanje mesta proizvodnje sa mestima skladištenja kod promene tehnologija transporta ili drugih tehnoloških zahteva,
- povezivanje i optimalno odvijanje čitavog procesa reprodukcije odgovarajućim logističkim lancem, objedinjujući ih u jedinstvenu celinu.



Slika 1.3 Prikaz tokova materijala u intralogistici

Transport vrši premeštanje materijalnih oblika obrtnih sredstava unutar nekog proizvodnog kompleksa, slika 1.3. U funkcionalnom smislu, transportom se realizuju sledeći zadaci:

- dovoz iz centralnog (specijalizovanog prijemnog) skladišta materijala, rezervnih delova, energije u proizvodnju sa rukovanjem u prijemnom skladištu,
- transport materijala, rezervnih delova i gotovih proizvoda kroz tehnološke faze, do radnih mesta i od njih, kao što su: obrada, montaža ili druge proizvodne jedinice,
- odvoz gotovih proizvoda (poluproizvoda) u otpremno skladište, rukovanje unutar njega kao i pripremu gotovih proizvoda za dalju distribuciju,
- pretovara (utovar, istovar i čist pretovar) na svim potrebnim mestima gde dolazi do promene toka materijala i proizvoda.

Na osnovu funkcija transporta u okviru proizvodnih procesa, može se uočiti da postoje dva ključna prostorna segmenta intralogistike u kojima se transport realizuje: *procesni* i *međupogonski*. Procesni transport obuhvata realizaciju kretanja materijala unutar proizvodnih pogona, odeljenja, duž proizvodnih linija, između radnih

mesta na kojima se realizuju fizičke, hemijske ili neke druge promene na predmetima rada. Njegove (fiktivne) granice su tehnološki zaokružene faze proizvodnje. Međupogonski transport ostvaruje se između prostorno razdvojenih proizvodnih celina u okviru proizvodnog kompleksa. Prema vremenskoj celovitosti transporta (zavisno od toga da li se vrši sa prekidom ili bez prekida), mogu biti:

- prekidni (ciklični), karakterističan za pojedinačnu i serijsku proizvodnju gde transportno-manipulativna sredstva rade u ciklusima,
- neprekidni (kontinualan), karakterističan za masovnu proizvodnju: jednotočan i dvotočan (*ritmičan*, kada se predmet rada ne skida sa transportnog sredstva a ako se radno mesto nalazi pored transportnog sredstva tada kretanje transportnog sredstva određuje ritam rada radnog mesta određenim taktom rada i *neritmičan*, kada nema takta, te radno mesto prostorno nije na transportnom sredstvu – radnik skida predmet rada u cilju njegove izrade ili montaže).

Prema proizvodnim fazama u intralogistici, transportom se opslužuju tri faze:

- pripremna faza, doprema materijala vozilima spoljnog transporta, kontrola i prijem sa vaganjem ili bez vaganja, transport do mesta prijemnog skladišta ili direktno do mesta početka proizvodnog procesa (ako nema pomoćnog skladišta), uključujući i transport unutar prijemnog i/ili između skladišta
- tehnološku fazu, transport i pretovar materijala kroz tehnološke procese rada, kako unutar radnih mesta tako i između radnih jedinica,
- otpremnu ili završnu fazu, transport gotovih proizvoda sa kraja proizvodnog ciklusa preko otpremnog skladišta gotovih proizvoda do utovara u vozila spoljnog transporta.

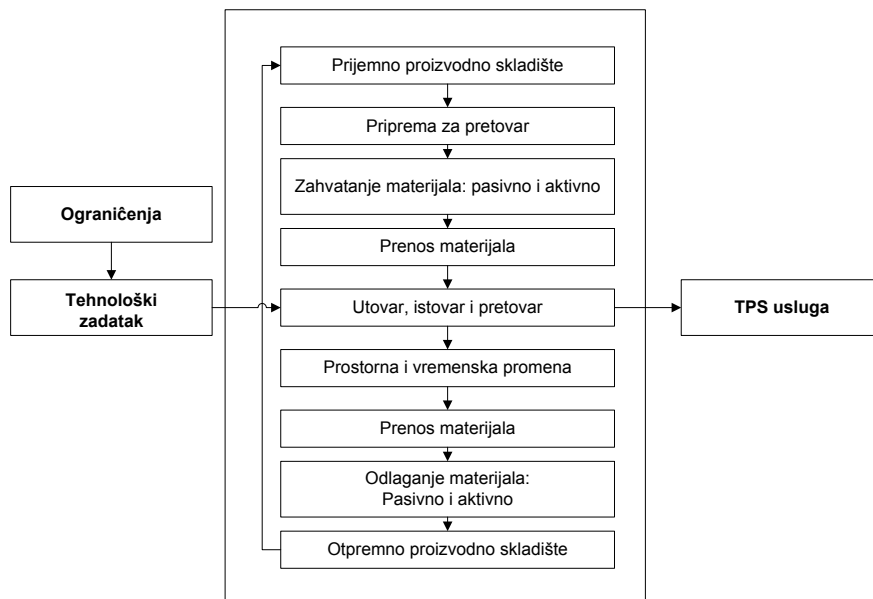
Prema mestima kretanja predmeta rada: stalni putevi kretanja (podno-površinski, podzemni i viseći) i kombinovani putevi sa naizmeničnim kretanjem po podu ili prostoru. Prema vrstama tehnoloških operacija: utovar (kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje), čist prenos (kod velikoserijske i masovne proizvodnje), čist pretovar (pretežno kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje), istovar (kod pojedinačne i maloserijske proizvodnje) koji se realizuje dizanjem i spuštanjem, slaganjem i razlaganjem, prenosom materijala ili gotovih proizvoda. Prema stepenu opremljenosti sredstvima intralogistike, mogu biti: manualni, polumehanizovan, mehanizovan, poluautomatizovan i automatizovan. Sve ove i druge podele pomažu da se diferenciraju funkcije transporta u intralogistici a time i obrazlaže njegova bliža pripadnost određenim procesima proizvodnje.

#### 1.1.6. Pretovarni proces i tehnološke operacije

Pretovarni proces je neophodno izučavati u kontekstu intralogistike, jer je dinamički proces sa uzastopnom realizacijom velikog broja pojedinih operacija i aktivnosti koje dovode do čestih promena različitih stanja u kojim se pretovarni zadatak nalazi i transformiše iz jednog oblika u drugi, postupno korak po korak, slika 1.4.

Postoji velika međuzavisnost elemenata tehnološke strukture i tehnoloških zahteva jer određeni tehnološki zadaci i vrste materijala determinišu vrstu transportno-manipulativnog sredstva a time uslovljavaju određenu tehnologiju pretovarnog procesa. Ako se u analiziranju, uzmu u obzir uslovi i ograničenja u organizaciji rada, tada se dolazi do tehnološke karakterizacije pretovarnog procesa i prepoznavanja tzv. „tipičnih tehnologija“.

## PRETOVARNI PROCES



Slika 1.4. Struktura pretovarnog procesa

Tipične tehnologije imaju homogene zahteve sa aspekta njihovog izvršenja. Kada se smatra da je za rešavanje nekog zadatka najbolje primeniti neku neuobičajenu tehnologiju, u tom slučaju je reč o atipičnim tehnologijama. Prema atipičnim tehnologijama treba biti obazriv i primenjivati ih samo kada se njihova prednost egzaktno dokaže. Za tipičnu tehnologiju se može se reći da je potpuno definisana samo ako su potpuno obuhvaćene sledeće veličine:

- struktura tehnoloških zahteva sa svim svojim relevantnim svojstvima, koji su obuhvaćeni tehnološkom koncepcijom,
- struktura korišćenih tehnoloških elemenata i njihov odnos sa tehnološkim zahtevima,
- rešenje mikrolokacijskih problema povezanih sa realizacijom tipične tehnologije i
- oblici operativnog upravljanja pri izvršavanju tehnoloških zahteva.

Polazeći od osnovnih ciljeva pretovarnog zadatka i mesta njihove realizacije u pretovarnom procesu, mogu se identifikovati:

- glavne tehnološke operacije koje daju karakter pretovarnom procesu odnosno vrše premeštanje materijala i proizvoda u prostoru i vremenu, a to su: utovar, istovar i čist pretovar,
- pomoćne tehnološke operacije ili aktivnosti koje obezbeđuju realizaciju glavnih operacija.

Glavne tehnološke operacije pored navedenih, često u sebi sadrže i operaciju premeštanja odnosno prenosa ili transport materijala i proizvoda na kraćim rastojanjima, jer je transport elementarna aktivnost unutar pretovarnog procesa. Transport se ne može i ne mora posmatrati uvek kao glavna tehnološka operacija, izuzev ako

nije glavni cilj premeštanje materijala i proizvoda kao u daljinskom transportu. Takođe, prirodno su vezani skladišni i pretovarni procesi, jer u pojmu pretovarne operacije mesto manipulacije nije uvek identično sa transportnim vozilom, odnosno promenom položaja materijala i proizvoda vezano za transportno sredstvo, u prostoru i vremenu, nego se realizuje i operacija čekanja materijala i proizvoda u nekom vremenu, a to se redovno događa u skladištima, terminalima i drugim oblicima logističkih centara. Realizacija glavnih operacija ostvaruje se preko pomoćnih operacija koje čine određene grupe međuzavisnih aktivnosti vezanih za pripremu materijala i proizvoda, transportno-manipulativnog sredstva i vozila, kontrolu stanja, završne aktivnosti i dr.

Pomoćne operacije mogu se posmatrati sa dva aspekta i to:

- neposredne aktivnosti koje direktno realizuju glavne operacije,
- posredne, koje indirektno i povremeno učestvuju u realizaciji glavnih operacija.

Neposredne aktivnosti, mogu se analizirati kroz: aktivno ili pasivno zahvatanje materijala i proizvoda, znači direktno radnim organom ili ručno fizičkim radom, podizanje, horizontalno, koso ili kružno premeštanje, spuštanje i pasivno ili aktivno odlaganje. Posredne aktivnosti obezbeđuju kvalitet realizacije glavnih operacija i odnose se na: kontrolu stanja i asortimana materijala i proizvoda, obezbeđenje od samopokretanja, vezivanje i učvršćivanje, pakovanje i sortiranje, komisioniranje, održavanje transportno-manipulativnih sredstava i dr. Strukturu pretovarnog procesa najčešće čine kombinacije dve ili više glavnih operacija spregnutih kroz jedan transportni odnosno logistički lanac. Pretovarni proces takođe prate informacioni, ekonomski i energetski tokovi podataka i informacija, koji uz tehnološku daju njegovu potpunu karakterizaciju.

U zavisnosti od stepena mehanizovanosti odnosno efektivnosti realizacije glavnih i pomoćnih tehnoloških operacija, pretovarni procesi mogu se klasifikovati na: ručni način manipulisanja, polu mehanizovan ili mehanizovan, polu automatizovan ili potpuno automatizovan. Tehnologija bilo kog od ovih procesa implicira u sebi kompleksno posmatranje materijalno-tehničke i ekonomske strane pretovarnog procesa, jer je predmet tehnologije izučavanje zakonitosti realizacije operacije i aktivnosti, a cilj racionalno oblikovanje pretovarnog procesa, pri čemu se postupak racionalizacije bazira na izučavanju i optimizaciji tih zakonitosti.

Osnovni tipovi pretovarnih zadataka sa svojim svojstvima u kombinaciji sa drugim veličinama određuju vrstu tj. klasu pretovarnog zadatka. To znači da se, analizom i kombinacijom svih pretovarnih činioaca dolazi do novih transformisanih pretovarnih zadataka. Uvođenjem u analizu novih klasifikacionih kriterijuma, osnovne karakteristike pretovarnog zadatka mogu se dekomponovati prema:

- vrsti i pojavnom obliku materijala i proizvoda na: homogene i nehomogene,
- količini: kontinualnu, promenljivu, bez određenog trenda (povremenu) i sa određenim trendom,
- rastojanju transporta, kao prostorna koordinata: fiksna i promenljiva (oba pravolinijska ili krivolinijska),
- vremenskim koordinatama: kontinualne i diskontinualne veličine, gde se dalje diskontinualne veličine mogu posmatrati sa definisanim ritmom i bez definisanog (determinističkog ili stohastičkog) ritma odlaska ili dolaska na mesta opsluživanja.

Sušтина ovakvih transformacija jeste da se uz postavljene kriterijume pretovarni zadatak iz početnog prevede u željeno stanje, po količini i vrsti materijala i proizvođa, u kraćem vremenskom intervalu poštujući interval strpljivosti, po najnižim troškovima bez obzira na tehnološku operaciju (transport, pretovar, skladištenje, sortiranje, pakovanje, privremeno odlaganje ili dr.) i dr.

Formiranjem klasa pretovarnih zadataka, odnosno promenom fizičkog stanja sistema, stvaraju se preduslovi racionalizacije pretovarnog procesa čime se postiže veći kvalitet realizacije pretovarnog procesa.

## 1.2. OSNOVNI ELEMENTI ORGANIZACIJE PROIZVODNJE

Teoretski postoje dva osnovna tipa proizvodnog sistema: proizvodno orijentisani sistemi i procesno orijentisani sistemi. Osnovne razlike su u stepenu fleksibilnosti, stepenu fokusiranja, stepenu vertikalne integracije i dr. Sa aspekta logistike preduzeća, elemente proizvodnog sistema čine:

- tehnološko-proizvodni obradni sistemi za sečenje, bušenje, struganje, glodanje...,
- montažni sistemi (ručni, mehanizovani, polu ili potpuno automatizovani),
- TPS sistemi sa komisioniranjem, sortiranjem, pakovanjem...,
- merno-kontrolni sistemi za utvrđivanje masa, dimenzija, hrpavosti, količinskog stanja, kvaliteta ...,
- informaciono-upravljački sistemi za analogno i/ili digitalno upravljanje procesima.

Svaki sistem sadrži i najmanje jedan ili više proizvodnih procesa (podprocesa) u kojima se vrši pretvaranje *input*-a u specifičan proizvod ili uslugu u nekom zadanom vremenskom ciklusu. Proizvodnja se realizuje kroz nekoliko procesa: tehnološki (osnovni i pomoćni) i prateći procesi koji podržavaju proizvodnju.

Tehnološki proces je određen vremenom trajanja aktivnosti kojom se menja svojstvo materijala u pogledu izgleda, sastava i krajnje upotrebe. Tehnološki proces sadrži metode rada na radnom mestu, reči me rada, vremena rada i dr. Svaki tehnološki proces može se dekonponovati na manje radne procese prema hijerarhiji i/ili vremenskom redosledu a koji se sastoje od tehnoloških postupaka, a ovi iz tehnoloških operacija. Operacije se dele na zahvate i mikrozahvate, a ovi dalje na pokrete i mikropokrete. Tehnološki postupci mogu biti aktivnosti obrade i montaže (sklapanja), ako je reč o prerađivačkoj industriji. Tehnološke operacije su aktivnosti koje se neprekidno (ciklički) ponavljaju na jednom radnom mestu. Pomoćne procese čine: TPS procesi, razna čekanja, pripremno-završne aktivnosti i održavanje kao proces podrške.

Svaki proizvodni sistem, ima proizvodni program koga čini: tehnička dokumentacija (crteži, dijagrami tokova procesa i dr.), tehnički opis i postupak izrade, godišnji plan, *input/output*, planirani škart, specifikacija rezervnih delova i dr. Program se formira na bazi optimalnog kapaciteta tehnološke linije kombinacijom tehničkih i ekonomskih faktora koji zavise od svojstava opreme i tipa proizvodnje. Ostvarivanje ciljeva definisanih programom često se definiše *termin planom*, koji predstavlja plan alokacije resursa u nekom zadanom vremenskom periodu, baziranom na generisanju testiranju alternativa putem identifikacije kritičnih mesta, primene kvalitativnih i kvantitativnih tehnika generisanja rešenja (*Brainstorming*, scenariji, simulacije, proračuni...).

Sušтина oblikovanja procesa odnosno projektovanja, bazira se na izboru najjednostavnijih tehnoloških postupaka, kraćim rastojanjima i vremenima u intralogistici uz

što veću primenu automatizovanih sistema, elastičnosti prilagođavanja opreme, efikasnosti procesa, iskorišćenosti radnog prostora, u smislu prostornog rasporeda i postojećih ograničenja, minimizaciji troškova poslovanja i poboljšanja radnih uslova. Posledice dobre organizacije proizvodnje javljaju se u obliku: dobre koordinacije svih faktora vezanih uz iste i operacije u redosledu odvijanja, racionalano upravljanje, povećan kapacitet, uvećana fleksibilnost, pravilan i uravnotežen ritam proizvodnje, ekonomski opravdana proizvodnja, urednost, nezagušenost, ali i ne previše praznog hoda, udobnost, zadovoljstvo i potpuna humanizacija i zaštita na radu.

### 1.2.1. Podela i tipovi proizvodnih procesa

U izučavanju procesa proizvodnje, prisutna su dva pristupa koji se međusobno prepliću:

- kvalitativni pristup i
- kvantitativni pristup.

Sa kvalitativnog pristupa, procesi se dele na dve grupe: kontinualni kod kojih je neprekidan redosled operacija i diskontinualni procesi kod kojih se redosled operacija realizuje u prekidima. Prema toku redosleda operacija, postoje sledeći tipovi proizvodnih procesa:

- uzastopni, gde se na jednom radnom mestu obavi operacija na svim komadima i tako na drugim radnim mestima,
- paralelni, gde se na svakom komadu po završetku prethodne operacije prelazi na narednu,
- kombinovani, gde je uslovno primenjen paralelan redosled operacija radi smanjenja čekanja na rad mašine kod uzastopnog redosleda operacija.

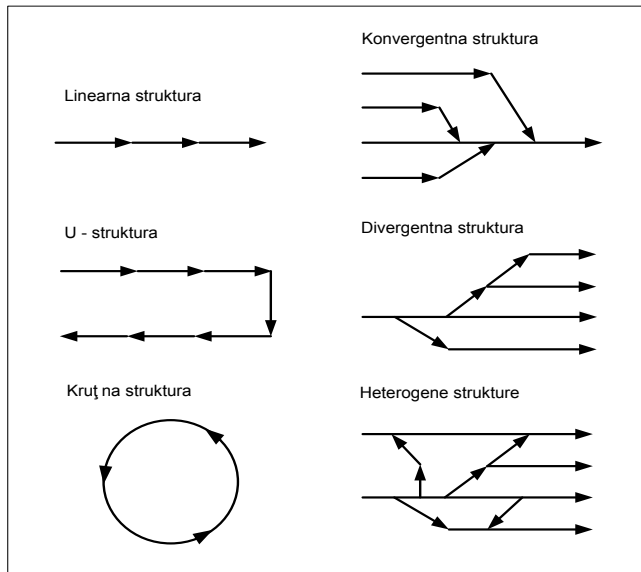
Kvantitativni pristup je širi i razlikuje tri tipa proizvodnje, prema nivou automatizovanosti i mehanizovanosti proizvodnog procesa: pojedinačna, serijska i masovna. Pojedinačna proizvodnja predstavlja jednovremenu obradu ili preradu samo jednog ili nekoliko proizvoda iste vrste. Serijska proizvodnja predstavlja izradu većeg broja istih proizvoda, grupa proizvoda ili delova, pri čemu je unapred određena količina: maloserijska (10-100 komada, vozila, mašina...), srednjeserijska (100-1000), velikoserijska (više od 1000, bela tehnika, kompjuteri, TV i radio tehnika...). Mašinska tehnika se može podeliti na: univerzalnu, specijalnu, automatsku i agregatnu.

Prema osnovnim vrstama tehnološkog procesa, proizvodni procesi se mogu podeliti na:

- tehnološke procese u proizvodnji energije (toplotni, mehanički, električni, hemijski, nuklearni...),
- tehnološke procese u preradi materijala (mehanički, toplotni, toplotno-mehanički, hemijski, biološki, fizičko-hemijski).

Prema horizontalnom rasporedu mašinske tehnike, a time i toka materijala i proizvoda u tehnološkom procesu, identifikovano je nekoliko tipičnih oblika struktura, slika 1.5. U osnovi egzistiraju dva tipa proizvodnje: linijski raspored mašinske tehnike kod kojih je značaj dat proizvodu, odnosno proizvodnoj liniji u masovnoj proizvodnji i hibridni (mrežni) koji se uglavnom odnosi na grupne tehnologije i ima prekidne procese. Hibridni sistemi formiraju se radi povećanja efikasnosti i fleksibilnosti putem prostornog razmeštaja kao što su modularni sistemi (*cellular sistem*, grupne tehnologije, alternativni rasporedi opreme, raspored u trougao, kružna i sl.). Ovi sistemi, danas u većoj meri koriste automatizaciju, kompjutersku kontrolu mašinskih operacija, kompjuterski upravljane sisteme, usmeravanja tokova materijala, a time i transporta.





Slika 1.5. Tipični oblici proizvodnih procesa

*Linearna (linijska)* je najjednostavnija struktura proizvodno-tehnoloških procesa, sa linijskim-rednim izvočenjem operacija i neprekidnim tokom materijala. Ovu strukturu karakteriše visoka specijalizacija rada, mala fleksibilnost, velika efikasnost i stepen iskorišćenja tehnike i radnika, lako upravljanje, ujednačen takt obrade i dr. Tok materijala je uslovljen redosledom faza procesa sa neprekidnim transportom između radnih mesta (auto, papirna, čeličane, hemijska i druge industrije).

Karakteristike linijskog toka su:

- velika podela rada (specijalizacija),
- mala fleksibilnost,
- velika efikasnost zbog maksimalnog stepena iskorišćenosti i opreme i radnika,
- linijski (predmetni) raspored opreme,
- veliki troškovi za specijalizovanu opremu (namenska),
- niska stručnost radne snage,
- predvičeno za grupe sličnih proizvoda,
- olakšano upravljanje.

Nedostaci:

- dovodi do zastarelosti programa (zbog male fleksibilnosti),
- dovodi do nezadovoljstva radnika,
- teškoće sa motivisanjem.

Primeri ovog tipa proizvodnje su: masovna (montažna traka) i automobilska industrija, kontinuirana industrija (hemijska industrija, industrija papira, čelika ...)

*Divergentna (analitička)* je složena mrežna struktura proizvodno-tehnoloških procesa, sa prekidnim tokom materijala kod kojih dolazi od raščlanjavanja tokova, a time i materijala, da bi se kroz više tehnoloških aktivnosti transformisali u poluproizvode ili gotove proizvode (prerada sirove nafte...).

*Konvergentna (sintetička)* je složena struktura proizvodno-tehnoloških procesa, suprotna od divergentnog oblika, kod koje se gotovi proizvod dobija spajanjem sklopova i podsklopova, a koji su sastavljeni iz više delova.

Kod divergentnih i konvergentnih procesa, aktivnosti transporta realizuju se delom serijski, a delom paralelno u zavisnosti da li se radi o maloserijskoj, veliko serijskoj, ili masovnoj proizvodnji. Takvi načini realizacije transporta zahtevaju da se različiti materijali transportuju promenljivim redosledom, ili da se transport istog materijala realizuje na različite načine po drugom putu ili drugim sredstvom, da bi se spajali u određenim čvornim mestima. Što je veća fleksibilnost veći je stepen mrežnog povezivanja određenih radnih mesta, a time je teže izvršiti optimizaciju.

U-struktura ima mogućnost ispomoći na početno-završnim mestima, angažuje manji prostor i manje elemenata, ali je otežano proširenje. Kružna struktura je decentralizovana za razliku od ostalih sistema koji su uglavnom hijerarhijski i više centralizovani, uz elemente proizvodnje međusobno razdvojeni i određeni troškovima po pojedinim kategorijama.

*Heterogena (mešovita ili kombinovana)* je struktura formirana iz raznih kombinacija opisanih oblika, najčešće sa dve varijante: analitičko-sintetička, kod kojih se materijali raščlanjuju na komponente čijom daljom preradom se dobijaju poluproizvodi, a od njih gotovi proizvodi. Obrnuto, kod sintetičko-analitičkih tehnoloških procesa više različitih materijala se koristi za dobijanje odgovarajućeg materijala koji se uz kombinovanje sa drugim materijalima transformišu u poluproizvode od kojih nastaju gotovi proizvodi. Ove strukture se koriste najviše u hemijskoj i prehrambenoj industriji.

U vertikalnoj ravni, realizacija procesa zavisi od broja etaža (nivoa) u kojima su raspoređeni elementi proizvodnje. Ovakav *layout* se koristi gde je evidentan prostorni problem i nema horizontalnog širenja, a proces proizvodnje dozvoljava takvu strukturu. Prema izloženim klasifikacijama, spektar kombinacija tehnoloških procesa u praksi izuzetno širok (*zvezdasti, L-struktura, cik-cak, ostrva* i dr.) i zahteva vrlo detaljnu analizu pri čemu se svaki od njih može dalje deliti prema specifičnostima tehnologija.

### 1.2.2. Tehnološki zahtevi u intralogistici

Tehnološki zahtevi imaju vrlo složene strukture u okviru intralogistike, jer su zadaci proizvodnog i transportnog procesa suštinski međusobno različiti i ponekad protivrečni što se u planiranju i projektovanju prevazilazi primenom systemske i operacione analize i njihovim posmatranjem kao celina sa svim njihovim međuzavisnostima. U različitim proizvodnim sistemima i procesima, uočavaju se različiti tehnološki zahtevi, koji se mogu raščlanjivati na bazi različitih kriterijuma sa velikim stepenom detaljnosti. U intralogistici, tehnološki zahtevi potiču od:

- procesa proizvodnje u kome se realizuje,
- transportnog i/ili logističkog lanca koga realizuje,
- osnovnih i pomoćnih pretovarnih zadataka,
- relevantnih karakteristika materijala i proizvoda u funkciji TPS procesa modeliranih transportnim zahtevom.

Strukturu tehnoloških elemenata potrebno je detaljno analizirati sa aspekata karakteristika i obeležja tehnoloških zahteva u potpunosti prema zahtevima „*PQRST analize*“ i šire. Karakteristike tehnoloških zahteva obuhvataju:

- pojavni oblik i količinu tehnoloških zahteva (*PQ analiza*),
- mesto nastanka i završetka tehnoloških zahteva (*R analiza*),

- ograničavajući faktori koji se pojavljuju uz tehnološke zahteve (nivo saglasnosti sa ranije regulisanim odnosima, vaţnost, koliĉine informacija i naĉin predoĉavanja, obuhvatnost, zakon pojave...), poznavanje tehnologija koje mogu realizovati odreĉene tehnološke zahteve (*S analiza*),
- vreme nastanka i završetka tehnoloških zahteva, trajanje realizacije zahteva, interval strpljivosti tehnoloških zahteva (*T analiza*).

Pojavni oblik i koliĉina su svojstva znaĉajna kako u proizvodnim tako i TPS procesima. U proizvodnim procesima, materijali se sreću u svim fazama i procesima i u svakoj od ovih faza rada oni mogu imati drugaĉije karakteristike, oblik i svojstva. Ove promene su po pravilu zavisne od tehnoloških procesa osnovne proizvodnje. Koliĉine materijala koje su prisutne u procesima rezultat su pre svega proizvodnog plana i programa koji su osnovna ulazna veliĉina pri svim analizama. U praksi, izbor reprezentata, prikupljanje informacija o pojavnim oblicima i drugim svojstvima zahteva i njihovim specifiĉnostima, zbog sloţenosti procesa u intralogistici realizuje se na više naĉina:

- analizom postojeće statistike i tehniĉke dokumentacije (najpovoljnije),
- formiranje uzorka (AVS, XYZ, Klaster ili neka druga analiza),
- snimanjem realnih procesa na terenu uz formiranje zapisa šta je uoĉeno i šta je dominantno,
- anketnim upitnicima sa ciljno postavljenim pitanjima,
- direktnim razgovorima putem intervjua bez prisustva subjektivnosti.

Mesto i vremena nastanka i završetka realizacije tehnološkog zahteva, pokazuju šta se dešava sa materijalom u procesu proizvodnje. U proizvodnim procesima osnovne informacije o mestu nastanka i završetka realizacije tehnoloških zahteva definisani su organizacijom proizvodnje. Definirano je kako se proizvodi izraĉuju, kako se pojedine pozicije obraĉuju ili montiraju, koji su tehnološki postupci i operacije predviĉene u procesu i koji je njihov redosled izvršavanja. Poloţaj karakteriše i vremenska komponenta koja daje projektovane ili Źeljene rokove realizacije, koja se obiĉno analizira vremenom toka materijala kroz proizvodni sistem. U proizvodnim procesima, vremenski aspekt je izuzetno vaţan i obiĉno se analizira vremenom toka materijala kroz proizvodni sistem. Ovo vreme toka je zbir vremena neophodnih za izvršavanje odreĉenih operacija i daje se sledećim izrazom:

$$T_p = \sum t_0 + \sum t_t + \sum t_w + \sum t_z$$

gde su:  $T_p$  – vreme toka materijala (s),  
 $\sum t_0$  – ukupno vreme potrebno za proizvodne operacije (na analiziranom materijalu),  
 $\sum t_t$  – ukupno vreme transporta,  
 $\sum t_w$  – ukupno vreme ĉekanja (uslovljeno sistemom opsluge),  
 $\sum t_z$  – ukupno vreme zastoja (uslovljeno organizacijom procesa).

Potrebno je da vreme toka materijala kroz proizvodni sistem bude što kraće, što se postiĉe smanjenjem vremena trajanja pojedinih ĉlanova prethodnog izraza, odnosno što efikasnijim izvršenjem odreĉenih operacija. Vremena  $\sum t_w$  i  $\sum t_z$  što više smanjiti, pa ĉak i anulirati.

Posedovanjem dovoljnog broja pouzdanih informacija uz primenu kompjutera u bazama podataka, sistematizuje se grafiĉka, tehniĉka i druga dokumentacija koja se koristi u daljoj analizi. Kod sloţenijih proizvodnih procesa formiranje pregleda potrebnih materijala moţe biti veoma oteţano. Posebno se sreću problemi kada se na proizvodu vrši modifikacija ĉime se znatno poveĉava obim dokumentacije a time i produţava proizvodni proces. Savremeni pristup ovoj problematici zasnovan je na primeni odreĉenih softvera, koji koriste baze podataka (relacione i objektivne) i programe za kompjutersko projektovanje (CAD, CAM...).

Posebno treba uzeti u obzir da proizvodne procese, tokove materijala i sredstva u intralogistici karakterišu:

- determinisanost ili stohastičnost,
- stacionarnost ili nestacionarnost,
- kontinuitet ili diskontinuitet,
- homogenost ili nehomogenost.

Definisanje tehnoloških zahteva i njihovog odnosa sa strukturom tehnoloških elemenata, podrazumeva određivanje tehnološkog elementa ili grupe tehnoloških elemenata, koji će biti korišćeni pri realizaciji konkretnog tehnološkog zahteva, uz preciziranje svih relevantnih karakteristika tehnoloških elemenata. S obzirom na to da jedan tehnološki zahtev može biti realizovan korišćenjem više tehnoloških elemenata, a isto tako i jedan tehnološki element može realizovati više tehnoloških zahteva, pri određivanju potrebnog broja tehnoloških elemenata, potrebno je voditi računa o sumi tehnoloških zahteva koji se dodeljuju svakom tehnološkom elementu, kao i o mogućnosti ispomoći tehnoloških elemenata na realizaciji tehnoloških zahteva. Jednostavno uočavanje ovih veza moguće je izvršiti korišćenjem matrice odnosa tehnoloških zahteva i tehnoloških elemenata. Korektna matrica je formirana, ukoliko su obuhvaćene ključne karakteristike zahteva i ukoliko se izostavi neki ne toliko bitan tehnološki zahtev [10].

Pravilno definisanje tehnološkog zahteva ima veliki značaj za optimalno definisanje tehnologije i dimenzionisanje kapaciteta intralogistike i šire, odnosno usklađivanje pretovarnog zadatka sa višim hijerarhijskim ciljevima, što predstavlja preduslov racionalizacije tehnologije intralogistike. Zbog toga bi trebalo formirati homogene grupe zahteva kao delova zadataka, sa aspekta njihove realizacije, a zatim analizom približno istih ili sličnih ograničenja i kriterijuma optimizacije, pristupiti racionalizaciji procesa tehnološkog projektovanja zadataka.

### 1.2.3. Putevi i kretanja materijala u proizvodnji

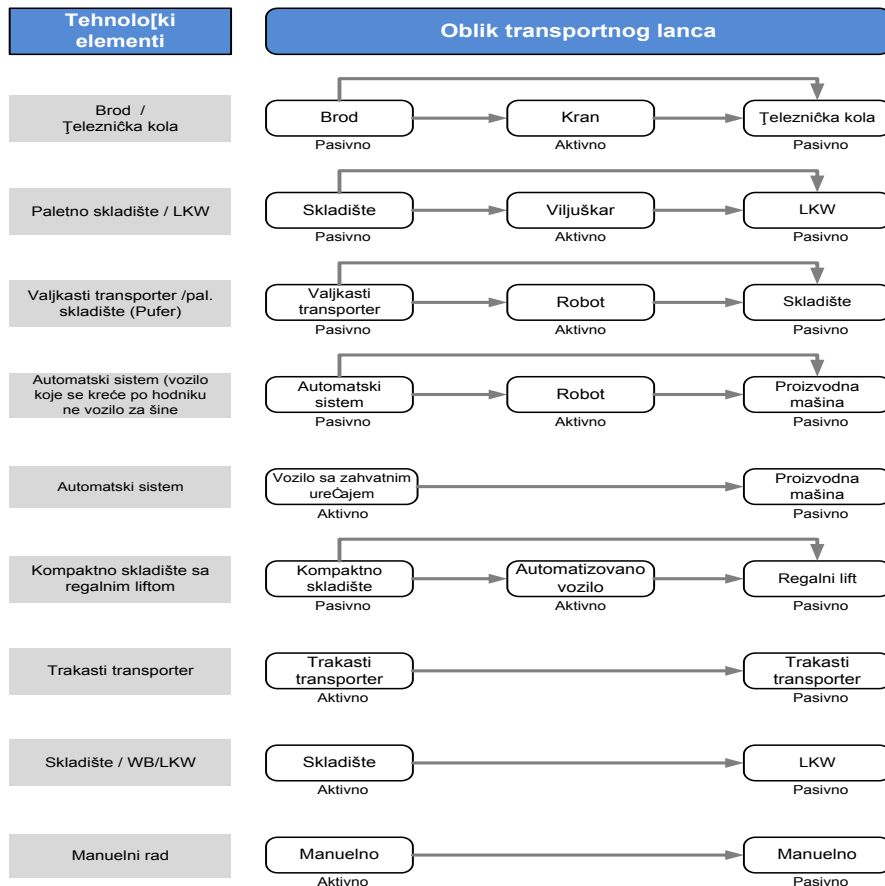
U intralogistici, putevi zavise od vrste i tipa proizvodnje. Prostorno, nalaze se od mesta dolaska spoljnog transporta kod prijema materijala u prijemno skladište, ili mesta proizvodnje, do mesta izlaza iz otpremnog skladišta. Putevi mogu biti nadzemni i podzemni, na otvorenom prostoru ili zatvorenom, glavni i sporedni i dr.

Nadzemni putevi su locirani na proizvodnim površinama, na otvorenom ili zatvorenom prostoru i pojavljuju se u obliku transportnih linija ili površina. Tipičan primer su viseći konvejeri, čiji se vučni element (obično u obliku specijalnog lanca) kreće po zatvorenoj obešenoj liniji-šini, postavljenoj u horizontalnom ili vertikalnom smeru na elementima zgrade, ili na specijalnim nosačima. Nadzemne puteve čine i tličane transportne linije, koje se postavljaju na otvorenom prostoru, najčešće kod ugljenokopa. Ove linije su horizontalne ili koso postavljene, pod uglom ne većim od 45°. Nadzemne transportne linije mogu da budu u vidu oklopa kao kod elevatora za rasute materijale, ili u vidu cevi kao kod raznih tipova cevovoda. U nadzemne transportne površine spadaju sva ona prostorna kretanja raznih vrsta dizalica koja se ostvaruju iznad proizvodnih površina, gde su kretne šine postavljene na zidove zgrada ili krovne konstrukcije. Podzemne saobraćajnice su vezane za rudarstvo i kod njih postoje posebne šeme transportnih puteva.

Transportni putevi na tlu, mogu se diferencirati na transportne staze koje se nalaze unutar proizvodnih pogona, ili između objekata unutar proizvodnog kompleksa, i

industrijske koloseke koji su postavljeni kao veza sa spoljnim transportom unutar proizvodnih hala, ali najčešće magacina sa unutrašnje ili spoljašne strane objekata. Transportne staze su putevi po kojima se kreću ručna kolica, ručni i motorni viljuškari, karete i razne vrste traktora ili AGVs vozila. Staze mogu da budu jednosmerne ili dvosmerne, dužine do 500m sa elastičnim podom određene nosivosti, dovoljne širine za kretanje najšire opterećenog vozila, ili za mimoilaženje dva vozila sa dodatom širinom za prolaz radnika od 0,5m.

Različiti su oblici transportnih intralogističkih lanaca, što zavisi od opremljenosti mesta početno-završnih operacija, vrste transportno-manipulativnog sredstva kojim se vrši transport i prostorne realizacije transportnog lanca. Kod kopeno vodnih terminala lanac se pruža od broda do željezničkih kola, drumskog vozila ili skladišta. U proizvodnji se pruža prema putanji kretanja konvejera, ili do drugog transportnog sistema, ili na manipulativnim površinama od magacina do drumskog ili željezničkog vozila. Transportni lanac se ostvaruje i čisto fizičkim radom što je posebno značajno za identifikaciju jer je najpogodnije tlo za optimizaciju. U intralogistici, putanje su uglavnom fiksirane i kao takve formiraju tipične oblike transportnih lanaca, čija identifikacija omogućava njihovu optimizaciju, slika 1.6.



Slika 1.6. Oblici transportnih lanaca u intralogistici

Veliki značaj, u okviru proizvodnje, imaju industrijski koloseci koji služe za dopremu i otpremu jedinica tereta. Koloseci mogu biti priključeni na mrežu pruga srpskih železnica normalnog koloseka 1435mm ili postoje samostalno kao industrijske železnice posebne širine koloseka od 900mm sa svim pratećim uređajima, postrojenjima i vozilima (Kolubarski basen). Nosivost industrijskih koloseka normalne širine iznosi 15 odnosno 6 t/osovini za uzane koloseke. Danas u Srbiji, ukupna dužina svih pruga normalnog koloseka iznosi 4.092km i 773km industrijskih koloseka što čini oko 19% od ukupne dužine.

Suština je da se identifikuje oblik transportnog lanca, njegova prostorna lokacija i da se u saglasnosti sa tehnološkim zahtevima projektuje takva tehnologija transporta koje će obezbediti nesmetani prolaz transportnim sredstvima bez zadržavanja.

#### 1.2.4. Tehnološka dokumentacija

Svaka proizvodnja definisana je, studijom tehnološkog procesa koja obuhvata: plan i program proizvodnje, normative utroška materijala i rada, vreme i kapacitet proizvodnje, popis stalnih sredstava, konstruktivnu dokumentaciju, tehnologiju i organizaciju proizvodnje. Dva su ključna elementa proizvodnje: organizacija radnog mesta i tehnologija proizvodnje. Radno mesto je najmanja tehnološka i organizaciona celina na kome se realizuje jedan tačno određen deo procesa rada i obuhvata snabdevanje radnog mesta (alatom, materijalom, informacijama), opremanje, definisanje postupaka i uslove rada i dr. Tehnologija proizvodnje, u užem smislu, podrazumeva određen postupak ili skup postupaka (obrada, kontrola, montaža), kojima se, uz odgovarajući rad i sredstva rada, dobijaju određeni proizvodi. U širem smislu tehnologija obuhvata i adekvatno upravljanje i rukovođenje (menadžment) i rad prema interesima korisnika (marketing). Tehnologija i organizacija rada precizno su definisane tehnološkom dokumentacijom.

Tehnološka dokumentacija, u zavisnosti od tipa proizvodnje, sadrži: opis obrade materijala prema crtežu gotovog dela, redosled svake operacije sa redosledom zahvata i naznakom mera koje treba postići, vrstu obrade (gruba, završna), karta mašina, alata i pribora, vreme izrade, normative vremena, što je karakteristično sa pojedinačnu ili maloserijsku proizvodnju na konvencionalnim mašinama. Za grupnu i tipsku tehnologiju karakteristične su karte grupnih i tipskih operacija obrade tj. operacijske liste. Za NCR sisteme, zahteva se detaljan plan obrade, plan alata, upravljački program i dr.

Primarnu dokumentaciju čine: proračuni vezani za projekat, crteži i sastavnice, tehnološki postupak, kontrolno-ispitni propisi i druga radna dokumentacija (radna lista, prpratna karta, nalozi skladišta, obračunski i kontrolni list....). Sekundarnu dokumentaciju čine: normativi materijala i rada, crteži alata i pribora. Tercijarna dokumentacija pruža podloge za rad na tehnologiji. Kako se koriste različite vrste i oblici dokumentacije za prikazivanje toka procesa, najčešće se koriste: tehnološka karta toka, šema tehnološkog toka i karta toka procesa. Namena karte toka procesa je, da uz korišćenje određenih simbola na vizuelan način predstavi veze između aktivnosti u procesu odnosno pokaže redosled odvijanja aktivnosti u okviru posmatrane tehnološki zaokružene celine na obradi jednog dela ili izvršenja usluge, slika 1.7.

Koraci u izvršenju	Obrada	Dalje vočenje	Kontrola	Zadržavanje	Odugovlačenje	Početno vreme hitno	Vreme čekanja	Vreme obrade (min)	Proces ispod učestalosti				Alati				Rukovodstvo							
									Troškovi				Mail sa prilogom	Free hand	Adobe fotoshop	Foto uzorak (mustra)	Proizvodni tim	Glavni inženjer	Dizajn studio	Fotograf	Layout team			
									Odgovorno lice															
									Datum															
									Opis pojedinih aktivnosti															
1	+	➤	□	△	D	0		600	Slanje fotomontaže u dizajn studio				●				●							
2	+	➤	□	△	D	600		3000	Dalje vočenje komentarisanje				●				●							
3	+	➤	□	△	D	3600	4800		Davanje uzorka u dizajn studio					●							●			
4	+	➤	□	△	D	8400			Primanje kataloške oznake				●		●									
5	+	➤	□	△	D	8400		1800	Kontrola crteža								●	●						
6	+	➤	□	△	D	10200		600	Promene u dizajn studiju				●								●			
7	+	➤	□	△	D	10800		450	Povratak foto montaže								●	●						
8	+	➤	□	△	D	11250			Snimanje uzorka (mustre)								●	●						
9	+	➤	□	△	D	11250		540	Dogovor sa fotografom oko promena								●	●	●		●			
10	+	➤	□	△	D	11790		300	Izrada fotosnimka oko fotografije								●				●			
11	+	➤	□	△	D	12090		0	Davanje snimka od strane fotografa												●			
12	+	➤	□	△	D	12090		480	Izbor fotografike												●			
13	+	➤	□	△	D	12570		5	Dalje vočenje crteža						●									
14	+	➤	□	△	D	12575		0	Davanje za štampu													●		
Ukupno vreme						12575	4800	7775													Broj kataloga			
Vreme rada						209,6	80	129,6													Troškovi rada			
Neradno vreme						26,5	10	16,2													Troškovi izrade kataloga			

Slika 1.7. Karta toka procesa

Tehnološka karta je proizašla iz ostale dokumentacije u kojoj su opisani redosled aktivnosti, normativi vezani za pojedine operacije i drugo. Prema Ben Graham Corporation/ASTE/ANSI, u 95% slučajeva opisa proizvodnih aktivnosti, koristi se pet osnovnih simbola za mapiranje procesa:

○ – simbol operacije ili realizacije, koristi se kada se na materijalu planski menja neke fizičke i hemijske osobine (prema tehnologiji proizvodnje), za pripremu nekih drugih aktivnosti u procesu, prijem i predaju informacija, proračun, razne manipulacije (pretovar, odlaganje, zahvatanje...) i dr. Često se označava i zasenčenim krugom.

➤ – simbol transporta, koristi se kada se materijal (predmet rada) prevozi sa jednog mesta na drugo, pri čemu se pod tim ne obuhvataju promene položaja predmeta rada na istom radnom mestu. Predmet rada može biti: čovek, informacija...

□ – simbol kontrola, koristi se kada se predmet rada ispituje po nekoj od karakteristika ili više njih. Karakteristike: mehanička svojstva, oblik, dimenzije, masa, količina (broj). Prilikom vršenja kontrole dolazi do zadržavanja u procesima rada.

D – simbol zastoj, koristi se kada u procesu dolazi do zastoja. To je planirani prekid i uslovno ga treba izbegavati ili eliminisati (vrenje, hlađenje...).

▽ – simbol skladištenje, se koristi za stanje mirovanja ili kada se predmetu rada eliminišu nepoželjna kretanja i uticaji.

U situacijama kada se na radnom mestu jednovremeno realizuje više aktivnosti na predmetu rada, primenjuje se kombinacija osnovnih simbola. U praksi se mogu sresti i

situacije koje se ne mogu adekvatno opisati predstavljenim simbolima ili njihovim kombinacijama. Tada se mogu primeniti i nestandardni simboli, ali uz napomenu o njihovom uvođenju i značenju, kao što su: ● Nastati, poteći, pokrenuti ⊗ Dodati informacije ili izmeniti, ☒ Uništiti.

Loša strana tehnološke karte je što se iz nje ne mogu dobiti informacije o prostornom odvijanju svih aktivnosti koje ona sadrži (tehnološki zaokružene celine i/ili radna mesta), stanje materijala, škart i dr. Šema toka procesa predstavlja nadogradnju na tehnološku kartu, sa ciljem da se prostorno definiše mesto realizacije aktivnosti tehnološkog postupka. Akcenat se stavlja na manipulativne aktivnosti, koje tehnološkom kartom obično nisu (ali mogu biti) posebno naznačene. Šema toka procesa omogućava da se prati putanja kretanja materijala (ljudi, vozila, informacija). U njoj se takođe koriste standardni simboli, s tom razlikom što se veća pažnja posvećuje logističkim aktivnostima. Za izradu šeme toka procesa neophodno je obezbediti odgovarajuće podloge (osnove pogona, odeljenja ili čitavih proizvodnih kompleksa). Ove podloge treba da budu u pogodnoj, odgovarajućoj razmeri kako bi mogle da oslikaju pravo stanje i realnu situaciju u tehnološki zaokruženoj celini, dajući tačan raspored radnih mesta, veličinu prostora koju zauzimaju mašine, uređaji, eventualno alati, zatim, veličinu građevinskih prolaza i drugih elemenata koji bi mogli da imaju uticaja na tokove materijala. Šema toka procesa formira se za svaku tehnološku koncepciju posebno, i, kao što je već naznačeno, osnovni cilj im je da, pored identifikacije tehnoloških zahteva i definisanja redosleda odvijanja aktivnosti, te aktivnosti (preliminarno) vežu i za prostor. Nedostatak šeme toka procesa je što ne govore o vremenu trajanja aktivnosti, dužini transportnih puteva, masama materijala kojima se manipuliše u tokovima i uopšte o nekim detaljima koji bi doprineli lakšoj identifikaciji problemskih mesta u analiziranom procesu.

Karta toka procesa odnosno operacijski list, radi se na bazi šeme toka procesa i mora biti (u smislu vrste, broja i redosleda odvijanja aktivnosti) u potpunosti definisana: rednim brojem aktivnosti, opisom aktivnosti, simbolima aktivnosti, kvantitativnim indikatorima (dužina, masa, vreme), položajem skladišta i putanjama, brojem angažovanih radnika i dr. Karta toka procesa se, kao i šema toka procesa, formira za svaku tehnološku koncepciju, sa ciljem da se na pregledan način opišu operacije koje se realizuju u procesu i time predstave informacije koje nisu mogle biti date matricom tehnološkog zahteva – tehnološkog elementa. Ukoliko dolazi do sučeljanja zahteva i preklapanja aktivnosti koristi se terminiranje kao poseban proces optimizacije protoka materijala.

U okviru proizvodnih sistema, pored elemenata predviđenih za osnovnu proizvodnju, nalaze se i tzv. pomoćni elementi. Ovi elementi realizuju prateće pomoćne delatnosti i po pravilu nisu direktno vezani za fizičke i hemijske promene na materijalima u proizvodnim procesima ali su vezani za tokove materijala, energije i informacija. U industriji su to: kompresorske stanice, energane, postrojenja za tehničku vodu i dr. Ovi elementi angažuju prostor, radnu snagu i druge resurse i treba ih analizirati u interakciji sa ostalim elementima u intralogistici.

### 1.3. TRANSPORTNI TOKOVI MATERIJALA

Pojam toka materijala često se upotrebljava u stručnoj literaturi za potpuno različite procese. Prema [1], jednu od najčešće korišćenih definicija toka materijala daje CeMAT 2005 VDMA Hannover, a usvaja VDI-smernicu 3300 (*Verein Deutscher Ingenieure* –

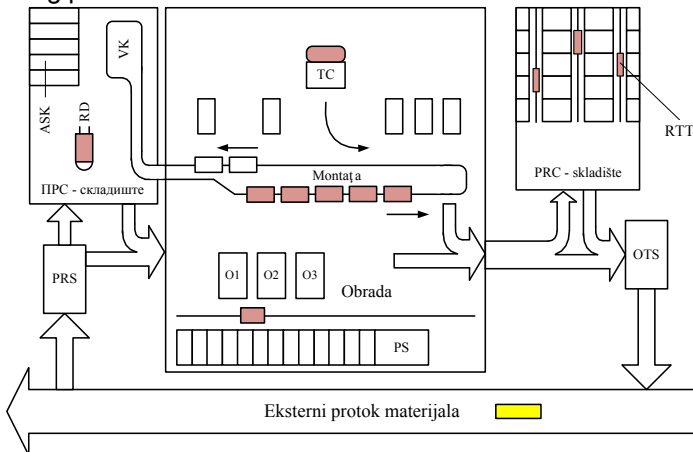


Savez inženjera Nemačke): Tok materijala je prostorna, vremenska i organizaciona interakcija procesa prilikom dobijanja, obrade i raspodele proizvoda unutar definisanog prostora. Pojam toka, ne podrazumeva samo stalno kretanja materijala ili proizvoda u procesu proizvodnje ili distribucije, već je tok vezan i za proces skladištenja odnosno, mirovanja.

Tokove materijala determinišu subjekti proizvodnje i prometa materijala i proizvoda, i to:

- izvori materijala,
- proizvodne jedinice (fabrička postrojenja, saobraćajni terminali, rudarski kompleksi, proizvodnja gračevinskih materijala i dr.),
- skladišta (centralna prijemno-otprema, međufazna, regionalna, buferi),
- kupci (krajnji i među korisnici).

Tokovima su obuhvaćeni procesi koji su vezani za dobijanje, proizvodnju i distribuciju bez obzira na prostorni razmeštaj proizvodnih jedinica, što znači da nastaju kroz redosled tehnoloških procesa (doprema – prijemno skladištenje – obrada – rukovanje – montaža – kontrola – transport – otpremno skladištenje – odprema) sve u cilju povezivanja faza proizvodnog procesa.



Legenda: ASK – Automatizovano skladište, RD – Regalna dizalica, VK – Viseći konvejer, PRRS – Prijemno skladište, TS – Transportno sredstvo sa induktivnim vočenjem, O1,O2,O3 – Obradna mesta, PS – Proizvodno skladište (Međufazno skladištenje – nedovršena proizvodnja), OTS – Izlazno/otprema skladište, RTG – kranovi na metalnim/gumenim točkovima [23].

Slika 1.8 Šema toka materijala u preduzeću

Prema prostornoj lokaciji, tokovi materijala mogu biti:

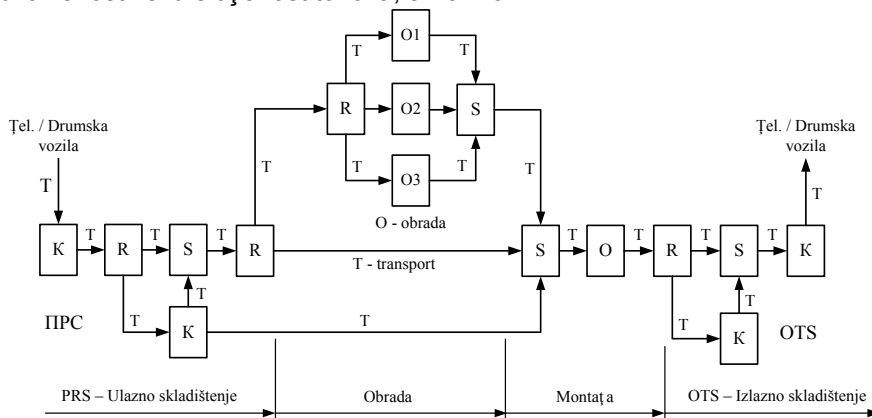
- spoljni (eksterni), koji se izražavaju ukupnom količinom nabavke po vrstama zahtevanog materijala ili proizvoda, tzv. *skrivenih tokova* iz sopstvene ekstrakcije i povratnog i otpadnog materijala i proizvoda,
- unutrašnji, koji se izražavaju ukupnom količinom potrošenog materijala u proizvodnji, ili su ostali na zalihama i ukupnoj količini izlaznog materijala ili proizvoda, slika 1.8.

Tokovi materijala treba da budu pravolinijski i što je moguće kraći što se posebno odnosi na glavne tokove materijala sa direktnim kretanjem do radnih mesta bez ikakvih skretanja odnosno praznog hoda što je i ekonomski isplativije. Po svom položaju tokovi proizvodnje mogu biti:

- ulazni tokovi materijala, rezervnih delova i dr., tj. početni tokovi, nastaju na ulazu u preduzeće (na ulaznoj kapiji) i dolaze do prijemnog skladišta unutar kruga fabrike,
- tokovi materijala iz prijemnog skladišta do proizvodnih linija,
- tranzitni tokovi ili tokovi unutar proizvodnih procesa,
- završni tokovi od skladišta gotovih proizvoda do izlaza iz fabričkog kruga i dalje do krajnjih korisnika.

Unutar svake od grupa tokova, moguće je dalje izvršiti dekompoziciju na mikro tokove po određenim putanjama, a prema rasporedu radnih mesta, odnosno mestima njihovog korišćenja. Npr. tok od ulazne kapije do mesta predaje materijala, razvrstavanje i oblikovanje teretnih jedinica za dalju upotrebu, njihovo skladištenje po vrstama materijala i konačno tok do mesta njihovog korišćenja koji se mogu analizirati kao posebni tokovi.

Prostornu realizaciju tokova podržava nekoliko sukcesivno ponavljajućih funkcija: transport, prijemna i završna kontrola, obrada i montaža što ukazuje na njihovu međuzavisnost i svu složenost tokova, slika 1.9.



Legenda: T-Transport, K-Kontrola, P-Razdvajanje, S-Spajanje tokova[19]

Slika 1.9. Blok šema toka materijala sa osnovnim funkcijama

Tokovi se izražavaju odgovarajućim mernim jedinicama ( $t$ , komada,  $l$ ,  $m^3$  u jedinici vremena,  $t \cdot m$  ili  $t \cdot$  operacija, u jednom od sistema (CGS-MKS), u zavisnosti od mase i fizičkog oblika materijala ili proizvoda.

Tokovi materijala i proizvoda imaju i vremensku komponentu kretanja koja se određuje usklađivanjem kapaciteta protoka materijala sa kapacitetom obradne linije na kojoj se izvršava neki tehnološki proces. Može se govoriti o klasi tokova, u smislu izučavanja transportnih problema, odnosno premeštanja diskretnih predmeta rada (komadnih materijala i proizvoda), koji se mogu realizovati po određenom vremenskom taktu ili stohastički.

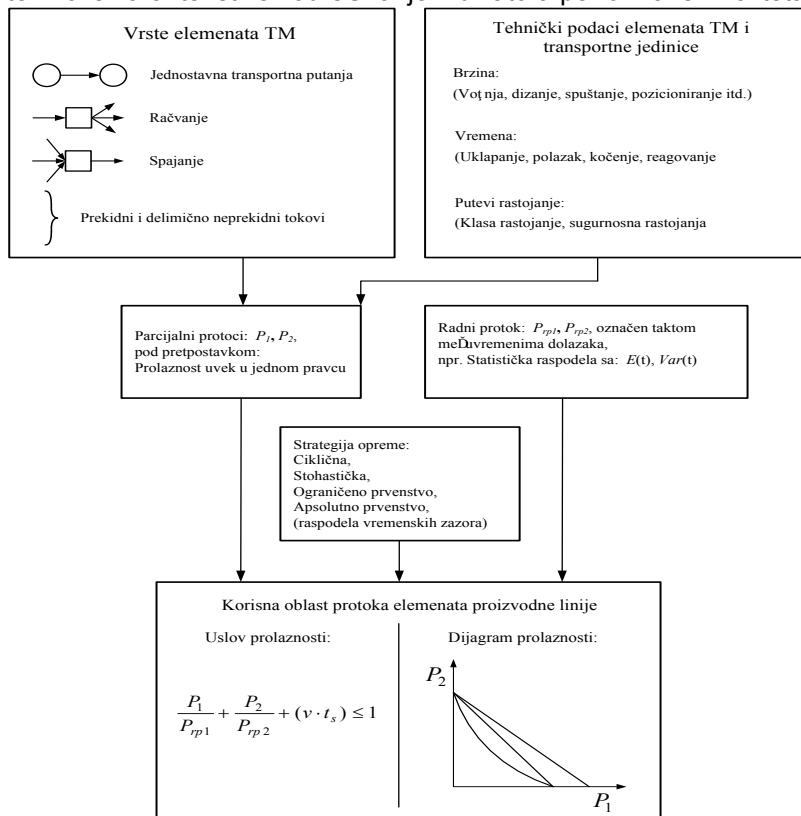
Poznavanje tokova materijala i proizvoda, predstavlja preduslov postavljanja optimalne organizacije proizvodnje po najkraćim putevima i vremenu, kontinualnom realizacijom toka u istom pravcu do mesta dalje obrade, eliminacijom usputnog zadržavanja i smanjenje manuelnog rada. Tok materijala je glavni činilac pri određivanju veličine, oblika i opšteg rasporeda (*layout*) u ma kom proizvodnom preduzeću, bez obzira na to da li se realizuju u mikro ili makro distribuciji. U našoj zemlji postavljen je indeksni model označavanja privrednih sadržaja i opšti model tokova

produktivnih sistema koji administrativno povezuju hijerarhijski uslovljene delatnosti (0114 Mašinogradnja, 0118 Bazna hemija, 0130 Proizvodnja hrane...).

### 1.3.1. Analiza tokova materijala

Pod analizom tokova materijala podrazumeva se određivanje vrednosti indikatora performansi proizvodnog procesa, čime se za objekat posmatranja uzimaju svi elementi koji realizuju tok, od njegovog nastanka do ponora odnosno nestanka iz sistema. Cilj sprovođenja analize toka materijala je prvenstveno uočavanje problematskih mesta (uskih grla, zastoja, smetnji), uzroka njihovog nastanka, smanjenje troškova tokova materijala, povećanje stepena iskorišćenja mašinske tehnike, transportnih sredstava i ostalih resursa, povećanje kapaciteta i asortimana proizvoda i dr.

Opšti pristup analizi tokova materijala dat je na slici 1.10, gde se zahteva jasna identifikacija prostornog rasporeda mašinske tehnike u realizaciji tokova materijala, njihove tehničke karakteristike i određivanje indikatora performansi kvaliteta rada.



Slika 1.10. Opšti pristup analizi tokova materijala [23]

Kod analize tokova materijala u proizvodnim procesima, osnovno je poznavati:

- raspored gračevinskih objekata i oblike proizvodnih linija unutar i između objekata,
- tehničko-tehnološka svojstva i zahteve proizvodnje i
- količine i vrstu materijala i proizvoda koji se nalaze u transportu.

Raspored objekata i mašinske tehnike uslovljava kretanje transportno-manipulativnih sredstava i oni su najčešće definisani projektom fabrike i hodogramom aktivnosti tehnoloških procesa proizvodnje, čine ih:

- sistem jednosmernih pravolinijskih putanja (transportna veza između dva radna mesta),
- sistem radialnih putanja između radnih mesta,
- sistem prestajnih (ukrštenih, presecanih) putanja (veći broj radnih mesta razbacanih na transportnom putu),
- sistem cikličnih putanja.

Dužina relacije materijala može se posmatrati iz dva aspekta:

- glavni tokovi materijala koji su uslovljeni razmeštajem radnih mašina, proizvodnih odeljenja i skladišta,
- tokovi materijala u okviru pojedinih proizvodnih odeljenja, koji su neposredno uslovljeni rasporedom mašina, odnosno radnim mestima koja realizuju određeni proizvodni proces.

Vrlo često, u preduzećima nema verodostojne statistike u vezi sa tokovima materijala, tako da se nameće korišćenje odgovarajućih matematičko-statističkih metoda, kojima se na osnovu slučajnih posmatranja definišu ključni indikatori performansi, kao što su: stepen iskorišćenja obradno/transportnih sredstava, vremena skladištenja, kapacitet i dr.

Osnovne elemente sistema tokova materijala čine sledeći indikatori performansi koji se odnose na transportnu putanju, a to su:

- granični protok (manji je od maksimalnog protoka),
- radni protok, koji se očekuje u procesu (manji je od graničnog protoka),
- maksimalni protok (najveći tehnički mogući protok),
- vreme nailaska dve uzastopne jedinice materijala i proizvoda,
- stepen iskorišćenja (odnos radnog i graničnog protoka),
- vreme takta (ista vremena dolaska jedinica materijala i proizvoda).

Osnovni zadatak analize transportnih tokova je određivanje protoka na ključnim mestima u proizvodnji, odnosno uspostavljanju optimalnog odnosa između verovatnoće očekivanog i tehnički maksimalnog mogućeg protoka. Uz pomoć jednostavnih statističkih funkcija raspodele diskretnih procesa lako se može opisati radni protok materijala nekom funkcijom raspodele i klasom empirijske raspodele učestalosti pojave sve na bazi zastoja u sistemu. Kako su protok i pojava zastoja slučajni događaji koji uslovljavaju promenljiva stanja, teorija čekanja poseduje orijentisane analitičke modele i algoritme kojima se simuliraju dinamičke promene stanja procesa.

Najjednostavniji slučaj izračunavanja protoka ( $P$ ) na neprekidnoj putanji je kod valjkastog, trakastog transportera ili karusela, jer postoje definisana rastojanja između dve uzastopne jedinice materijala ili proizvoda ( $l$ ) i konstantna brzina ( $v$ ), i tada je protok:  $P = v / l$ . Maksimalni protok ( $P_{max}$ ) može se postići ukoliko se jedinice materijala i proizvoda dodiruju na transportnoj traci ili valjcima,  $P_{max} = v / l_0$ , što je praktično neostvarivo. Kod kretanja sa promenljivim brzinama određuje se srednja brzina kao konstantna prosečna brzina kretanja i sa njom se ulazi u proračun. Ako je protok ograničen nekim tehničkim svojstvima (manje brzine, dužina puta  $l \geq 2l_0$ ) reč je o graničnom protoku ( $P_{gr}$ ), tada je  $P \leq P_{gr}$ . Ako je stvarni protok ( $P$ ) manji od graničnog ( $P_{gr}$ ) znači da transportna putanja (traka ili valjci) nije potpuno iskorišćena što se opisuje stepenom iskorišćenja  $\lambda_i = P / P_{gr} \leq 1$ . Radi povećanja stepena korišćenja,

može se uticati na interval dolazaka. Interval dolazaka dve uzastopne jedinice materijala i proizvoda ili vreme takta, određuje se za pravilne procese kod kojih je kretanje jedinica materijala i proizvoda u taktu odnosno na jednakim rastojanjima, odnosno  $P = 1/T$  ( $T$  – takt ili učestalost nailaska je odnos vremena ( $t$ ) i broja jedinica ( $N$ ) u sistemu), što nije slučaj u tokovima distribucije kod kojih su rastojanja nailaska slučajna (stohastička) veličina, što se analitički opisuje mešovremenima nailazaka nekom od funkcija gustine raspodele.

### 1.3.2. Razdvajanje i spajanje transportnih tokova

Prema [19,23], u proizvodnim procesima postoje tehnička mesta u kojima dolazi do razdvajanja i spajanja transportnih tokova na ili sa jednog ili dva i više pravaca, što ima veliki značaj na zauzetost sistema i njegovu propusnu sposobnost, jer se na tim mestima, obezbeđuje: nakupljanje i raspodela po linijama, promena redosleda izvršenja nekih operacija, promena pravca i ukrštanje tokova. Razdvajanje može biti ostvareno neprekidnim (kontinualnim) načinom rada, koje u mestima sučeljavanja omogućava protok bez kašnjenja i/ili prekidnim (diskontinualnim), odnosno pojedinačnim načinom rada kod koga dolazi do prekida toka radi izvršenja razdvajanja. U tom slučaju element grananja je zauzet sve do ponovnog povratka na početnu poziciju. Aktivno razdvajanje vrši se na valjkastom transporteru, a kod konvejerera sa skretnicom vrši se pasivno razdvajanje, slika 1.11.



Slika 1.11. Prikaz tehničkog razdvajanja tokova

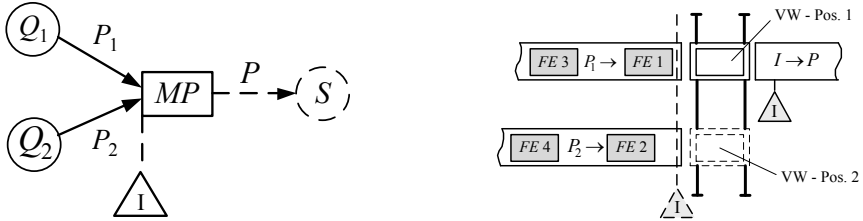
Tehničkim rešenjem kod divergentnih tehnoloških linija, razdvajanje može biti ostvareno, tako da se u:

- svim pravcima razdvajanja može ostvariti neprekidan tok, slika 1.11a,
- nekom pravcu ostvaruje neprekidan, u nekima prekidan i tada se smatra da je tok delimično neprekidan, slika 1.11b,
- svim pravcima prekidan tok.

Granični protoci aktivnog razdvajanja različiti su usled različitih dužina putanja, dok su kod pasivnog razdvajanja približno jednaki ako se tok realizuje istom brzinom i rastojanjem. Kod delimično neprekidnih tokova ukupan radni protok, kao zbir pojedinačnih tokova po pravcima, nije konstantan ukoliko se menjaju brzine, uglovi, količine i dr. Situacija je znatno složenija ukoliko se razdvajanje vrši na više od dva pravca. U tom slučaju dolazi do redukcije graničnog toka. Odgovarajućim tehničkim rešenjima mašinske tehnike, boljom organizacijom preko uticaja na smanjenje stohastičke promene putanja i smanjenja prioriteta mogu se poboljšavati granični protoci.

Kod konvergentnih tehnoloških linija, spajanje tokova neznatno se razlikuje od razdvajanja, jer se kod spajanja mogu ugrađivati elementi koji obezbeđuju neprekidni ili

delimično neprekidni, retko prekidan tok, slika 1.12. Osnova tehnološka razlika je u načinu pristupa, jer kod razdvajanja materijal i/ili proizvodi nastavljaju različitim putanjama po već utvrđenom redosledu a kod spajanja dolaze iz različitih putanja.



Legenda:  $Q_1, Q_2$  – Izvori tokova,  $P_1, P_2$  – Protoci po ulaznim putanjama,  $S$  – Mesto spajanja,  $MP$  – Mesto ponora,  $P$  – ukupan radni protok,  $FE$  – jedinice materijala i proizvoda,  $VW$  – Pokretna kolica,  $I$  – Problemsko mesto

Slika 1.12. Spajanje dve transportne putanje

Ako su kod spajanja dva transportna toka istog prioriteta, onda nastaje princip *FIFO* u tom slučaju važi uslov:

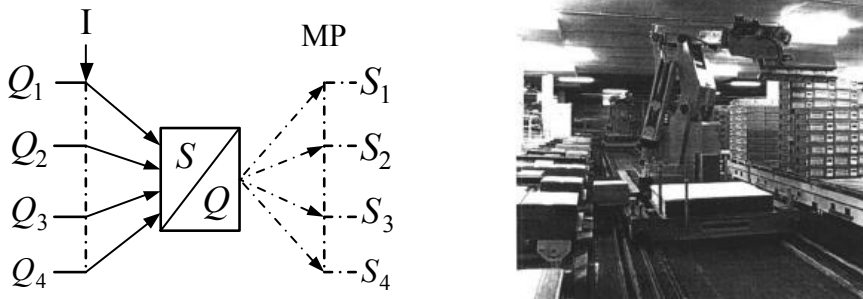
$$\frac{P_1}{P_{gr1}} + \frac{P_2}{P_{gr2}} + v \cdot t_s \leq 1$$

Gde su:  $P_1, P_2$  – Protoci po ulaznim putanjama,  $P_{gr1}, P_{gr2}$  – Granični protoci po ulaznim putanjama,  $v$  – frekvencija uklapanja (1/sec),  $t_s$  – Vreme pomeranja skretnice.

U praksi se mogu prepoznati još dva tipična slučaja, kada se otpremanje vrši sa ograničenim prioritetom u kome neka od ulaznih putanja ima najveći značaj, a druga putanja je sporedne važnosti i slučaj kada jedan od pravaca ima apsolutni prioritet, ako u otpremi ne ometa prolaz iz glavnog pravca. U većini slučajeva, apsolutna prednost prolaska kroz mesto sučeljavanja je mala. Kod heterogenih struktura, postoje i kompleksna mesta sučeljavanja, slika 1.13, kod kojih se mogu obaviti razdvajanje, transport i spajanje, čiji ukupan protok ( $P$ ) i stepen iskorišćenja ( $\lambda$ ) iznose:

$$P = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} P_{ij} \quad \lambda_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{gr_{ij}}}$$

Gde su:  $P_{ij}$  – Protoci po ulaznim i izlaznim putanjama,  $n$  – Broj ulaznih tokova,  $m$  – Broj izlaznih tokova,  $S$  – Mesto spajanja,  $MP$  – Mesto razdvajanja.



Slika 1.13. Univerzalni element toka

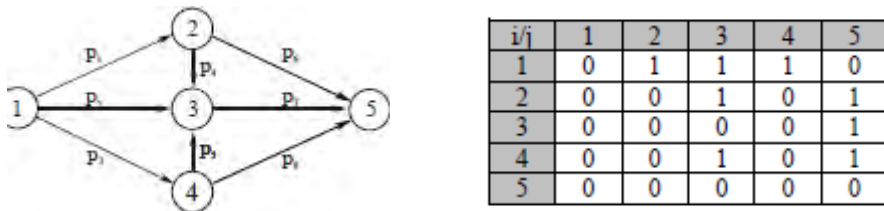
Čvorna mesta imaju najveći značaj u tokovima materijala i zbog svojih funkcija, razvijaju se, koriste i podešavaju u zajedničkom radu dva ili više transportno-manipulativnih sredstava. Pored usaglašavanja rada sredstava sa predhodnim i narednim karikama transportnog toka, potrebno je proveriti i njihova svojstva: spo-

sobnost akumuliranja jedinica materijala i proizvoda, odnosno kapacitet, pogodnost automatizacije, fleksibilnost, ekonomičnost i dr.

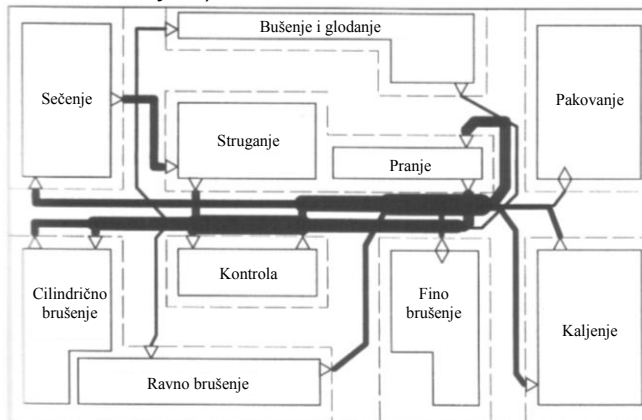
### 1.3.3. Osnovni elementi modeliranja tokova materijala

Kada se žele modelirati tokovi materijala i proizvoda polazi se od osnovnog rasporeda proizvodnih mesta odnosno *layout*-a koji ne daje dovoljno podataka radi čega se tokovi prikazuju grafički i numerički. Kod primene matematičko-inženjerskih postupaka za oblikovanje toka materijala najčešće se koriste metode: Pareto-gredasti dijagrami, orijentisane ili neorijentisane matrice (*Adjacenca*, najkraćeg puta – algoritam *Dijkstra*, opterećenja, transporta, prazne vožnje...), simulacija tokova materijala, Sankijev dijagram, ili različiti oblici funkcionalnih šema prilagođeni specifičnim proizvodnim procesima.

Na slici 1.14, prikazana je proizvoljna struktura toka materijala, neposrednom vezom izvor-ponor materijala (1-5), potpunim usmerenim grafom u kome je između radnih mesta ostvorena veza sa više strelica. Kvantitativan iskaz modela dobija se vrednovanjem strelica i čvorova, a izračunavanje se vrši odgovarajućom matricom.



Slika 1.14. Prikaz grafa za grubi „layout“ i matrica „Adjacenca“ – Susedna Vrednovanjem grafova strelicama, imenuju se granični protoci, radni protoci, rastojanja između čvorova, očekivane vrednosti vremena nailazaka ili troškovi. Zamenom binarnih vrednosti u susednoj matrici sa vrednostima vremena ili rastojanjima, određuju se tražene vrednosti nekih drugih željenih veličina. Kod potpuno definisanih industrijskih sistema koristi se klasičan ili softverski *Senkijev* dijagram (*M. H. Sankey*) na kome su šematski prikazani putevi i intenziteti tokova u određenoj razmeri, slika 1.15. Tako će se mogu koristiti pristupi *MFA* (*Material Flow Analysis*) i/ili *SFA* (*Substance Flow Analysis*).



Slika 1.15. Senkijev dijagram toka materijala u fabričkom Layout-u

Kako su tokovi slučajne promenljive, neophodno je koristiti određeni statistički aparat, kojim bi se što približnije procenile oblasti raspodela nepoznatih slučajnih veličina i odredile verovatnoće pojavljivanja slučajnih događaja. Koristi se nekoliko vrsta raspodela, diskretne koje mogu uzimati konačno mnogo vrednosti i neprekidne, koje uzimaju beskonačno mnogo vrednosti, a to su:

- binomna raspodela se koristi za opisivanje dva događaja: A sa svojom verovatnoćom ili neki događaj B sa komplementarnom verovatnoćom pojavljivanja smetnji, otkaza ili sl.,
- puasonova raspodela se koristi za opisivanje retkih događaja odnosno sa malom verovatnoćom pojavljivanja ali za koji postoji veliki broj varijanti,
- ekspanencijalna raspodela se koristi za opisivanje razlike vremena ili puta između slučajnih događaja i ona je najvažnija neprekidna raspodela,
- Erlangova raspodela se koristi za modeliranje više uzastopnih faza istog ili sličnog radnog sadržaja koji se opisuju ekspanencijalnom raspodelom,
- normalna raspodela se koristi kod procesa kod kojih postoji mnogo pojedinačnih nezavisnih uticaja na sistem.

Ako bi se posmatrala cela tehnološka linija nekog proizvodnog procesa, može se primetiti da pored transportnih puteva, postoji više istih ili sličnih mesta spajanja ili račvanja transportnih tokova, kao i mašinska tehnika čija primarna uloga nije funkcija realizacije toka materijala. Svaka konkretna tehnološka linija je specifična, pri čemu su navedeni tipični slučajevi za modeliranje tokova materijala i proizvoda univerzalni i mogu koristiti u svim varijantama.

U modeliranju procesa neophodno je predviđanje ponašanja sistema, jer često dolazi do zastoja ili čekanja na izvršenje neke operacije, povećavanja ili smanjenja vremena čekanja, a najčešće u slučajevima kada broj jedinica materijala i proizvoda koji treba da se opsluži prevazilazi kapacitet uređaja za opsluživanje. Ovakvi problemi se rešavaju teorijom redova čekanja, koju karakterišu sledeći elementi:

- mesto nastanka (konačan ili beskonačan), čiji je broj u stvarnim uslovima konačan,
- ulazni proces, izbor raspodele gustina (Ekspanencijalna, Erlangova, Gama ili dr.),
- mehanizam opsluživanja, definisan vremenom, kapacitetom i sredstvom (vozilom),
- konfiguracija sistema (jedan kanal i jedna faza opsluživanja, više faza i jedan kanal, jedan kanal i više faza (jednolinijski sistemi), više kanala i više faza (serijski višekanalni sistemi) i složeni nastali kombinacijom predhodnih,
- disciplina pristupa u redu čekanja, kod jednokanalnih (*FIFO*, *LIFO*<sup>2</sup>, prioriteta po najkraćem ili najdužem vremenu vremenu opsluživanja) i višekanalnih slučajeva (klasiranje prema mestima opsluživanja ili priključenje na mestima sa najkraćim redovima).

Analitičkim pristupom redovima čekanja ne analiziraju se nestacionarni procesi, već se koristi simulacija procesa kao jednostavnija metoda kod kompleksnijih procesa, koja u osnovi koristi metod *Monte Carlo*. Analitičke metode nisu primenljive, kada

---

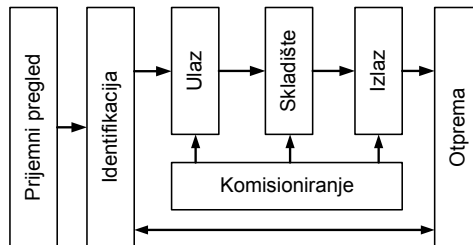
<sup>2</sup> FIFO (Eng. *First In-First Out*, srb. „Prvi ušao - prvi izašao“). Sinonim FCFS (*First Come – First Served*). LIFO (Eng. *Last In First - Out*, Srb. Zadnji ušao - Prvi izašao). Sinonim LCFS (*Last Come - First Served*). To su metode (principi) koji se koriste u TPS procesima u smislu discipline prolaska u redovima čekanja, usklađivanju i valorizaciji zaliha ili kao kriterijumi kod izbora skladišnih sistema, transportno-manipulativnih sredstava i dr.



se raspodela vremena dolazaka menja po nekoliko puta u toku radnog dana, kada se redovi formiraju ispred više transportno-manipulativnih sredstava i/ili mašinske tehnike koja ima različito vreme opsluživanja i kada je više sredstava povezano u radu, paralelno ili serijski. Postoje gotovi simulacioni programi. Simulacija se najviše koristi za projektovanje novih transportnih sistema, rekonstrukciju postojećih kao i u procesima upravljanja proizvodnjom pre donošenja pojedinih odluka.

#### 1.3.4. Funkcije pufera

U većini logističkih procesa javlja se potreba privremenog odlaganja materijala iz različitih razloga, ali u osnovi radi obezbeđenja kontinualnosti proizvodnih procesa. Tehnološki element koji obezbeđuje takvu funkciju zove se pufer (*buffer*). To su prostori pre ulaza tereta u skladišta ili proizvodnju, prostori u proizvodnji i prostori nakon izlaska skladišta radi pripreme materijala za dalju otpremu, slika 1.15. Puferi se postavljaju na početku transporta, kod sortiranja i nakon komisioniranja u skladištima, trgovinskim i uslužnim delatnostima. U trgovini i uslužnim delatnostima puferisanje je prevashodno vezano za nakupljanje tereta kod promena dimenzija, oblika, vrste i količine materijala koji prolazi kroz pufer, što nije slučaj sa puferima u proizvodnji. U skladišnim sistemima puferi se postavljaju kod komisioniranja, nakupljanja po pravcima ili nalogima, vaganja, sortiranja ili bilog kog razloga privremenog identifikovanja, razvrstavanja ili kofekcioniranja. Najveća potreba je u okviru proizvodnih procesa, koji se sastoje iz niza sukcesivnih faza čija realizacija nije strogo determinisana usled čega se javljaju neusaglašenosti po vremenu i količini isporuke materijala između radnih mesta, što dovodi do zastoja kao slučajnih stanja, a tim i do čekanja na izvršenje pojedinih operacija i smanjenja kapaciteta proizvodnih linija.



Slika 1.15. Polaganje pufera u intralogistici

Puferi mogu biti statički, odnosno prostorno fiksno ograničeni, ili dinamički koji se formiraju putem valjkastog ili lančanog transportera. Razlika između skladišta i pufera je značajna jer predstavljaju dve potpuno različite funkcije u intralogistici, tabela 1.1.

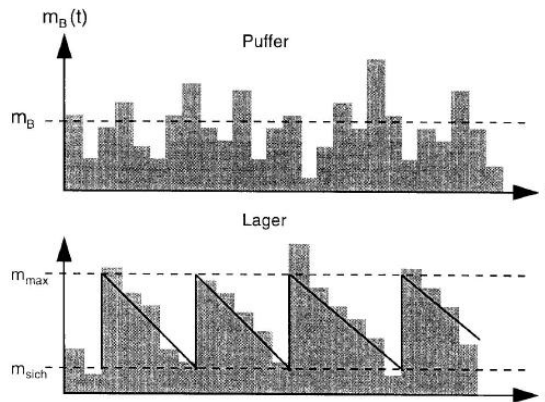
U intralogistici, puferi u okviru racionalizacije tehnoloških zahteva i izbora varijantnih rešenja, imaju sledeće funkcije:

- pretvaraju diskontinualne u kontinualne tokove materijala,
- obezbeđuju dovoljne privremene zalihe, slika 1.16,
- povezuju dva stohastička procesa (npr. proizvodnja i transport),
- kompenzuju nastale zastoje (ili ih eliminišu što dovodi do primene JIT).

Tabela 1.1. Razlike skladišta i pufera

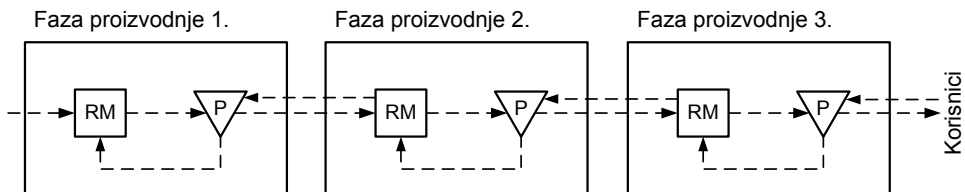
Svojstvo	Skladišni sistem	Pufer
Lokacija radnog mesta	Skladište	Proizvodnja
Vreme čuvanja	Dugo	Kratko
Obuhvatnost materijala	Svi materijali	Odabrani materijali
Količine materijala	Velike	Male
Korišćenje materijala	Za sva radna mesta	Samo određena mesta
Raspoloživost	Sva količina	Delimična količina
Zalihe	Prosečno dovoljne	Trenutne zalihe
Odgovornost za materijal	Skladištar	Proizvodni radnik
Potreba materijala	Permanentna u stohastičkim procesima	Permanetna u stohastičkim procesima
Asortiman	Širok	Uzan
Dispozicija	Pull princip zavisno od potrebe	Nagomilavanje zbog nesinhronizovanosti procesa
Cilj	Optimalna sposobnost snabdevanja	Zaštita od prekida u radu i destabilizacije sistema

Od načina organizacije proizvodnih procesa u proizvodnji zavisi i način organizacije pufera. Kod pojedinačne proizvodnje sve operacije se realizuju na jednom mestu. U tom slučaju pufer nije neophodan, ali je potrebna neka površina koja služi za privremeno odlaganje materijala što zavisi od veličine podserije. Ukoliko se na jednom radnom mestu izvede jedna za drugom više radnih operacija na istom predmetu rada, onda je potrebna još jedna tzv. treća površina za meću odlaganje materijala.



Slika 1.16. Razlike u zalihama kod pufera i skladišta

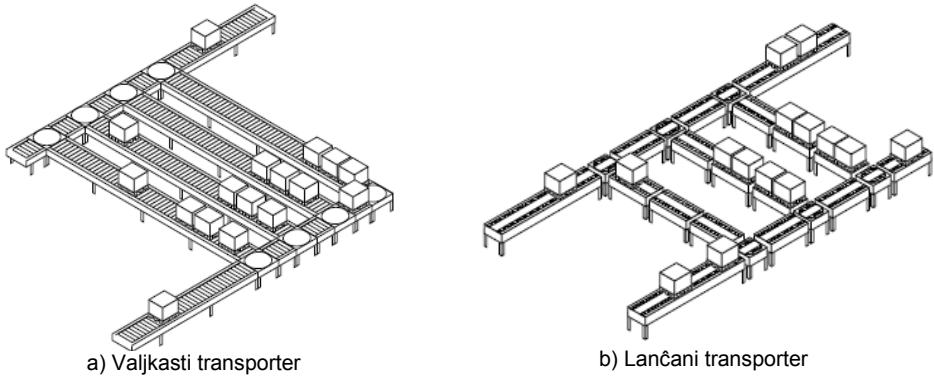
Kod radioničke proizvodnje, sa više radnih zona, potrebno je da svaka zona ima svoj statični pufer (ulazni, međufazni, izlazni), čime bi se uskladili taktovi rada proizvodnih zona, slika 1.17. Statični puferi imaju zadatak da privremeno prihvate neodgovarajući materijal do otklanjanja uočenih nedostataka.



Legenda: RM – Radno mesto, P – Pufer, → Tok materijala, - - - → Tok informacija

Slika 1.17. Položaj linijskih pufera u procesu proizvodnje

Oblikovanje pufera zavisi od: svojstva materijala (mase, oblika, količine, stanja), vlažnosti, temperature, vrste i tipa proizvodnje i mesta lokacije, prostornih mogućnosti, usaglašenosti pufera sa jedinicom tereta, učestalosti zastoja i dr. Kod protočne proizvodnje, između proizvodnih zona postavljaju se statični i/ili dinamični puferi, slika 1.18.



Slika 1.18. Oblici dinamičnih pufera

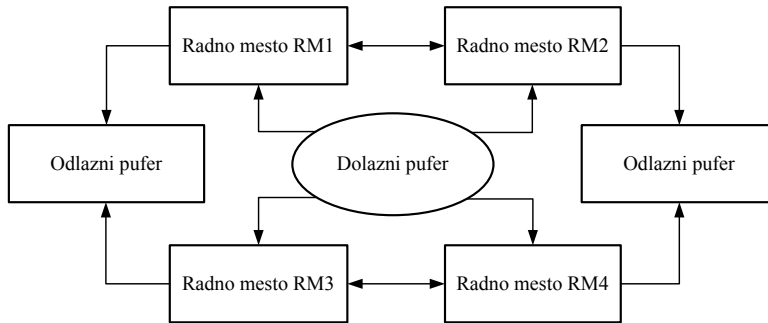
U zavisnosti od tipa proizvodnje, koriste se dva načina organizacije pufera: centralizovan, kada više radnih mesta koristi zajednički pufer na jednoj lokaciji i decentralizovan, kada svako radno mesto ima svoj pufer, pri čemu su znatno skraćena vremena preuzimanja materijala i kretanja radnika. Često se javlja i kombinovan pristup organizaciji pufera, kada je broj zona mali, a broj radnih mesta veliki. Režimi kretanja materijala kroz pufer realizuju se kao i kod ostalih tokova gde se prepoznaju klasične FIFO, LIFO, ili kombinovana HIFO disciplina čekanja.

Na oblikovanje pufera znatan uticaj imaju: količinsko stanje zaliha, troškovi (zaliha kao vezanog kapitala, eksploatacija i održavanje pufera, rukovanje materijalima) i ostali tehnološki zahtevi (optimizacija vremena protoka, rasterećenje sredstava rada, nivo postojeće tehnologije, raspoloživa materijalna sredstva). Za izračunavanje potrebnih kapaciteta (materijalni i prostorni) pufera koriste se: interne statističke analize preduzeća (kada imamo mali broj indikatora koji definišu smetnje i zastoje), simulacija stanja zaliha u puferu (kada se u analizu uzima veći broj indikatora i elemenata), adaptivne metode i razne grafičko-računske metode.

Osnovno je imati pouzdanu statistički obrađenu analizu stanja i njenu usaglašenost sa teorijskim verovatnoćama raspodele, jasno definisane modele i kriterijume za utvrđivanje merodavnih zastoja i sprovesti simulaciju ili neki drugi naučno prihvatljiv metod. Kod adaptivnih metoda polazi se od minimalnog mogućeg kapaciteta pufera, pa se tekućom kontrolom stanja ispunjenosti pufera određuje neophodan kapacitet. Računskom metodom određuje se stvaran kapacitet pufera. Ove dva metode često se koriste zajedno. Na osnovu ovoga se utvrđuju pauze, koliko ih može biti, prostorni razmeštaj, vremensko trajanje pufera i dr.

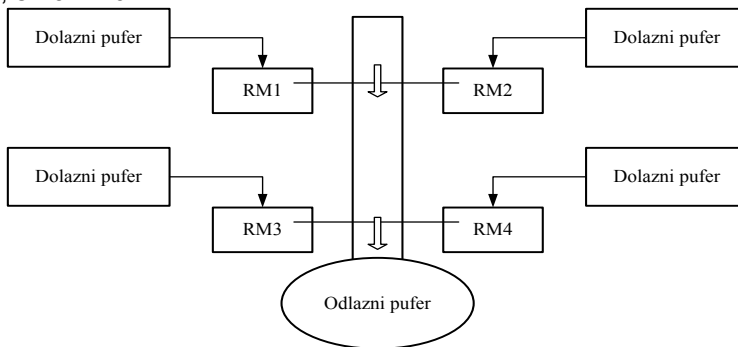
Prilikom lokacijskog raspoređivanja pufera treba: praviti razliku između pufera namenjenih prijemu i otpremi materijala (pufer sa koga se dalje šalje materijal može istovremeno biti prijemni pufer drugog narednog radnog mesta), postavljati uzastopne puferne zbog specifičnosti materijala ukoliko ima potrebe, smanjiti rastojanja između pufera, ispitati mogućnost uvođenja mobilnih pufera kojima se opslužuje više radnih mesta, direktno iz skladišta ili između radnih mesta. Puferi se lokacijski mogu raspoređivati, na:

- pojedinačna radna mesta, po principu: prijemni pufer – radno mesto – otpremni pufer,
- linijski tok sa rednim izvođenjem operacija, kod kojih su puferi redno postavljeni po istom principu kao kod pojedinačnih radnih mesta,



Slika 1.19. Prikaz položaja centralnog dolaznog pufera

- linijski tok procesa (masovna i velikoserijska proizvodnja) postavljena radnih mesta, kod kojih prijemni i otpremni pufer opslužuje više radnih mesta postavljenih linijski,
- raspored RM (radnih mesta) i pufera kod organizacije rada sa centralnim dolaznim puferom, slika 1.19,
- raspored RM i pufera kod organizacije rada sa centralnim odlaznim puferom, slika 1.20.



Slika 1.20. Prikaz položaja centralnog odlaznim puferom

Pufer kao tehnološki element, u principu je nepoželjan, ali često neizbežan, jer njegovo prisustvo ima značajne troškova u smislu angažovanja prostora, skladišne opreme, manipulacije i vezanog kapitala. Međutim, pufer je i neophodan jer se njegovim prisustvom ostvaruju: bolje korišćenje proizvodnih mašina i celih linija, optimalne serije i podserije, bolja fleksibilnost, elastičnost radnih mesta, smanjenje troškova zastoja, smanjenje smetnji ili njihova potpuna eliminacija i dr.

Treba napomenuti da postoji razlika između terminiranja i puferisanja, jer puferisanje zahteva uvođenje novog tehnološkog elementa (pufera), a terminiranje ne, jer se odnosi na fino planiranje proizvodnje.

## REZIME

Izučavanje intralogistike predstavlja vrlo značajan zadatak u racionalizaciji tehnologije i organizacije bilo kog preduzeća. Primenom procesnog pristupa diferencirani su ključni segmenti u intralogistici: funkcije transporta, pretovara i skladištenja i ukazano je na značaj pretovarnog procesa po vrstama tehnoloških operacija. Prikazani su osnovni tipovi proizvodnih procesa i date su njihove podele i osnovne karakteristike. Značaj poznavanja strukture procesa i njihovih *layout*-a prostorno je vezan sa putanjama kretanja transportno-manipulativnih vozila što ukazuje na njihovu tesnu interakciju u smislu realizacije tehnoloških zahteva. Identifikovani su osnovni tehnološki zahtevi i ukazano je na primenu *PQRST* analize. Svi elementi tehnologije i organizacije daju se u studiji rada, koja predstavlja skup tehnološke dokumentacije koja se delimično razlikuje od tipa i vrste proizvodnje i koju poseduje svako preduzeće, a predstavlja osnov za analizu tehnologije i organizacije rada. Ukazano je na značaj postojanja pufera kao načina obezbećenja sinhronizovanosti procesa. Za inženjere tehnologe, praćenje i optimizacija tokova materijala predstavlja osnovni i neprekidan zadatak, u smislu racionalizacije poslovanja. Za prikazivanje tokova ukazano je na nekoliko vrsta dijagrama i matrica, dati su osnovni indikatori tokova, načini njihovog određivanja i posebno je ukazano na značaj modeliranja tokova materijala.

### Pitanja za proveru znanja

1. Šta je intralogistika i gde se sve (prostorno) mogu pojaviti?
2. Objasniti osnovne funkcije transporta u intralogistici.
3. Objasniti strukturu pretovarnog procesa i njegove funkcije.
4. Navesti elementarne procese koji čine proizvodni proces.
5. Navesti tipične oblike proizvodnih procesa i njihove osnovne karakteristike.
6. Objasniti osnovne tehnološke zahteve u intralogistici.
7. Na koje karakteristike tehnoloških zahteva intralogistike utiče primena strategija JIT i sa kojim efektima.
8. Koji su načini prikupljanja informacija o svojstvima i svojstvima tehnoloških zahteva?.
9. Navesti vrste puteva i moguće oblike transportnih lanaca u intralogistici.
10. Šta podrazumevate pod tokom materijala?
11. Objasniti opšti pristup analizi tokova materijala.
12. Čemu služi tehnološka dokumentacija i posebno karta toka procesa?.
13. Prikazati šemu toku materijala na proizvoljnom primeru.
14. Naveste osnovne KPI tokova materijala.
15. Navesti osnovne elemente modeliranja tokova materijala.
16. Šta je pufer i koje su njegove osnovne funkcije?.
17. Navesti razlike između pufera i skladišta.
18. Koji su načini organizacije pufera?.
19. Koja se sredstva koriste kod dinamičkih pufera?.
20. Navesti razlike između centralizovanih odlaznih i dolaznih pufera.



## 2. SISTEMI PAKOVANJA

Pitanje smanjenja otpadnog materijala koji potiče od pakovanja pospešilo je akciju u razvijenim evropskim zemljama u donošenju čitavog niza propisa kojima bi se ublažili problemi ambalažnog otpada, pre svega kroz njegovu eliminaciju to jest reciklažu. Najznačajniji kriterijumi na kojima počiva današnja doktrina za smanjenje količine otpada je minimizacija količine materijala koja se koristi za pakovanje, kao i uvođenje sistema pakovanja koji omogućava višekratnu upotrebu.

U tom smislu, ukazano je na tehnička sredstva u sistemima pakovanja, posebno na materijale i mogućnosti njihovog korišćenja, pojavne oblike osnovnih i pomoćnih sredstava za pakovanje, kao i mašinsku tehniku koja se sve više koristi u proizvodnim procesima u kojima je neophodno poznavanje tehnika pakovanja. Prilikom pakovanja vrlo je značajno poznavati moguća opterećenja ambalaže i tereta, načine i strategije pakovanja, kao i formiranje paletizovanih i ostalih jedinica tereta višeg reda u procesima intralogistike.

Kriterijumima za izbor i poređenje sistema pakovanja, znatno se doprinosi izboru odgovarajućih materijala za pakovanje, razvoju ekološke svesti i zahtevima zaštite okoline od materijala koji se koriste za pakovanje, posebno od materijala koji pripadaju klasi opasnih materijala, obezbeđenje prostora za odlaganje ambalažnog otpada i dr.

### 2.1. OSNOVNE FUNKCIJE I SVOJSTVA AMBALAŽE

Promene u ekonomiji koje su nastale sredinom prošlog veka u strukturama distribucije, prodaji, trgovini, međunarodnom transportu i rukovanju robom, postavile su dodatne zahteve sistemima pakovanja čime su procesi pakovanja postali integrisani deo svake proizvodnje. Pakovanje je dugo vremena imalo samo zaštitnu funkciju, što se zasnivalo na relativno visokim štetama u transportu. Korišćenjem savremenih tzv. *uni-load* jedinica tereta, zahtevi su usmereni na povratne procese i korišćenje višekratne ambalaže.

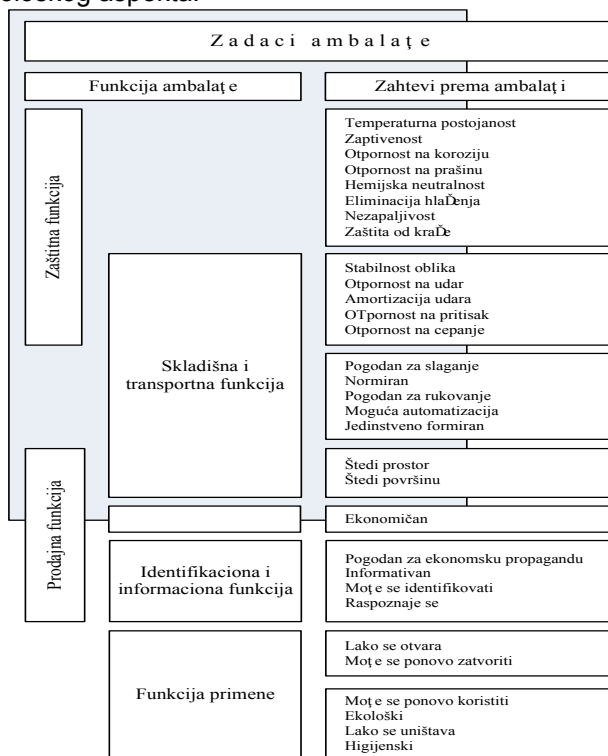
Za ostvarenje kvalitetne ambalaže potrebno je poznavanje zahteva njenih osnovnih funkcija, slika 2.1:

- primarna funkcija (zaštitna i transportno-pretovarno-skladišna -TPS),
- sekundarna funkcija (prodajna, promotivna, količinska prilagođenost),
- tercijarna funkcija (identifikaciono-informativna, primena).

Svakako je najznačajnija zaštitna funkcija koja može biti aktivna i pasivna. Aktivna zaštita obezbeđuje: otpornost na pritisak i cepanje, neosetljivost na udarce i nelomivost, štiti od zapaljivosti, temperature, vlage, korozije, krađe, hemijskih uticaja i dr. Pasivna funkcija štiti rukovaoca, skladišni prostor i transportno-manipulativna sredstva što znači da ova funkcija ima dvosmerni značaj. U okviru TPS-a, obezbeđuje se: ukрупnjavanje, modularizacija, lakša manipulacija, normiranje rada, automatizacija rukovanja i dr.

Prodajnom funkcijom obezbeđuje se: ušteda izlagačkog i skladišnog prostora, ekonomičnost prodaje, reklamni prostor na ambalaži, moguća identifikacija, informativnost i komunikativnost, mogućnost donošenja odluke od strane kupaca, promotivnost i dr. Sigurno se neki zahtevi preklapaju po funkcijama, što ukazuje na međuzavisnost aspekata posmatranja. Samo sistemskim planiranjem, integrisanim, sveobuhvatnim načinom razmatranja i oblikovanjem ambalaže, mogu se ispuniti zahtevi iz više pojedinačnih funkcionalnih područja pakovanja. Pojedinačni zahtevi, pri tom

nisu nezavisni jedan od drugoga i uslovljavaju se delimično, a neki se i suprotstavljaju, npr. kriterijumi lako zapaljivo i ekonomično. Pakovanje, ali i nabavka ambalaže, kao i njeno čuvanje, predstavljaju mesta nastanka značajnih troškova i posebno su važni i sa ekološkog aspekta.



Slika 2.1. Funkcije ambalaže i zahtevi pakovanja

U poslednje vreme, veliki značaj ima smanjenje ambalažnog otpada, posebno kroz minimizaciju potrebne količine materijala za izradu ambalaže. Tako npr. Nemačka godišnje uštedi oko 150.000 tona veštačkih materijala za izradu ambalaže, što utiče na materijalnu reciklažu i proces ekobilansa. Specifični zahtevi za izradu i sastav ambalaže su standardizovani kao i kriterijumi za identifikaciju kritičnih područja za smanjenje upotrebe opasnih materija i izgled kontrolne liste za ocenjivanje ispunjenosti tih zahteva, pri čemu ambalaža treba da:

- ima najmanje moguće mere po zapremini/masi i da je prihvatljiva od strane korisnika,
- sadrži minimalnu količinu teških metala (Pb, Cd, Cr-VI, Hg) i ostalih opasnih materija (Pravilnik o graničnim vrednostima nivoa koncentracije Pb, Cd, Cr-VI, Hg, *Službeni glasnik* RS br.70/2009),
- sprečava nastajanje veće količine otpada smanjenom količinom sirovina u proizvodnji ambalaže.

Značajni su zahtevi za ponovnu upotrebu ambalaže koja treba da ima postojan kvalitet i omogući višekratnu upotrebu, tako da se:

- punjenje/pratnje ili pretovar mogu ostvarivati u više ciklusa,
- zadržati isti kvalitet, u smislu zaštite zdravlja i bezbednosti,



- prilagodi prometu radi sakupljanja, transporta i čuvanja povratne ambalaže,
- koristi u specifičnim zahtevima različitih proizvoda,
- omogući reciklažu, kompostiranje, biorazgradnja ili kontrolisano spaljivanje, ako je ponovna upotreba nemoguća radi dobijanja energije.

Osnovne funkcije i svojstva ambalaže ukazuju na složenost izbora adekvatne ambalaže u sistemima pakovanja.

### 2.1.1. Standardizacija u sistemu pakovanja

Generalno, materiju iz oblasti standardizacije pakovanja donose ISO TC 122 i CEN/TC 261 (WG 1-2 i SC 4-5) preko tehničkih komiteta i sledećih radnih grupa (WG): TC 122/WG 4 – Simbologija bar kodova, TC 122/WG 5 – Terminologija i rečnik, TC 122/WG 6 – Čelična burad – Karakteristike i dimenzije, TC 122/WG 7 – Linearni bar kod i dvodimenzionalne oznake za pakovanja proizvoda, TC 122/WG 8 – Plastična burad, TC 122/WG 9 – Dodatno dizajniranje pakovanja, TC 122/WG 10 – Primena RFID u lancima snabdevanja i dr.).

Kod nas, problematika sistema pakovanja, harmonizovana je sa Direktivom o ambalaži i ambalažnom otpadu 94/62/ES samo za one standarde koji su podrška Zakonu o zaštiti životne sredine (*Sl. glasnik RS*, br. 135/04 i 36/09). Pored navedenog zakona regulativu čine i: Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu (*Sl. glasnik RS*, br. 36/09), Zakon o zdravstvenoj ispravnosti životnih namirnica i predmeta opšte upotrebe (*Sl. list SFRJ* br. 53/91 i 37/2002), Zakona o opštoj bezbednosti proizvoda (*Sl. glasnik RS*, br. 41/09), Pravilnik o opštim i posebnim uslovima hrane (*Sl. glasnik RS*, br. 72/10), Pravilnik o deklarisanju i označavanju upakovanih namirnica (*Sl. list SCG*, br. 21/93, 2/04, 12/04 i 48/04), Pravilnik o načinu numerisanja, skraćenicama i simbolima (*Sl. glasnik RS*, br. 70/2009), Pravilnik o kriterijumima za određivanje šta može biti ambalaža, sa primerima za primenu kriterijuma i lista srpskih standarda koji se odnose na osnovne zahteve koji moraju da budu ispunjeni pre stavljanja u promet (*Sl. glasnik RS*, br. 70/2009) i dr. Odredbe Zakona o ambalaži i ambalažnom otpadu se ne primenjuju na kontenere i velika sredstva za pakovanje – IBC (eng. *Intermediat Bulk Container*, nem. *Repariertes Großpackmittel*, metalni, plastični ili kombinovani sud) koja se koriste za drumski, železnički, vodni i vazdušni međunarodni transport.

U Institutu za standardizaciju Srbije (ISS), po pitanju pakovanja i ambalaže, standarde donose sledeće komisije: DX045 – Ambalaža od drveta (neaktivna), E194 – Posuće, pribor i ambalaža u dodiru sa prehrambenim proizvodima, Z261– Upravljanje otpadom i Z261-5 – Ambalaža (domet 281 standard). Standardima su obrađeni razni aspekti primarne, sekundarne i tercijarne ambalaže: standardizacija terminologije, dimenzije, obeležavanja, metoda ispitivanja, zahteva za performanse i aspekata životne sredine, kvalitet proizvoda i ambalaže tokom upotrebe, redovni i vanredni pregledi, oznake i načini označavanja, zahtevi za pakovanje i obeležavanje proizvoda, postupci ocenjivanja usaglašenosti, odlaganje otpada i dr. Postoje dve osnovne kategorije standarda koji se primenjuju prilikom razmatranja ambalažnih materijala i to:

- opšti standardi primenjivi na sve tipove ambalažnih materijala (CEN/SC 5),
- standardi primenjivi na određene tipove ambalažnog materijala u vezi sa aspektima zaštite životne sredine (CEN/SC 4).

U prvu grupu ubrajaju se opšti standardi čija je upotreba predviđena za sve grupe ambalažnih sredstava izrađenih od papira i kartona, metala, veštačkih masa, aluminijuma i legura aluminijuma, kao što su: vreće (pnaSRPS EN 26590-1/2:2012, SRPS EN 26591-11/2, SRPS EN 26599-1:2012 i dr.), boce (SRPS B.E.4.604:1974, SRPS B.E.6.020028:1987....), limenke (SRPS M.Z.2.025/030/045, SRPS M.Z.2.46....), burad (SRPS M.Z.2.130/155:1963, SRPS M.Z.2.200/202:1991.... burad (SRPS EN 12710:2009, SRPS EN 13007:2010....) i dr. U drugu grupu ubrajaju se standardi koji se odnose na terminologiju u oblasti otpada, upravljanje komunalnim i industrijskim otpadom, reciklaža, ponovna upotreba, spaljivanje, kompostiranje, takvi su: EN 13193:2004 (ambalaža i životna sredina, terminologija), CEN/TR 13695-2:2008 (zahtevi za merenje i verifikaciju prisustva četiri teška metala i ostalih opasnih materija u ambalaži i njihovo ispuštanje u životnu sredinu), CEN/TR 14520:2008 (ponovna upotreba ambalaže), CEN/TS 15401:2010 (čvrsta goriva dobijena iz otpada) i dr.

Poznavanjem standarda iz sistema pakovanja obezbeđuje se tehnička osnova u implementaciji ambalaže, povećava se bezbednost i kvalitet proizvoda i usluga, olakšava promet između različitih zemalja, nestaju tehničke barijere između korisnika i dr.

### 2.1.2. Klasifikacija ambalaže i ambalažne grupe

Klasifikacija ambalaže i načina pakovanja ima teorijsko-metodološki karakter, jer razjašnjava podele koje se koriste u praksi. U zavisnosti od aspekta posmatranja, klasifikacija ambalaže može se izvršiti sa nekoliko aspekata, prema:

- materijalu od koga se proizvodi (papir, karton, plastika, metal, staklo, drvo, tekstil, keramika, porcelan i izrađena od kombinacije nekoliko materijala),
- povezanosti sa upakovanim proizvodom: odvojiva (koja ne čini sastavni deo robe) i neodvojiva,
- vrsti proizvoda za koju se koristi (poljo-prehrambeni, hemijski, farmaceutski, metalni, elektrotehnički i dr. proizvodi),
- načinu upotrebe: povratna (višekratna) i nepovratna (jednokratna),
- sposobnosti za reciklažu: koja se reciklira mehaničkim ili hemijskim putem i koja se ne reciklira (obnovljena, prerađena),
- obliku: vreće, kese, kutije, bačve, burad, razni oblici sudova, folije.

Postoje i drugi načini klasifikacije, prema: vrednosti i trajnosti, tipu prevoznog sredstva, po veličini (velika i mala), položaju (spoljna i unutrašnja), osnovna i meću ambalaža, ambalaža za spasavanje, ambalaža koja ne propušta prašinu i dr. Svi ovi termini ne menjaju suštinu primene ambalaže, već se kao takvi koriste u pojedinim procesima u smislu bližeg objašnjenja njene funkcije ili kvaliteta.

Prema ADR-u (Evropski sporazum o međunarodnom transportu opasne robe u drumskom saobraćaju), uključujući i posebne sporazume, definisane su ambalažne grupe u koje su svrstane određene materije na osnovu njihovog stepena opasnosti u toku transporta:

- ambalaža na grupa I: materije visoke opasnosti/vrlo otrovne,
- ambalaža na grupa II: materije srednje opasnosti/otrovne,
- ambalaža na grupa III: materije male opasnosti/slabo otrovne.

Materije su prema klasama svrstavanja po ADR-u (Prilog A) klasifikovane u različita imenovanja odnosno kategorije, da bi na osnovu zahteva iz Pravilnika o metodama ispitivanja i kriterijumima bliže bile svrstane u ambalažne grupe i dozvoljene količi-

ne za pakovanje. Ako se po Pravilniku ne može precizno odrediti stepen opasnosti, uvek se usvaja stroža odnosno viša ambalažna grupa. Prema ADR-u ambalaža se sastoji od tri komponente: nepromoćive(-ih) primarne(-ih) posude(-a), nepromoćive sekundarne ambalaže i spoljne ambalaže, odgovarajuće čvrstine u odnosu na njenu zapreminu, masu i namenu i sa najmanje jednom površinom minimalne dimenzije od 100 mm · 100 mm. To je jedna ili više posuda (rezervoara) i sastavnih delova koji su neophodni, da bi posude ispunile svoju funkciju rezervoara i zaštitnu funkciju. Terminološki se koriste sledeći izrazi pod kojima treba podrazumevati sledeće:

- velika ambalaža je ambalaža koja se sastoji od spoljne ambalaže, sadrži predmete ili unutrašnju ambalažu, konstruisana je za mehaničko rukovanje i ima neto masu veću od 400 kg ili zapreminu veću od 450 l, ali najveću 3000 l,
- ambalaža koja ne propušta prašinu je nepropusna za suv sadržaj, uključujući tu i finu prašinu čvrstih materija koja nastaje u toku transporta,
- ambalaža od finog lima je ambalaža sa okruglim, elipsastim, pravougaonim ili višegonaom presekom (pa i konusnim), kao i ambalaža sa kupastim vratom (gričem), ili ambalaža u obliku kante od metala sa debljinom zida manjom od 0,5 mm (npr. beli lim), sa ravnim ili ispupčenim dnom, sa jednim ili više otvora koja ne spada pod definiciju pojma za bure ili kanister,
- ambalaža za spasavanje je specijalna ambalaža, koja se koristi kod oštećenih, neispravnih ili nezaptivenih komada za otpremu sa opasnom robom, ili kod opasne robe, koja se rasula ili iscurila, da bi se ista prevezla radi obnavljanja ili zbrinjavanja,
- kombinovana ambalaža je ambalaža koja se sastoji od unutrašnje posude od stakla, porcelana ili keramike i spoljne ambalaže (od metala, drveta, kartona, plastike, penaste materije itd.), koja je jednom sastavljena i čini nerazdvojnu jedinicu, koja se kao takva puni, skladišti, transportuje i prazni,
- objedinjuća ambalaža je ambalaža pripremljena za transport, sa jednom ili više unutrašnjih ambalaža (ne posuda), koje prema propisima moraju da se uklope u jedinstvenu celinu sa spoljnom ambalažom,
- obnovljena ambalaža je posebno metalno bure koje je očišćeno, vraćeno u prvobitno stanje, otklonjeni svi ostaci od ranijeg sadržaja, ispitano i dato na ponovnu upotrebu,
- ponovno upotrebljena ambalaža je ambalaža za koju je nakon ispitivanja utvrđeno da nema nedostataka koji bi mogli da ugroze ispitivanje funkcionalnosti i koja se može ponovo puniti istom ili kompatibilnom robom i koja se transportuje u okviru iste prodajne mreže,
- prerađena ambalaža je metalno ili plastično bure kod kojeg su zamenjeni čvrsto ugrađeni konstruktivni elementi, ili ne odgovara nekom od dozvoljenih tipova ambalaže za novu burad,
- sabirna ambalaža su paletne jedinice tereta obavijene folijom,
- unutrašnja ambalaža je ona ambalaža za koju je u transportu potrebna spoljna ambalaža.

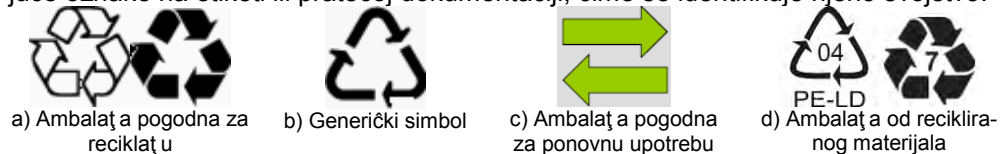
Neobaveznost primene standarda ukazuje da su moguće terminološke nesuklađenosti ali po semantici pojmova nema razlike između sabirne ambalaže i paletizovane jedinice tereta obavijene folijom, unutrašnje ambalaže i jedinice osnovnog pakovanja i dr.

### 2.1.3. Identifikacija i označavanje ambalaže

Sistem identifikacije ambalaže, prema fizičko-hemijskim svojstvima i njeno označavanje zasnovan je na numeraciji i upotrebi slovnih skraćenica za svaki ambalažni materijal, što je nedvosmisleno regulisano [47]. Za svaki ambalažni materijal definirana je latinična skraćenica i brođana oznaka. Primeri identifikacije i označavanja jednokomponentne ambalaže:

- drvo, skraćenica *FOR*, brođana oznaka 50,
- staklo, skraćenica *GL*, brođana oznaka 70 (belo bezbojno),
- polietilen teraftalat, skraćenica *PET*, brođana oznaka 1 i dr.

Ambalaža koja je načinjena od višeslojnih materijala (kompozitna) se označava sa C/skraćenica preovlađujućeg materijala (*S/...*). Osnovne oznake imaju za cilj identifikaciju ambalažnog materijala, radi pravilnog sakupljanja, razvrstavanja i daljeg tretmana. Ambalaža na sebi ima utisnut odgovarajući štig, ili drugu vrstu odgovarajuće oznake na etiketi ili pratećoj dokumentaciji, čime se identifikuje njeno svojstvo.



Slika 2.2. Osnovni simboli na ambalaži

Prva dva simbola predstavljaju dve varijacije originalnog simbola, levi je prihvaćen kao tradicionalni, univerzalni simbol, dok je desni njegova modifikacija, u smislu bolje vidljivosti prilikom njegovog štampanja u manjem formatu. Označavaju ambalažni materijal koji se može reciklirati (2.2a). Na osnovu originalnog simbola izveden je generički simbol za označavanje reciklaže (2.2b), pri čemu se ovom simbolu dodaju brođane oznake iz Pravilnika u zavisnosti od materijala od koga su izrađeni, na primer: *PET 1*, *HDPE 2*, *FE*–čelik, *ALU* - aluminijum. Dve horizontalne strelice označavaju da je ambalaža pogodna za narednu upotrebu (2.2c) i zadnja dva simbola koriste se na ambalaži koja je izrađena od recikliranog materijala (papirna ili kartonska ambalaža) i u čijem se centru može upisati procentualno učešće recikliranog materijala (2.2d).

Pored navedenih oznaka vezanih za materijal od kojeg je izrađena ambalaža, na jedinicama pakovanja i rukovanja postoji čitav niz drugih oznaka, kojima se pomoću znakova, grafičkih simbola i natpisa, u novije vreme i kodova, daju osnovna svojstva o proizvodima: ko ih šalje, kome su poslani, kako sa njima treba postupiti prilikom transporta, pretovara i skladištenja. Na kutijama, sanducima i drugim vrstama transportne ambalaže, oblika paralelopipeda, oznake se postavljaju na bočnim i čeonim stranicama, a ako oblik ili veličina ambalaže to ne omogućavaju, oznake se postavljaju na dve suprotne stranice. Grafički simboli se rade u vidu nalepnica ili se pomoću šablona nanose direktno na transportnu ambalažu u [9].

U poslednje vreme sve se više za identifikaciju koristi „Logistička etiketa“ koja sadrži sve podatke i standardizovane poslovne poruke, kao što su: *PARTIN* (informacija o partneru), *PRODAT* (informacija o proizvodu), *PRICAT* (cenovnik), *ORDERS* (porudžbina), *DELFOR* (plan isporuke), *DESADV* (otpremnicu), *IFTMIN* (transportne instru-

kcije), *INVOIC* (račun) i dr. Posebnim identifikacionim ključevima *GTIN* – globalni broj jedinice trgovanja, *SSCC* – serijski kod kontenera (malih posuda i kutija) za otpremu, *GLN* – globalni lokacijski broj i *EPC* – elektronski kod proizvoda, vrši se potpuna identifikacija. Novi globalni sistem standarda koji kombinuje tehnologiju *RFID*, postojeću komunikacionu mrežu infrastrukturu i elektronski kod proizvoda (*EPC* – broj koji jedinstveno identifikuje jedinicu), omogućava trenutnu i automatsku identifikaciju i praćenje jedinica pakovanja i rukovanja kroz ceo lanac snabdevanja, poboljšava efikasnost i usaglašenost poslovnih podataka u lancu snabdevanja.

## 2.2. TEHNIČKA SREDSTVA U SISTEMU PAKOVANJA

Tehnička sredstva u sistemu pakovanja čine: ambalažni materijali, sredstva za pakovanje, pomoćna sredstva za pakovanje i mašinska tehnika. Pomoćna sredstva se diferenciraju prema funkcijama i to na: sredstva za zatvaranje (dihtovanje) ambalaže, sredstva za označavanje, sredstva spoljne zaštite, sredstava za popunjavanje radi osiguranja od samopokretanja i rasturanja unutar i oko jedinice pakovanja i ukrašavanje. U sistemu pakovanja potrebno je izabrati takva tehnička sredstva koja će proces pakovanja, razviti i staviti u funkciju osnovnog tehnološkog procesa kako bi se realizovao veliki kompleks zahteva određenog proizvodnog programa.

### 2.2.1. Ambalažni materijali

Tradicionalno, po klasama proizvodnih materijala, ambalaža može biti od stakla, drveta, metala (aluminijum, laminat, beli lim, beskalajni čelik), keramike, veštačkih materijala, papira, karton, tekstila ili kombinovani od navedenih materijala. Na izbor ambalažnog materijala, pored osnovnih zahteva utiču i raspoloživost na tržištu i ekonomičnost ambalažnog materijala. Prema obliku, materijali se dele na radne, nepovezane materijale (pr. folije, mreže, table) i upotrebno oblikovane materijale, u krutoj ili elastičnoj formi.

U tehnici pakovanja, najveći značaj ima ambalaža od papira (kraft 35 gr/m<sup>2</sup> do 45gr/m<sup>2</sup>, sulfadni, papir neprobojan za mast, lepenka iznad 500 gr/m<sup>2</sup>, celofan i dr), karton (beli, valoviti-talasasti, čvrsti, kraft, *chip board*, *fiber board*...) i debela hartija, koja po vrednosti i količini učestvuje oko 40% u prometu proizvoda. Velika upotreba papira bazira se na relativno niskoj ceni, dostupnosti, mogućnosti tretiranja i dobrih svojstava za reciklažu. Izuzetno dobar odnos otpornosti i mase ima talasasti troslojni ili petoslojni karton, koji nastaje spajanjem slojeva talasastog papira između dva ravna sloja papira. Pun karton je naspram toga, masivan i jednoslojan, višeredno (zgužvan, u vlažnom stanju bez lepka spojen) ili višeslojno slepljen. Svojstva punog kartonu su da poseduje visoku otpornost na pritisak, delimično neosetljiv na vlagu i zbog ravne površine mogućnost direktne štampe. Nedostatak u odnosu na talasasti karton je veća masa. Moderni trend predstavlja smanjivanje gramature kartona tako da gramatura troslojnog kartona ide već od 240 gr/m<sup>3</sup>. Papir i karton se lako recikliraju u približnom odnosu *1 kg papira ≈ 1 kg novog materijala*.

Metal pruža odličnu fizičku zaštitu i svojstva, sposobnost oblikovanja i dekorativni potencijal, sposobnost reciklaže i prihvatljivost od strane korisnika. Dva najdominantnija metala koji se koriste za pakovanje su aluminijum i čelik. Debljina elektrolitičkih belih limova je u granicama 0,15 mm do 0,49 mm. Savremeni trend je u smanjenju debljine i korišćenju tzv. tankih limova (debljina manja od 0,2 mm). Čelik ima dobru

spособnost oblikovanja, čvrstinu i jeftiniji je od belog lima. Koristi se za limenke za hranu, ivice limenki, poslužavnike, čepove za flaše, razne posude i dr.

Poseban laminatni materijal za ambalažu u čine aluminijumske folije, proizvedene od čistog aluminijuma valjanjem u veoma tanke listove, koje su dostupne u širokom opsegu debljina, pri čemu se tanje folije koriste za pakovanje medicinskih proizvoda, a deblje kao podmetači. Obezbeđuje odličnu zaštitu od vlage, vazduha, neprijatnih mirisa, svetlosti i mikroorganizama. Lako se reciklira. Koriste se i laminati i metalizovani filmovi, kao posebana vrsta materijala za pakovanje visoko vrednih namirnica, kao što su dehidrirane supe, biljni začini i dr. Vrlo se teško recikliraju.

Plastični materijali imaju prednost u pakovanju, jer nude znatnu fleksibilnost i elastičnost, hemijski su rezistentni, imaju nisku cenu, lagani su sa širokim opsegom fizičkih i optičkih svojstava, imaju sposobnost termozavarivanja, lako se štampaju, mogu biti integrisani u proizvodne procese, gde se istovremeno vrši proizvodnja i pakovanje proizvoda na istoj proizvodnoj liniji. Osnovni nedostatak je njihova promenljiva propustljivost za svetlost, gasove i paru. Postoje dve glavne grupe plastika: termostabilne postojane iznad 100°C i termoplastične postojane do 100°C. Termostabilne se nepovratno oblikuju i primarna upotreba im je u automobilskoj industriji, ne koriste se kao sredstva pakovanja. Termoplastike su polimeri koji se lako oblikuju za različita sredstva ambalaže (boce, posude i dr.) koriste se kao glavni i/ili pomoćni ambalažni materijal.

Koristi se više od 30 različitih tipova plastika. Po nivou stepena zaštite, najnižu imaju: polistiren (*PS*) i polietilen (*PE*). Polietileni su postojani do 70°C, gustine 0.92 gr/cm<sup>3</sup> do 0.96 gr/cm<sup>3</sup>, čvrstoća je oko 1000 N/mm<sup>2</sup>, rastezljivosti oko 200%, srednju zaštitu imaju *PET*, *PA* i *PVC* i visoku zaštitu imaju: poliviniliden hlorid (*PVDC*), gustine 1.2 gr/cm<sup>3</sup> do 1.6 gr/cm<sup>3</sup>, čvrstoće 6000 N/mm<sup>2</sup> do 6500 N/mm<sup>2</sup>, rastezljivost je 5 puta veća nego kod polietilena (1000%), na temperaturi oko 150°C spaja se zavarivanjem. Od plastika visoke zaštite tu su još etilen-vinil alkohol kopolimer (*EVOH*), poliakrilonitril (*PAN*), amorfni poliamid i akrilik-imid kopolimer i dr. Najzastupljeniji su: poliolefini: jako ili slabo gusti polietilen (za izradu boca za mleko, sok, vodu i dr.) i polipropileni (*PP*) koji imaju dobru otpornost na hemikalije i efikasni su u sprečavanju prolaska vodene pare. Sve plastike u promet dolaze u obliku folija različitih debljina ili oblikovanih posuda.

Staklo se koristi za izradu staklenih posuda, nepropusno je za gasove i paru, podnosi zagrevanje na visokim temperaturama, što ga čini upotrebljivim za sterilizaciju kako slabo, tako i jako kiselih namirnica, čvrsto je, obezbeđuje dobru izolaciju i moć e biti proizvedeno u velikom broju različitih oblika, ima dobru providnost, ali i mogućnost zaštite od svetlosti. Lako se reciklira.

Drvo ili rezana građa četinarara služi za izradu ambalaže i čvrstih mera za pakovanje mašina, uređaja, nameštaja i dr., prefabrikovanu ambalažu u koja se koristi za pakovanje voća, povrća, alata, igraćaka i dr., kao i za proizvode modifikovanog prerađenog drveta, mehaničkim ili hemijskim putem (šper ploča, ploča od presovanih drvenih vlakana, iverice). Osnovni oblici drvene ambalaže su: bačve, burad, sanduci, kutije, gajbe, razni ramovi, pregrade, poklopci, umeci i dr. Vlakna biljnog, životinjskog i sintetičkog porekla koriste se za izradu tekstilne ambalaže (vreće različitih dimenzija, različite gustine tkanja sa različitim načinima vezivanja i zatvaranja), što je predmet posebnih standarda [47]. Tekstil ima relativno dobru zateznu čvrstoću, malu masu i zapreminu. Koristi se za pakovanje voća, povrća, itarica i drugih proizvoda, pri čemu kod nekih proizvoda omogućava biohemijske procese prilikom transporta (južno voće i dr.).

Za onu ambalažu u gde prethodni klasični materijali ne odgovaraju koriste se posebno namenski aktivni i inteligentni materijali (ES 450/2009), putem *integrisanog pakovanja* koje sadrži: specifične zahteve proizvoda, elektronske senzore kojima se putem novih elektronskih sistema identifikuju svojstva proizvoda i daju određene instrukcije, kao što su:

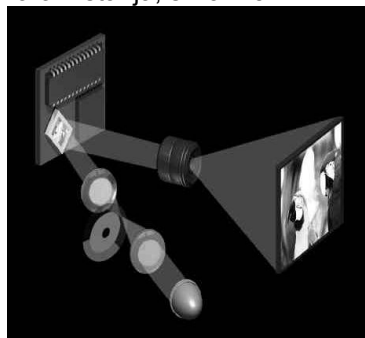
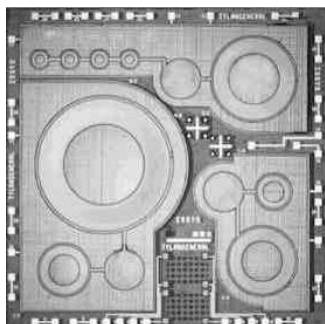
- ESD – zašitna ambalaža (*Electrostatic Discharge Packing*), štiti osetljive elektronske delove od polja elektrostatičkog napona, jer je sama ambalaža antistatična, slika 2.3,



Slika 2.3 Pomoćni materijal za ambalažu u ESD

Slika 2.4 VCI ambalaža

- VCI – ambalaža (*Vapour Corrosion Inhibitors*), ima antikorozivnu funkciju, u smislu prikupljanja pare iz okruženja različitih metalnih proizvoda koji se nalaze u prometu, ima je u obliku papira, poli filmova, vreća, talasastog kartona i mrežica, slika 2.4,
- MEMS – Mikro Elektronski Mehanički Sistem, sadrži senzore u ambalaži kojima se identifikuju različite promene pritiska, temperature, ubrzanja, bialize i dr. sa mogućim optičkim nadzorom stanja, slika 2.5.

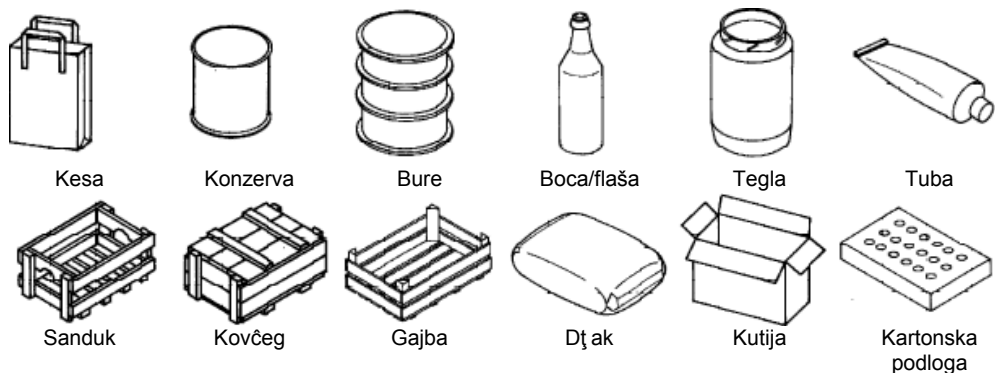


Slika 2.5. Prikaz položaja senzora u ambalaži i optičkog MEMS-a

Novi fleksibilni materijali zahtevaju i nove fleksibilne tehnologije pakovanja korišćenjem *Redistributed Chip Packaging (RCP)*, *multi-chip modula (MCM)*, antistatičkog pakovanja ili nove *Cook-in-the-bag* tehnologije (do 2,3 kg/kesi), gde se putem bio senzora (*ENM*) i aktiviranjem tajmera u prodavnici proizvod odleđuje do mesta korišćenja. Dalja tendencija razvoja materijala za ambalažu u sve više ide u pravcu upotrebe ekološki čistih materijala, biorazgradivih, kompostabilnih, proizvedenih od pektina i kukuruznog skroba, polimera iz biomasa i mikrobioloških proizvoda, raznih vrsta rezistentnih papira na temperaturu i habanje, biofolija i dr.

### 2.2.2. Sredstva za pakovanje

U pakovanju materijala i roba koristi se veliki broj različitih sredstava pakovanja kako po obliku i veličini tako i po specifičnim tehnološkim zahtevima za rukovanjem. Najviše korišćena sredstva pakovanja prikazana su na slici 2.6.



Slika 2.6. Primeri jedinica osnovnog pakovanja

**Kesa ili vreća:** fleksibilna ambalaža na jedinica od hartije, plastične folije, tekstila, tkanih ili drugih odgovarajućih materijala, zapremine ispod  $2700 \text{ cm}^2$  ( $45 \text{ cm} \cdot 65 \text{ cm}$ ) sa ručkom ili bez, nosivosti 0,01 kN do 0,05kN.

**Konzerva:** cilindrična jedinica, limenka, oblika prizme, odsečene kegle ili piramide sa zapreminom do najviše 10 l.

**Bure:** nadpojam za sve trbušaste ili cilindrične oblike, kotrljajuće ambalaže ne jedinice u raznim varijantama od metala, kartona, plastike, šper ploče ili drugog pogodnog materijala sa ravnim ili ispupčenim dnom, zapremine 150 l do 1000 l. Pojam ne obuhvata drvenu burad i kanistere. Drveno bure je ambalaža od prirodnog drveta okruglog preseka ili trbušasto formiranih zidova, opremljena obručima za stezanje, sferna posuda na kliznim nosačima.

**Boca:** ambalaža na jedinica sa vratno suženim gornjim delom, proizvedena od različitih radnih materijala (staklo, metal, plastika) koje zatvara se na različite načine (pampur, uvrtni zatvarač), pokretna posuda pod pritiskom zapremine do 150 l. Postoje i velike boce zapremine 150 l do najviše 3000 l.

**Tegla:** ambalaža na jedinica od stakla sa širokim vratnim otvorom, uglavnom se koristi za granulatu, tablete, prašakove, prehrambene proizvode.

**Tuba:** ambalaža na jedinica sa ogruglim ili ovalnim presekom, koja se na jednom kraju preko tubnog ramena uvlači u zatvorljiv otvor (vrat tube), a na drugom kraju je zatvorena žlebljenjem ili zavarivanjem.

**Sanduk:** ambalaža na jedinica bez poklopca, u koju se pakuju proizvodi. Ako su od plastike, nazivaju se višekratne uklopive *mini-load* boks kutije (posude, boks konteneri), slika 2.7.

**Kovčeg:** drvena ambalaža na jedinica, oivičena poklopcem, koji je čvrsto spojen sa osnovom. Pri upotrebi drugih ambalažnih materijala potrebno je dodati oznaku (npr. drveni ili kartonski kovčeg).

**Gajba:** čvrsta ambalaža na jedinica za transport i skladištenje lako kvarljivih prehrambenih proizvoda (voće, povrće i dr.). Nema zatvoren oblik i uglavnom je drvena ili plastična.

**Džak:** ambalaža na jedinica sa kružnim obimom otvora od najmanje 550 mm, sa ili bez ventila, jutana, papirna, polietilenska vreća.

**Kutija:** jedno ili višedelna ambalaža na jedinica, oblika kvadra ili kocke, zatvoriva i sklopiva, prema zahtevima proizvoda.

**Podloška:** specijalna kartonska ambalaža kod automatskog formiranja jedinice pakovanja, obavijena folijom, služi i kao komercijalna ambalaža.





Slika 2.7. Slagajuće uklopive posude

Pored navedenih oblika jedinica osnovnog pakovanja, prema ADR-u, koriste se i druga sredstva, tzv. *velika sredstva za pakovanje*, od drveta, kartona, metala sa ili bez odvojivih gornjih ili donjih poklopaca, po potrebi sa unutrašnjom oblogom (ali ne i unutrašnjom ambalažom), kao i sa odgovarajućom konstruktivnom opremom i opremom za rukovanje, zapremine 1,5 m<sup>3</sup> do 3,0 m<sup>3</sup>, u zavisnosti od ambalažne grupe kojoj materijal pripada. Ne smatraju se kontenerima u smislu RID-a. Postoje i drugi pojavni oblici jedinica osnovnog pakovanja, kao što su: kalemovi, kanisteri i dr. usmereni prema zahtevima proizvoda.

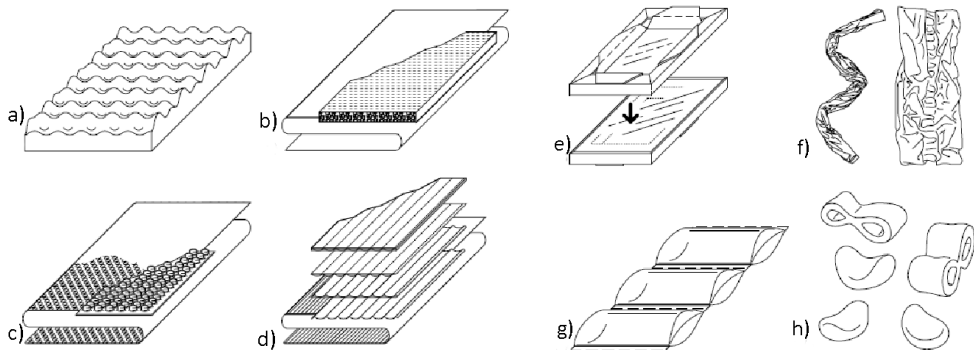
Sve više se koriste višekratni ambalažni sistemi, kako između dva radna tako i između više radnih mesta unutar jednog proizvodnog kompleksa, ili između više zainteresovanih preduzeća u lancu snabdevanja. Kada se razmena vrši između dva ili više proizvođača, prevoznika ili korisnika, tada se formiraju *pool-sistemi* u kome svaki učesnik participira sa određenim kontingentom pomoćnih sredstava, kojima se može koristiti po posebnim uredbama *pool-a*. U poslednje vreme, davaoci logističkih usluga (*3PL/4PL*) svojim korisnicima nude uz određenu nadoknadu korišćenje različitih višekratnih posuda, što daje znatne finansijske i ekološke efekte.

### 2.2.3. Pomoćna sredstva za pakovanje

Prema ICS 55 (Pakovanje i distribucija robe) postoji veliki broj različitih pomoćnih sredstava koja se koriste u sistemima pakovanja. Pored njih, u savremenim tehnologijama transporta, postoji još veliki broj različitih sigurnosnih sredstava i uređaja koji se koriste za konsolidaciju jedinica pakovanja i rukovanja [9].

Sredstva za zatvaranje (dihtovanje) ambalaže, su pomoćna sredstva kojima se obezbeđuje zatvaranje, potpuno ili delimično dihtovanje, spajanje i pričvršćivanje, a to su: spojnice, šajbne, zatvarači za posude, čepovi, zaptivni prstenovi, limene ivične zaštite, membrane, polietilenske ili metalne trake za obmotavanje, folije, ekstrudirane mreže ili kanapi, prstenovi, gumice za međusobno povezivanje, lepkovi, razni premazi, smole, igle za šivenje i dr. Sredstva za označavanje služe upozorenju tokom transporta radi identifikacije svojstava proizvoda i ambalaže koja se koristi, a to su: različite vrste nalepnica – etiketa, znakovi upozorenja, obostrano samolepljive trake, plombe, pečati, flomasteri i dr. Sredstva protiv spoljne zaštite čine grupu sredstava koji štite unutrašnjost jedinice pakovanja, a to su: sredstva za apsorpciju, za zaštitu od plamena, protiv oksidacije, razni inhibitori, silikoni, elektronski čipovi različitih namena i dr.

Sredstava za osiguranje od samopokretanja i rasturanja unutar i oko jedinice pakovanja, čine pomoćna sredstva u smislu meĎambalaĎe koja se stavlja izmeĎu jedinica osnovnog pakovanja i jedinica pakovanja radi meĎusobne zaštitne i zaštite unutrašnjih stranica i ivica ambalaĎe. Čine ih: sredstva za umetanje i razdvajanje, sredstva za oblaganje i zamotavanje, vezivanje i zakivanje. NajvaĎniju grupu čine sredstva za umetanje koja se koriste kao meĎusloj kojima se osnovne jedinice pakovanja razdvajaju, fiksiraju, umotavaju i štite izmeĎu sebe i u dodiru sa unutrašnjim stranama i/ili ivicama jedinice pakovanja od samopokretanja, prevrtanja i proklizavanja tokom TPS-a, slika 2.8.



Slika 2.8. Materijali za punjenje ambalaĎe i razdvajanje

Dominiraju sredstva od talasastog i čvrstog kartona i papira, jer su višestruko upotrebljivi i pogodni za reciklaĎu. Koriste se umeci od: reljefnog sunĎera (slika 2.8a), sunĎera za pakovanje (2.8b), vazdušaste folije sa mehurima (2.8c), talasaste lepenke (2.8d), ulošci i membrane za fiksiranje jedinice osnovnog pakovanja (2.8e), čvrstog jednostrukog ili dvostrukog kraft papira (2.8f), vazdušnih jastuka (2.8g). Folije punjene vazduhom i sistemi vazdušnih jastuka imaju istu svrhu kao talasasti karton, ali i dodatno ispunjavaju meĎuprostore i fiksiraju robu. Dosta se koriste sitni komadi (tzv. *Loose Fill*) od elastiĎnih materijala (polietilena ili sunĎera) kao podmetaĎi koji se nepovezano stavljaju u ambalaĎu i tako pruĎaju veoma dobru zaštitu, dodatno spreĎavaju pomeranje, kompenzuju udarce i vibracije tokom transporta (2.8h). Pored navedenih sredstava još se koriste: gumeni zaštitni jastuci, celuloza, penaste materije, staklena vuna i vata, drvena vuna – opiljci, hilzne za flaše i dr.

#### 2.2.4. Mašinska tehnika u sistemu pakovanja

Mašinska tehnika u sistemu pakovanja prema ICS 55.200 i sadrĎi više razliĎnih tipova mašina. Njihovu strukturu definišu tehnološki procesi osnovne proizvodnje, vrsta proizvoda koji se pakuje i zahtevane dodatne operacije pre, za vreme i posle nastanka proizvoda: od punjenja, merenja, sortiranja, preko oznaĎavanja, opremanja, osiguravanja, do formiranja jedinice pakovanja. Klasifikacija mašina moĎe se izvršiti prema:

- funkcionalno-tehnološkoj podeli na: posebne mašine za oblikovanje, punjenje, zatvaranje, kombinovane mašine za punjenje i zatvaranje i/ili mašine za oblikovanje, punjenje i zatvaranje,
- tehnološkoj nameni, mašine za proizvodnju: primarne, sekundarne i/ili terciarne ambalaĎe i mašine za proizvodnju pomoćnih sredstava za konsolidaciju ambalaĎe,

- reži mu rada, automatske , poluautomatske ili ručno upravljane,
- prema smeru punjenja: sa vertikalnim punjenjem ambalaže tečnim i/ili nasipnim proizvodima i horizontalnim punjenjem ambalaže sa ili bez tacni. Obe vrste mašina vrše automatsko zatvaranje vreća.

Posebnu grupu opreme čine mašine za kartonažu (mašina za bigovanje, šlicovanje kartona i sečenje kartona, za formiranje kutija, za lepljenje kartona, za štampanje na kartonu i papirnim džakovima i dr.). Ovu grupu mašina koriste proizvođači ambalaže. Industrijsko pakovanje sadrži, u okviru tehnološke linije, nekoliko namenskih mašina kojima se obavlja i podržava proces pakovanja. U zavisnosti od vrste proizvodnje, mašine za pakovanje proizvoda uglavnom se koriste u prehrambenoj (proizvodnji voća i povrća, vina, ulja, hleba i konditorskih proizvoda, mleka, mesa...), hemijskoj, farmaceutskoj i sličnim industrijama, dok se pakovanje komadnih proizvoda vrši u građevinskoj, elektro i mašinskoj industriji.

Najstroži zahtevi postavljeni su u prehrambenoj industriji, primenom HACCP menadžment sistema, zahteva se kontrola kvaliteta ulaznih sirovina u proces izrade ambalaže, kontrola proizvodnih procesa, procesa pakovanja i kontrola naknadne kontaminacije gotovih proizvoda. Izgled manje složene tehnološke linije i neke od mašina za pakovanje dat je na slici 2.9:

- automatske ili poluautomatske mašine sa vertikalnim punjenjem (2.9b) ambalaže (zrnastih, sitno zrnastih materijala sa dva tresaća, masa punjenja 50 g do 1000 g) i sa horizontalnim punjenjem (2.9c) za praškaste materijale 3 g do 40 g, sa pakovanjem u kese, posude, čaše ili folije,
- mašine za pojedinačna pakovanja određenih proizvoda u obliku buntova, raznih veza, rolni i dr.,
- varilice za polietilensku ili polipropilensku foliju čime se vrši zatvaranje vreća i kesa: pulsno ili sa papirnim trakama,
- ostale prateće mašine (mašina za vakum pakovanje, mašine za zbirno pakovanje termo skupljajućom folijom, pneumatske prese, mlinovi, mašine za obradu koštuničavog voća, mesa i dr. proizvoda), linearne i više namenske vage, vibracione dozirke 50 g do 1000 g, metal detektori i separatori, uređaji za kontrolu X-zracima, UV lampe i dr.

Najčešće se koriste univerzalne automatske mašine (2.9d,e,f), koje vrše horizontalno pakovanje i/ili vakumiranje velikih komada (hleb, kifle, meso, voće i povrće i dr.) da bi rotacijom oko svoje ose vršile i vertikalno pakovanje sitnozrnastih proizvoda (prezle, keks...). Vertikalne mašine mogu se kombinovati sa vagama, jedinicama za doziranje ili opremom za brojanje i etiketiranje, opremom za bojenje što zavisi od strukture opreme u tehnološkoj liniji. Poluautomatske i mašine za ručno ulaganje najčešće su stone i uglavnom koriste streč foliju kao ambalažni materijal za pakovanje.

Automatska pakovanja koriste se u tehnologijama proizvodnje: mesa, mleka, ulja, vina, povrća, voća, brašna, hleba i konditorskih proizvoda, lekova, hemijskih proizvoda i dr. U zavisnosti od industrije *layout* je različit. Npr. u mesnoj industriji, kompletna tehnološka linija sastoji se iz: mašine za obradu mesa (mlevenje, sečenje kostiju, mešanje mesa, formiranje hamburgera, porcioneri), zatim slede mašine za pakovanje (automatske za pakovanje na tacne streč folijom, pakovanje na tacne sa varenjem po vrhu u zaštićenoj atmosferi, vakumsko pakovanje) ili ručno pakovanje, vaganje, brojanje, transporter i pužni, trakasti ili konvejni i odlaganje u termički izolovanim prostorijama.



a) Izgled manje tehnološke linije



b) Mašina za vertikalno pakovanje



c) Mašina za horizontalno pakovanje



d) Univerzalna pakerica



e) Vakumska pakerica



f) Linijska mašina za pakovanje

Slika 2.9. Osnovni tipovi mašina za pakovanje proizvoda

Našim standardom SRPS EN 415-1:2009 Bezbednost mašina za pakovanje – Deo 1: Terminologija i podela mašina za pakovanje i prateće opreme, definisani su termini i definicije koji se odnose na bezbednost mašina za pakovanje kao i klasifikaciju mašina za pakovanje i prateće opreme. Ovaj standard identičan je sa: EN 415-1:2000+A1:2009 i CEN/TC 146. Takođe, standardima SRPS EN 415-1/2/3/4/5/6/7/8:2009 i SRPS EN 415-5/6/9:2011 definisani su ostali uslovi korišćenja mašina za pakovanje.

## 2.3. TEHNIKE PAKOVANJA

Formiranje jedinice tereta predstavlja dodatni proces u protoku materijala čiji je zadatak racionalna i efikasna upotreba transportno-manipulativnih sredstava i opreme. Pre formiranja teretnih jedinica potrebno je poznavati prilagođenost tovarnog prostora, odnosno, unutrašnje dimenzije sredstava (suda višeg nivoa) sa spoljnim dimenzijama jedinica pakovanja (nižeg nivoa), imajući u vidu njihove masene (težinske) karakteristike. Suština je, odabrati onaj nosač koji svojim karakteristikama može da obezbedi optimalno korišćenje u smislu dimenzione koordinacije. Bez obzira na to da li je reč o povratnoj ili nepovratnoj ambalaži, formiranje se vrši kroz nekoliko aktivnosti:

- priprema jedinice osnovnog i/ili viših nivoa pakovanja,
- formiranje jedinice osnovnog pakovanja – pretpakovanje u komercijalnu ambalažu u tzv. primarno pakovanje (prodajno-konzumno),

- formiranje jedinice pakovanja i/ili rukovanja – dodatno pakovanje, tzv. sekundarno pakovanje, u koje se smešta više jedinica primarnog pakovanja,
- formiranje paletnih jedinica tereta – tercijarno pakovanje (transportno, logističko), ukрупnjena jedinica tereta namenjena za bezbedan transport i rukovanje proizvoda sa primarnim i/ili sekundarnim pakovanjem,
- formiranje teretnih jedinica viših nivoa,
- korišćenje pomoćnih sigurnosnih sredstava, mašina za pakovanje i rasformiranje,
- kontrola kvaliteta izvršenog pakovanja.

Navedeni nivoi formiranja imaju međusobnu uslovljenost u smislu modularnosti i zahtevaju međusobno poznavanje u procesu izbora sistema pakovanja. Tehnologija pakovanja na svakom nivou zahteva poznavanje tehničkih sredstava, dobro razumevanje modularnih mera i njihovu koordinaciju kao i sposobnost i obučenosn radnika ukoliko se proces pakovanja ne obavlja mašinski.

### 2.3.1. Opterećenja ambalaže i tereta

Pored osnovnih funkcija ambalaže postoje dve grupe zahteva koje ambalaža treba da ispuni, prvi su značajni za kvalitet izrade i sastav materijala od kojih se izrađuje ambalaža, a drugi su zahtevi ponovne upotrebe. Osnovni cilj je redukcija uticaja spoljnih sila na podnošljivu meru tako da materijal, odnosno roba u ambalaži, ne promeni svoj prvobitni oblik i kvalitet. Za ispunjenje ovih i drugih funkcija, treba poznavati moguća opterećenja tokom rukovanja, koja nastaju u redovnim i vanrednim TPS procesima i koja mogu imati negativan uticaj na visinu nastale štete. Nekoliko fundamentalnih tipova opterećenja mogu se prepoznati kao:

- mehanička, statička i dinamička opterećenja nastala usled udarca, pritiska, vibracija i oscilacija,
- električna (naelektrisanje usled trenja, statički elektricitet),
- klimatska (temperatura, vlaga),
- hemijska (korozija, gasovi),
- biološka (bakterije, buć), radiološka i/ili nuklerana opterećenja.

Najizvesnija su statička mehanička opterećenja, koja nastaju pritiskom prethodne mase na narednu jedinicu tereta ili skladišnu površinu. Najbolja moguća nosivost postiže se ravnomernim rasporedom opterećenja na horizontalnoj površini sa maksimalnim pritiskom od  $10 \text{ kN/m}^2$  odnosno  $1 \text{ t/m}^2$  i usaglašavanjem težišta prethodnih i narednih nivoa pakovanja. Dinamička opterećenja nastaju u transportu i prilikom rukovanja kada jedinica tereta dobija ubrzanje  $9.81 (\approx 10) \text{ m/s}^2 = 1g$ . Kod drumskih vozila ubrzanja respektivno napred/nazad/bočno iznose  $1/0,5/0,5 g$ , kod železnice pri manevarskom radu  $4/4/0,5 g$  u kombinovanom  $1/1/0,5 g$  i pomorskom  $0,3g$  do  $0,4 g/0,3 g$  do  $0,4g/0,5g$  do  $0,8 g$ . Primer, ako je masa jedinice tereta  $0,2 \text{ t/m}^3$ , visina jedinice  $3 \text{ m}$ , dozvoljena visina slaganja  $8 \text{ m}$ , tada je  $P=0,2(8-3)=1 \text{ t/m}^2$  ali ako na nju deluje vertikalna komponenta od  $\pm 0,8 g$ , to znači da opterećenje na oslonj površini varira  $0,2 \text{ t/m}^2$  do  $1,8 \text{ t/m}^2$ . Za specifične zahteve ambalaže postoji mogućnost da se različita opterećenja testiraju u laboratorijama uz pomoć vibracija, klimatskih komora radi tretmana proizvoda toplotom. To su testiranja na zahteve prema karakteristikama gasova, vode pare, aromatičnih materija, mikroorganizmima, svetlosti i dr. Temperatura ( $0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$  i  $273\text{K} = 0.0^\circ\text{C}$ ) i vlaga (apsolutna AH i relativna RH) vrlo su značajni u sistemimu pakovanja. Primer, ako je u skladištu ili

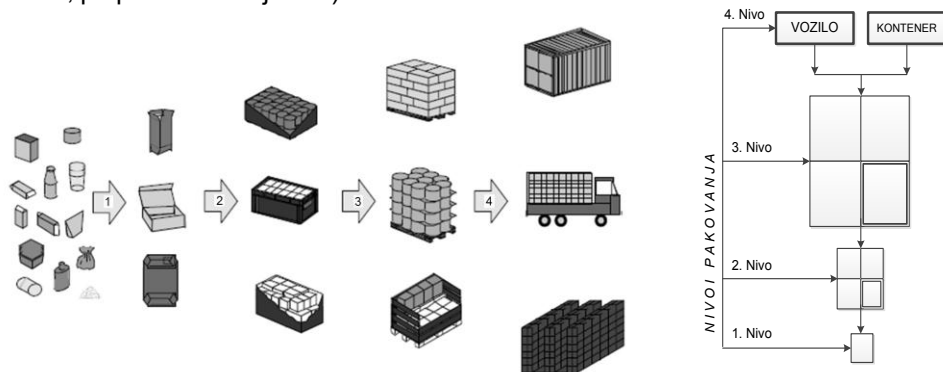
konteneru +20°C i 50% relativna vlažnost, tada je apsolutna vlažnost 8.65 g H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>. Ako je relativna vlažnost veća od 40% može nastati korozija. Pored vlažnosti na koroziju utiču i: kondenzacija usled promene temperature ili promene vlažnosti vazduha, sadržaj soli u vazduhu, prljavština i gasovi u vazduhu (SO<sub>2</sub>), hidroskopske prašine i materijali za pakovanje sa visokim sadržajem vlage, otisci prstiju na metalnim površinama, razni hemijski i biotički uticaji. Postoje razne metode koje se koriste za zaštitu od korozije za vreme isporuke pakovane robe: metod zaštitnog premaza, VCI metoda, unošenje inertnog gasa kod zatvoren prostor i dr.

### 2.3.2. Nivoi i strategije pakovanja

Formiranje jedinice tereta, predstavlja deo tehnološkog procesa proizvodnje, mada po svojoj složenosti može da predstavlja poseban tehnološki proces, gde svaka naredna viša jedinica predstavlja transportni sud za prethodnu a prethodna sadržaju, odnosno teret za narednu. Primenjujući princip ukрупnjavanja velikog broja pojavnih oblika, modularno usklađivanje prolazi kroz nekoliko nivoa formiranja:

- nivo 1. Jedinica osnovnog pakovanja (materijal + ambalaža),
- nivo 2. Jedinica rukovanja ili jedinica pakovanja (više jedinica osnovnog pakovanja),
- nivo 3. Paletna jedinica tereta (više jedinica rukovanja ili jedinica pakovanja),
- nivo 4. Drumsko transportno sredstvo sa ili bez priključnog vozila, deo transportnog sredstva (tovarni i/ili izmenljivi sanduk), transportno sredstvo drugog vida transporta i/ili kontenerska jedinica tereta.

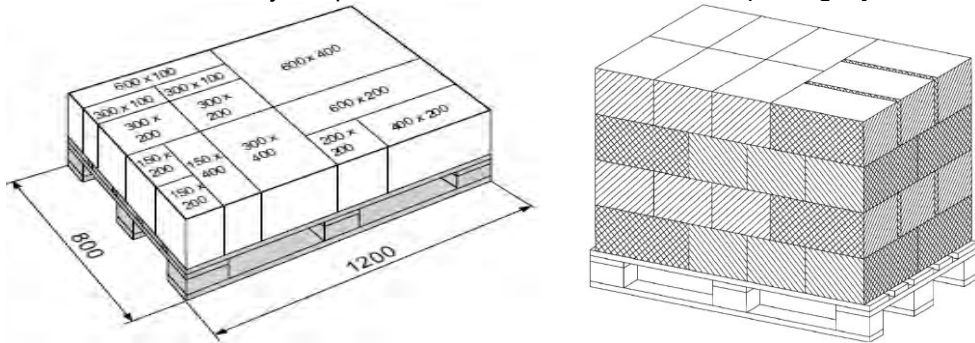
Ukrupnjavanje ima smisla kod dimenziono homogenih i uslovno kod nehomogenih jedinica osnovnog pakovanja, ili ako je njihov broj značajno veliki. Za ukрупnjavanje koriste se sredstva (ravne, boks i specijalne palete, konteneri, vozila i/ili delovi vozila) kao nosači jedinica pakovanja u logističkim sistemima, slika 2.10. Konstruktivno se razlikuju, čime definišu svoje sposobnosti, odnosno funkcije (noseća, obuhvatna sa strane, potpuno zatvarajuća...).



Slika 2.10. Nivoi formiranja jedinice tereta

Modularno usklađivanje predstavlja prvi korak u analizi potencijalnih rešenja u formiranju, koji se bazira na osnovnom modulu spoljne mere ambalaže 600 mm · 400 mm i „modul-faktoru 95“. Dimenzije modula sa slike 2.11, umanjene su spoljne mere jedinice pakovanja i predstavljaju zahteve potrebnih dimenzija transportnog pakovanja. Jedinica osnovnog pakovanja je dimenziono manja od unutrašnjih

dimenzija nosača, te nastaju nepopunjeni prostori, a time i gubici u iskorišćenju, koji su utoliko veći ukoliko je stepen neusklađenosti i neuređenosti pri slaganju veći.



2.11. Načini slaganja modula na ravnu paletu

Pravilnim raspoređivanjem jedinica osnovnog pakovanja i primenom pogodne strategije pakovanja, gubici se mogu minimizirati, a time i maksimalno iskoristiti nosači. Strategija pakovanja je propisan postupak slaganja sa određenim pravilima za raspoređivanje, to jest prostorni raspored jedinica osnovnog pakovanja u ili na nosač (pomoćno transportno sredstvo, paleta ili kontener) sa ciljem maksimalnog korišćenja raspoloživog tovarnog i zapreminskog prostora nosača uz poštovanja propisanih ograničenja. Razlika između šeme pakovanja i propisanih pravila pakovanja je algoritam koji u svakom datom slučaju preko opšteg modela pronalazi najpovoljniji oblik slaganja i izračunava optimalno iskorišćenje.

Kod formiranja jedinice tereta koje se ne mogu dimenziono uskladiti potrebno je poštovanje sledećih opštih ograničenja:

- **uslov celobrojnog sadržaja:** određena jedinica tereta može da sadrži i sme celobrojan ukupan iznos jedinica osnovnog pakovanja,
- **ograničenje mase:** ukupna masa (težina) svih jedinica osnovnog pakovanja koje su stavljene na određeni nosač mora da bude manja od korisne nosivosti tog nosača,
- **dimenziona ograničenja jedinica osnovnog pakovanja:** najveća dimenzija jedinice osnovnog pakovanja mora da bude manja od najveće unutrašnje dimenzije, druga najveća mera mora da bude manja od druge najmanje unutrašnje dimenzije i najmanja mera mora da bude kao najmanja mera nosača.

Kada je nosač tereta, to jest jedinica tereta otvorena bočno ili sa gornje strane, obavezno je poštovanje drugog dodatnog dimenzionog ograničenja. Spoljne mere formirane jedinice tereta ne smeju da prekorače sopstvene određene maksimalne dimenzije. Maksimalna visina do koje se sme slagati kod poluotvorenih nosača, kao što su boks palete i razni oblici kontenera, konstruktivno je određena. Za ravne nosače tereta, visina se može uslovno odabrati tako da ne dođe do prekoračenja nosivosti nosača i vangabarita. Pored visine, dužina i širina palete mogu da budu ograničenja kod optimizacije pakovanja.

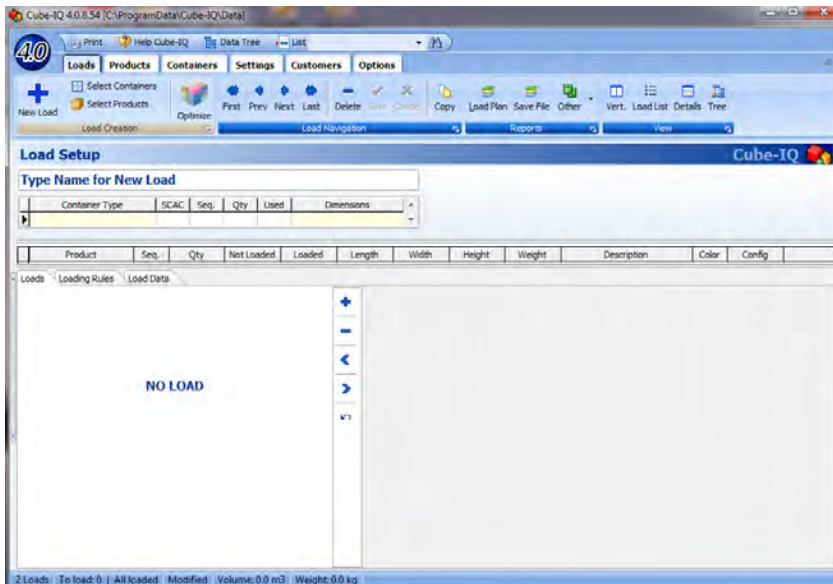
Pored navedenih, u praksi se pojavljuju i druga specijalna ograničenja koja se odnose na pojedine oblike jedinica osnovnog pakovanja ili jedinice tereta:

- **ograničenja pri slaganju** — jedinice osnovnog pakovanja zbog nosivosti ambalaže i ili opasnosti od prevrtanja pri slaganju ne mogu da pređu dozvoljenu granicu slaganja po visini,

- **zadata visina** – pojedine jedinice osnovnog pakovanja u cilju eliminisanja, mogućnost da dođe do oštećenja robe zbog neadekvatnog položaja, ulovljavaju slaganje tako da jedna strana pakovanja uvek bude gornja čime nastaju ograničenja po visini, ali i određeni gubici u odnosu na neko optimalno korišćenje tovarnog prostora,
- **ograničenja kod raspoređivanja** – pojedine jedinice tereta osnovnog pakovanja pri raspoređivanju, na paleti moraju da budu okrenute u određenom pravcu, ili ka pristupnoj strani da bi se mogao očitati bar kod,
- **bezbednosni zahtevi** – u određenim situacijama kada postoji opasnost od prevrtanja ili klizanja, jedinice osnovnog pakovanja zahtevaju poseban metod slaganja ili preklapanja kao kod zidanja, čime se znatno smanjuje rezik od nepoželjnih posledica.

Pored opisanih ograničenja u praksi se pojavljuje potreba za poštovanjem tzv. tehničkih ograničenja kod slaganja ili skladištenja profila, dugih ili kabastih tereta, širine prolaza i manipulacije.

Zadaci optimizacije pakovanja pripadaju višedimenzionalnom problemu za koje danas postoje veoma sofisticirani optimizacioni programi, kao što su: *Cube-IQ 4.0 Load Planning software*, *Cape Pack*, *Load Planner*, *Quick Pallet Maker* i dr. Primena programa za optimizaciju pakovanja ograničena je na operativni nivo i daje optimalno rešenje samo za posmatrani pojedinačni slučaj. Program *Cube-IQ 4.0 Load Planning software*, licenciran je za potrebe obrazovanja, kojim se vrši optimizacija slaganja, prikazuju 2D i 3D planovi opterećenja po nivoima (etažama) i ukupno, osovinsko opterećenje drumskih i železničkih vozila, procentualno iskorišćenje nosača, prikaz neiskorišćenog prostora za jednu vrstu, ili različite jedinice tereta i dr. U početnom meniju biraju se nosači (*Load*) i jedinice tereta (*Products*) sa njihovim svojstvima, slika 2.12.



Slika 2.12. Početni meni program *Cube-IQ 4.0*



Mogućnosti menija nosača su: EPAL palete, 20", 40" , 48", 50" i 53" konteneri, prikolice i poluprikolice. Nakon unosa dimenzija, masa i drugih ograničenja opcijom *Optimize*, program vrši formiranje šeme mogućih opterećenja. Program daje moguća osnovna i varijantna rešenja. Opcijom *View* dobija se celokupan pregled optimalne varijante slaganja.

Optimalan broj složenih modularnih jedinica na standardne ravne palete dimenzija 1200 mm · 800 mm i 1200 mm · 1000 mm, dat je u tabeli 2.1. Iskustva su pokazala da je svako jedinično pakovanje u *dvodimenzionalnom modul sistemu* kvalitetno pakovano ukoliko je obezbeđeno iskorišćenje u granicama 93% do 100% [11]. Poznavanje broja složenih modularnih jedinica na palete je važan indikator performanse korišćenja vozila, skladišta, manipulativne površine.

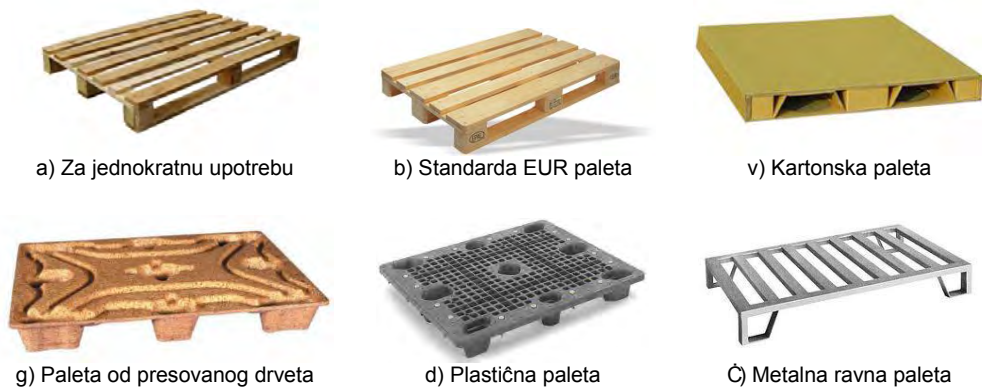
Tabela 2.1 Dimenzije spoljnih modula složenih na paleti

		Standardna paleta 1200 mm · 800 mm i paleta 1200 mm · 1000 mm (br. komada)						
Dimenzija pakovanja /mm/	600 · 100	16	600 · 133	12	600 · 200	8	600 · 400	4
		20		15		10		5
	300 · 100	32	300 · 133	24	300 · 200	16	300 · 400	8
		40		30		20		10
	200 · 100	48	200 · 133	36	200 · 200	24	200 · 400	12
		60		45		30		15
	150 · 100	64	150 · 133	48	150 · 200	32	150 · 400	16
		80		60		40		20
	120 · 100	80	120 · 133	60	120 · 200	40	120 · 400	20
		100		75		50		25

Za primenu mehanizovanih i automatizovanih sistema u tokovima materijala, neophodna je usaglašenost tehnoloških zahteva jedinica rukovanja i specifičnih zahteva različitih transportno-manipulativnih sredstava, zahvatne opreme i nosača, što je po pravilu kompleksan optimizacioni problem.

### 2.3.3. Formiranje ravne paletne jedinice tereta

Paleta je „noseća podloga koja poseduje tovarnu površinu za slaganje tereta“ i konstruktivno je prilagođena viljuškastim zahvatnim uređajima za vreme TPS procesa. U upotrebi je nekoliko stotina tipova različitih paleta, po dimenzijama i obliku, materijalu od kojih se proizvode i eksploatacionim karakteristikama, što je posledica različitih standarda koji se koriste u svetu ali i različitih zahteva koji se generišu u logističkim sistemima. Najviše se koriste ravne industrijske EUR 2 i 3 (1200 mm · 1000 mm · 144 mm, mase 30 kg), EUR 6 (800 · 600 · 144 mm, u trgovini *Diseldorf* paleta), u transportu EUR1 (1200 mm · 800 mm · 144 mm, mase 25 kg) u svemu prema objavama UIC-a 435-1 i 435-2. Neki tipovi paleta prikazani su na slici 2.13.



Slika 2.13. Tipovi ravnih paleta

U svetu se generalno koriste tri veličine paleta, u Severenoj Americi 48" · 40" (1219 mm · 1016 mm), u Aziji 1200 mm · 1000 mm, 1100 mm · 1100 mm i 1200 mm · 800 mm, u Evropi 1200 mm · 800 mm i 1200 mm · 1000 mm. Postoje i druge dimenzije (600 mm · 400 mm, kontenerske 1140 mm · 1140 mm i 1140 mm · 760 mm od presovanog drveta, 1800 mm · 1200 mm, 2400 mm · 1200 mm i dr.

EPAL EUR palete imaju sledeću nosivost:

- 10 kN (nominalna nosivost), ako je teret proizvoljno raspoređen po površini palete,
- 15 kN, ako je teret raspoređen ravnomerno po površini palete (13 kN za nerazmenljivu paletu 1100 mm · 1100 mm) sa približnim poklapanjem težinskih linija,
- 20 kN, ako je teret u kompaktnom obliku sa celom površinom leži na celokupnoj površini palete [46].

Na osnovu strategije i mogućih ograničenja, proces formiranja ravne paletizovane jedinice tereta sprovodi se ručno, za neusaglašene modularne dimenzije, ili u slučaju velikog broja geometrijski jednakih jedinica pakovanja na mašinama za paletizaciju (paletizerima) putem tzv. *generisanih šema pakovanja*. Direktno postavljanje jedinica pakovanja na paletu vrši se optimalnim formiranjem osnove slaganjem „jedan pored drugog – komada na komad“, sagledavanjem optimalnog iskorišćenja površine palete a zatim i celog sloja.

Ako su jedinice terata različitih masa, prvo se postavljaju masenije (teže), pa onda lakše, bez obzira da li se slažu paralelno (duža strana sa dužom), ili unakrsno (kraća sa dužom). Stabilnost se postiže međusobnim ukrštavanjem jedinica pakovanja unutar slojeva složenih na paleti. Za povećanje stabilnosti i sigurnosti, koriste se različita pomoćna sredstva za konsolidaciju paletnih jedinica tereta, kao što su: pričvršćeni ili nepričvršćeni paletni drveni nastavci (a), metalni (b i c), plastični (d), kartonski (e) ili kombinovani (f). Njihova osnovna funkcija jeste prijem bočnih opterećenja, održavanje kompaktnosti i sigurnosti u transportu, slika 2.14.



a) Ugaoni nastavci sa drvenim prstenovima i poklopcem



b) Ugaoni nastavci sa metalnim dr̄ aćima



c) Metalni nastavci



d) Plastićni nastavci



e) Nastavci od specijalnog kartona



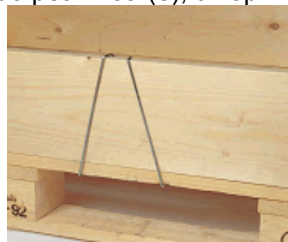
f) Kombinovani nastavci

Slika 2.14. Tipovi paletnih nastavaka

Uz paletne nastavke često se koriste razni dodaci, kao Őto su: pocinkovani paletni granićnici za slaganje u viŐe nivoa (a), poveziivaći palete i nadgradnje (b), polietilenski ugaoni podloŐci za slaganje paleta u viŐe nivoa (c), polistirenski ugaoni Őtitnici sa ili bez poklopca za potpunu sigurnost od samopokretanja (d), separatori za razdvajanje sloŐ enenih paleta do pet nivoa (e), uklopivi plastićni dodaci (f), slika 2.15.



a) Paletni granićnici



b) Dodatak za povezivanje – prićvrsnica



c) Ugaoni podloŐci



d) Ugaoni Őtitnici



e) Separator

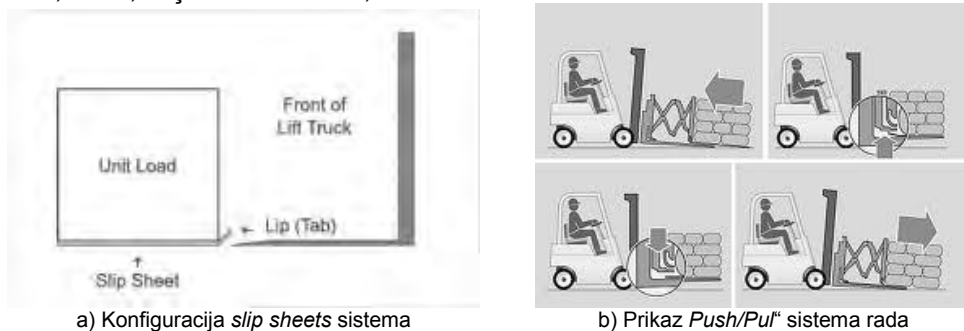


f) Uklopivi plastićni dodaci

Slika 2.15. Dodaci za formiranje paletizovane jedinice tereta

Visinu paletne jedinica određuje više faktora: profili i visine tovarnog prostora vozila (drumska 2500 mm do 3500 mm, željeznička kola 2270 mm do 2500 mm i njihove visine vrata 2000 mm do 2150 mm, vodna 3500 mm/5000 mm do 7000 mm), prostor za skladištenje, količina narudžbe, rok trajanja proizvoda itd. Konkretni propisi ne postoje zbog delimično kontradiktornih zahteva, ali se prema [DIN 55510, CCG I i CCG II] kao i EPF-u (*European Packaging Federation*) radi pouzdane stabilnosti, preporučuje ukupna visina od 1050 mm (uključujući visinu palete, 144 mm do 150 mm). Radi boljeg iskorišćenja tovarnog prostora transportnih sredstava predviđa se dopušteno formiranje 1600 mm do 1950mm i smatra se, da maksimalna visina slaganja u dva nivoa može da bude 1800 mm, ukoliko su manje mase jedinica rukovanja. Formiranje preko 1050 mm zahteva dodatna sredstva za pakovanje i mere obezbeđenja. Svaka manipulacija sa deformisanom paletnom jedinicom tokom transporta stvara dodatni rizik.

Postoje i drugi tipovi paleta i oblika formiranja jedinica tereta. U industrijskim preduzećima, koriste se ravne palete sa kotrljajućom podlogom za rad u skladištima i proizvodnji. Ove palete nisu standardizovane, ali su pogodne za manipulaciju sa drugim pomoćnim sredstvima. U vazдушnom saobraćaju koriste se palete od aluminijuma, koje su na krajevima tako oblikovane da se na njih mogu pričvrstiti druga pomoćna sredstva za osiguravanje. U poslednje vreme dosta se koriste tzv. *slip-sheets* podloge od papira, ili termoplastičnih materijala (*Polietilen HDPE/LDPE, Polypropilene, HIPS...*) za manipulisanje „paletnih jedinica bez paleta“. Podloga se stavlja na skladišnu površinu ili na paletu, proizvod na podlogu, nakon čega viljuškar zahvata podlogu sa složenim proizvodima. Za manipulaciju koriste se viljuškari sa specijalnim rotacionim kleštima za stezanje, privlačenje i odlaganje pune podloške, čije su nosivosti 16 kN do 21 kN, slika 2.16. Debljine zidova podloge su 0,6 mm do 5,0 mm, dužine do 200 mm, različitih širina i oblika.



Slika 2.16. Sistem Slip Sheets

Primenom ovog sistema, ostvaruju se: niži troškovi pakovanja (od 10% do 30%), jeftinija nabavka od klasičnih paleta (80%), uštede u transportu do 15%, uštede u skladišnom prostoru, jer 1000 *Slip Sheets* podloga  $\approx 1 \text{ m}^3$  a 1000 paleta  $\approx 70 \text{ m}^3$  ili 1000 *Slip Sheets* zauzima prostora 13 ravnih paleta, manja zapremina po jedinici tereta za 5% od EUR palete, nosivost do 45 kN, povećana efikasnost rada osoblja, bespovratnost ambalaže, 100% reciklaža, manje dodatnih aktivnosti i dr. Srbija ne pripada *ERR – Evropskom Paletnom Pulu* i ne vrši razmenu ravnih paleta sa inostranstvom i prevoznicima po principu *komad za komad*. Broj paleta između sebe regulišu pošiljalac i primalac.

### 2.3.4. Mašinsko formiranje ravno paletizovanih jedinica tereta

Pored uređaja za ručno formiranje, koristi se mašinsko formiranje i rasformiranje ravnih paletizovanih jedinica, koje obuhvata nekoliko tehnički poluautomatizovanih, ili automatizovanih sistema:

- mašine za automatsko ili poluautomatsko formiranje paletizovanih jedinica tereta,
- robotizovane mašine za formiranje paletizovane jedinice tereta,
- mašine za rasformiranje paletizovanih teretnih jedinica,
- modularne mašinske linije.

Ovakvi sistemi koriste se u onim industrijama gde je masovna proizvodnja sa zahtevima efikasnosti i automatizacije, nemogućnost ili smanjena potreba za fizičkim radom, povećana bezbednost na radu, posebna zaštita proizvoda i dr.

Mašine za formiranje paletizovanih jedinica tereta predstavljaju u suštini polu-automatizovan, ili automatizovan sistem za paletizaciju. Poluautomatski sistemi su modularno konstruisani i vrlo su ekonomični u sistemima pakovanja i sastoje se od: poluautomatskog paletizera, dodavača praznih paleta, mašine za obmotavanje, mašine za merenje i etiketiranje i paletnog rotatora, koji služi da formiranu paletnu jedinicu premesti u položaj pogodan za dalju manipulaciju, slika 2.17a.



a) Konvencionalan polu-automatski sistem



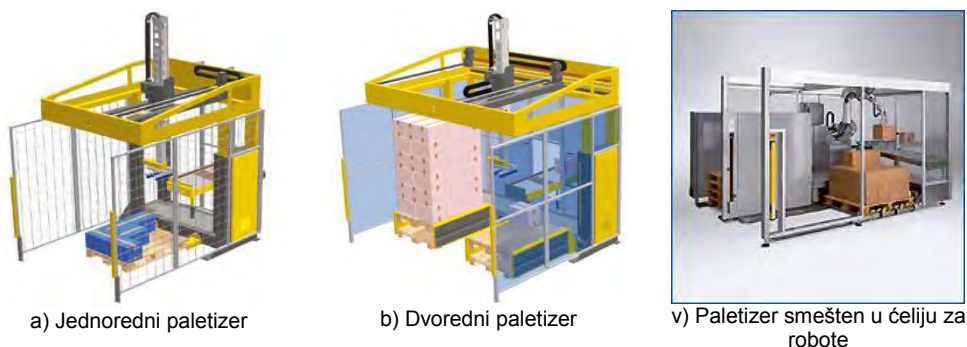
b) Automatski robotski sistem



v) Automatski portalni sistem

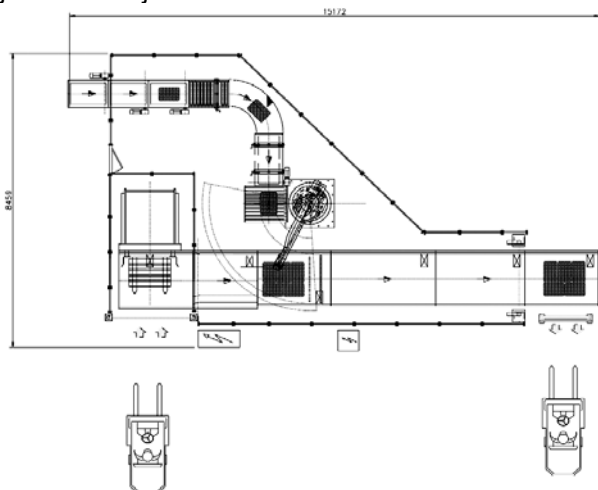
Slika 2.17. Sistemi za formiranje jedinica tereta

Automatski sistemi kompletno formiraju jednu po jednu jedinicu tereta u onoliko nivoa koliko je zahtevano programom (2.17b). Istovremeno mogu formirati dve do tri, iste ili različite jedinice tereta, kako po načinu slaganja tako i po oblicima jedinice pakovanja u zavisnosti od broja postavljenih linija. U zavisnosti od veličine jedinica koje se pakuju, postižu kapacitet i do 5.000 jedinica pakovanja ili 90 paleta/sat. Kod manjih količina, ali većeg spektra jedinica pakovanja, koriste se robotizovani sistemi koji zahvataju komade pojedinačno, imajući kapacitet i do 600 jedinica po satu. Sistemi za formiranje paletne jedinice tereta sa robotima mogu da budu izgrađeni u vidu portala od 10 m širine do 100 m dužine (2.17v). Paletizeri su u suštini konvencionalne ili robotizovane mašine, koje manipulišu pojedinačnim masama jedinica pakovanja 30 kg do 400 kg, operativnom brzinom 10 cikl./min, odnosno paleta u minuti, dimenzijama paleta 1200 mm · 800 mm i 1200 mm · 1000 mm, sa mogućnošću rada na jednoj ili dve palete, slika 2.18.



Slika 2.18. Prikaz paletizera

Paletizeri u obliku elektromehaničkih ili antropomorfnih robota imaju četiri stepena slobode kretanja i mogućnost 800 cikl./na sat do 2400 cikl./na sat. Princip rada tipičnog paletizera sastoji se od: postavljanja ispravne prazne palete prema podnom fiksatoru, zahvatanja pojedinačnih jedinica pakovanja ili sloja (grupno složenih jedinica pakovanja), podizanja na prenosnu visinu, prenos do mesta postavljene palete, odlaganje i slaganje na paletu prema programski utvrđenom redosledu na prvom nivou, povratak na početni položaj radi zahvatanja nove jedinice pakovanja (ili sloja) do formiranja prvog nivoa na paleti. Postupak se ponavlja do potpunog formiranja, odnosno slaganja na dozvoljenu visinu.



Slika 2.19. Tipičan layout za robotni paletizer

U intralogistici, roboti se koriste u različitim domenima od razvrstavanja, pakovanja, prenosa do određenog mesta i odlaganja. Najjednostavniji su linearni roboti čija zahvatna ruka funkcioniše u jednoj ravni. Ako je zahvatna ruka postavljena na površinskom postolju, radi proširenja prečnika delovanja, onda je rad na površinskom portalu, slika 2.19. Pri tom robot menja poziciju svojim horizontalnim i vertikalnim pomeranjem duž postolja. Novi multifunkcionalni fleksibilni roboti SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) sa obrtnom, odnosno savijajućom zahvatnom rukom sa tri do šest osovin, okreću se do 360°. Zbog svojih radnih brzina roboti su veoma efikasni u procesima rukovanja ili paletizaciji.



Tehnologija rada mašina za pakovanje, koje su podržane računarskim softverima može se menjati *online*, pre ili za vreme procesa. Imaju visoku preciznost i kapacitet koji zavisi od postojećeg *layout*-a proizvodnje, mogu se prenositi i prilagođavati različitim proizvodnim sistemima i pojavnim oblicima osnovnim jedinicama pakovanja. Da bi se osiguralo efikasno korišćenje upravljanih mašina za paletizaciju, uzajamno moraju biti usklađeni radni takt proizvodnje, odvoz-dovoz sredstvima unutrašnjeg transporta, čoveka i mašine. Imaju vrlo visok stepen zaštite IP 54 i koriste kompozitne materijale.

U procesima formiranja određenih jedinica rukovanja, vrši se dodatno osiguranje od rasturanja i stabilnosti radi postizanja potpune sigurnosti u transportu. Postoji nekoliko sistema a najviše se koriste:

- mašine za horizontalno obmotavanje proizvoda streč folijom i streč trakama,
- mašine za potpuno pokrivanje i hermetičku zaštitu (*Stretch Hood*),
- mašine za povezivanje trakama (*Strapping machines*).

Mašine za horizontalno obmotavanje streč folijom i streč trakama (*LLDPE-Stretch Film*), poluautomatizovane su mašine sa elektronskom kontrolom i automatskim radnim ciklusom, robotizovane ili ne. Koriste se za potpuno uvijanje ili bandatiranje paletizovanih jedinica tereta radi obezbeđenja kompaktnosti složenih proizvoda od rasturanja i samopokretanja, slika 2.20a i b. Kapacitet ovakvih mašina je 10 do 35 paleta/sat (spiralno), 70 do 100 pal/sat (rotiranjem robe) a do 150 pal./sat (rotiranjem iste učee folije oko robe). Maksimalne dimenzije palete 1200 mm · 1200 mm, maksimalna visina obmotavanja do 2600 mm, dozvoljena masa palete 2000 kg, širina folija 250 mm do 500 mm. Obmotavanje i sečenje folije je automatsko.



a) Mašina sa obrtnim postoljem



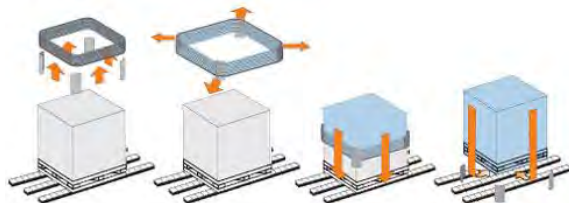
b) Mašina sa obrtnim mostom



c) Izgled obmotane palete

Slika 2.20. Mašine za obmotavanje proizvoda folijom

U zadnjih nekoliko godina razvijen je novi sistem za zaštitu jedinica pakovanja sa apsolutno voodootpornom i nemetaliziranom folijom, koja potpuno obuhvata paletizovanu jedinicu tereta u horizontalnom i vertikalnom smeru, što znači da je jedinica pakovanja horizontalno zategnuta vertikalno pritisnuta na dole, slika 2.21. Sistem je veoma koristan kada je reč o nestandardnim oblicima i veličinama palete. Raspon pokrivanja 800 mm · 600 mm do 2400 mm · 1200 mm. Kapacitet mašine je do 150 pal/sat.



Slika 2.21. Automatski sistem vertikalne zaštite

Proces pakovanja počinje postavljanjem jedinice rukovanja na praznu paletu. Transport do mašine za pakovanje može biti automatski, pokretnom trakom ili donošenje viljuškarom. Kada je paleta postavljena na pokretno postolje, elektronski senzor meri visinu jedinice tereta (sve ostale njene dimenzije), na osnovu kojih automatski odmotava sa rolne potrebnu količinu folije, zavari je na vrhu, seče i zahvata sa četiri hvataljke. Folija se rasteže i navlači preko palete, sve do potpunog obuhvatanja. Hvataljke puštaju foliju koja se automatski skuplja i poprima oblik palete, čvrsto stežući jedinice pakovanja čime je formiranje završeno.

Mašine za povezivanje metalnim ili plastičnim trakama koriste se za „delimična pakovanja“ kojima se obavljaju i povezuju snopovi plastičnih cevi, rolne tekstila, tepih rolne, drvene lajsne, daske ili obične kartonske kutije. Trake su širine 8 mm do 45 mm, prečnika rolne 220 mm x 190 mm do 407 mm, dužine 2500 mm do 6000 mm, kapacitet mašina 15 do 35 kutija/min ili 1 paleta/min.



a) Fleksibilni robotni



b) Protočno sistemski



c) Kombinovani

Slika 2.22. Prikaz mašina za depaletizaciju

Nakon transporta i isporuke, nastaje proces istovara i depaletizacije jedinice tereta, odnosno nastaje skidanje jedinica pakovanja sa palete. Različitošću jedinica pakovanja uslovljava određeni tip depaletizera. Najčešće su u upotrebi fleksibilni robotski (2.22a), protočno sistemski (2.22b) i kombinovani paletizer-depaletizer sa dve funkcije (2.22c). Najčešća primena je kod depaletizovanja staklenih boca (3000 do 4000 kvadratnih i do 6500 cilindričnih oblika), PET boca, balona 30 kg do 50 kg grupno složenih (do 150 karton/sat), plastičnih gajbi (do 500 kom/sat), papira, u petrohemijskoj industriji. Depaletizatori skidaju jedinice pakovanja po nivoima (slojevima) grupnog pakovanja. U zavisnosti od vrste jedinice pakovanja, mogu biti namenjeni za komadnu robu ili rasutu (metalnu) kada se koristi magnetni depaletizator.

### 2.3.5. Formiranje boks paleta i ostalih jedinica tereta

Boks paleta svojim gabaritnim karakteristikama već predstavlja formiranu paletizovanu jedinicu tereta (1240 mm · 835 mm · 970 ± 0,5mm). Mogu biti rešetkaste za krupnije neupakovane proizvode, ili sa punim zidovima za sitnije robe u rasutom stanju, slika 2.23. Kod boks paleta pretovar robe vrši se ručno.



a) Standardna boks metalna



b) Boks sandučasta paleta  
drvena paleta



c) Sklopiva žičana paleta

Slika 2.23. Tipovi boks paleta



Postoje drugi različiti oblici nosača materijala – robe, kasete, kade, mali konteneri (boks kontenerske kutije) koji se na osnovu svoje geometrije i tehnoloških pogodnosti koriste u intralogističkim sistemima i predstavljaju najrasprostranjenija pomoćna sredstva, gde su glavni nosioca protoka materijala u proizvodnim procesima, slika 2.24. Različiti su dimenzija, sa ili bez točkova, sa poklopcem ili bez, slotove ili ne, metalne ili plastične, za mehaničko ili ručno rukovanje. Osnovna svojstva, kao što su dimenzije, mase i materijali od kojih se proizvode standardizovani su kroz ISO DIN EN 13199-1. Osnovne karakteristike iznose: mase 5 kg do 15kg, zapremine 5 l do 1000 l, nosivosti 0,5 kN do 45 kN, materijal izrade PP, dimenzija (l · b · h) 1200 mm · 1000 mm · 760/915 mm, 1200 mm · 810 mm · 670/720 mm, 1200 mm · 1000 mm · 1200/1350/1.450 mm, 200/300 mm · 400/600 mm · 140/280 mm. Rezistentni su na većinu ulja, kiselina i rastvora i toplotno postojani za temperature između -20°S do 100°S.



Slika 2.24. Paletni boks plastični konteneri

Rukovanje se obavlja horizontalno i/ili vertikalno automatizovano i postoje posebni otvori ili integrisane drške za nošenje. Posebnu primenu imaju u automobilske industriji gde se uz pomoć konvejera ili trakastih transportera koriste za neprekidni protok materijala. Zbog čestih promenljivih tehnoloških zahteva, ne mogu se opletljivati, menjati boju ili na neki drugi način menjati svoja svojstva, izuzev za primenu bar koda. Srbija ne pripada Evropskom paletnom pulu (EPP) i ne vrši razmenu standardnih ISO boks paleta sa inostranstvom.

### 2.3.6. Formiranje jedinica tereta višeg nivoa

Najviši nivo (Nivo 4.) predstavljaju kontenerska jedinica tereta, drumsko transportno sredstvo sa priključnim vozilom ili bez njega, deo transportnog sredstva (tovarni i/ili izmenljivi sanduk), transportno sredstvo drugog vida transporta, ili kasete – posebni oblik jedinice tereta. Sva ova sredstva imaju standardizovane dimenzije utovarne površine tako da je procedura u vezi sa formiranjem identična kao i kod paleta ali je stepen ukрупnjavanja znatno veći.

U logistici, najuniverzalnije i najviše korišćeno sredstvo je ISO kontener. Razlikuju se po zapremini (mali, srednji, veliki), po vrsti materijala (drveni, metalni, gumeni, plastični, od legura), po konstrukciji (klasični, sklapajući, rasklapajući, s drvenim i metalnim oblogama, samoistovarajući, s otvorenim krovom ili stranicama, s nogarima i dr., po mestu korišćenja (za nacionalne prevoze, međunarodne), po vrsti termičkih uređaja (izotermički, s agregatima na sopstveni pogon za rashlađivanje, s mogućnošću snižavanja temperature pomoću azota i termički za zagrevanje i dr. Takođe postoje različiti tipovi i gabaritne karakteristike tovarnih i izmenljivih sanduka, drumskih vozila i vozila ostalih vidova prevoza u koja se toware jedinice pakova-

nja i paletizovane jedinice tereta tako da je broj mogućih varijanti slaganja jako veliki. U domenu vazdušnog saobraćaja, koriste se posebni oblici paleta i kontenera, koji se nazivaju ULD (*Unit Load Device*). Konteneri za vazdušni prevoz prema tipičnim prostorima aviona dele se na dve vrste: MDC (*Main-Deck-Container*) i LDC (*Lower-Deck-Container*). MDC su praougaoni ili sa gornje strane imaju kosine prilagođene trupu aviona, dok LDC imaju sa donje strane kosine prilagođene trupu aviona.

The screenshot displays the 'Load Setup' window in Cube-IQ 4.0. It features a 'Sample Load' table and a 'Load Data' panel. The 'Sample Load' table is as follows:

Container Type	Sec	Qty	Ulded	Dimensions
20' Dry Cargo	1	1	1	389.3 x 233 x 238.8

Product	Sec	Qty	Net Loaded	Loaded	Length	Width	Height	Weight	Description	Color	Config
Prod 1	1	27	1	26	35	30.01	124.99	0.45		Green	
Prod 2	1	27	0	27	35	60.01	115.01	0.45		Blue	
Prod 3	1	27	0	27	99.99	99.99	115.01	0.45		Yellow	
Prod 4	1	27	5	22	35	80.01	115.01	0.45		Red	

The 'Load Data' panel shows the following statistics for container '1':

- Containers: 20' Dry Cargo
- # Units/Blocks/Pallets: 102 / 12 / 4
- Loaded volume: 29.39 m<sup>3</sup> (88.90 %)
- Loaded weight: 96.27 kg (0.00 %)
- Gross weight: 96.27 kg
- Length used: 385.06 cm (99.28 %)
- Id: [ ] Locked

The 3D visualization shows a container with dimensions 229 (width) and 309 (length). The load is composed of blocks in green, blue, red, and yellow, arranged in a specific pattern within the container.

Slika 2.25. Prikaz početne i krajnje stranice softvera Cube-IQ 4.0

Programom *Cube-IQ 4.0 Load Planning software* lako se može odrediti optimalan raspored slaganja, opterećenja i procentualno iskorišćenje nosača. Kao i kod slaganja na palete, biraju se dimenzije kontenera opcijom (*Load*) i jedinice tereta (*Products*) sa njihovim svojstvima. Nakon unosa dimenzija, masa i drugih ograničenja program vrši formiranje šeme mogućih opterećenja, slika 2.25. Program daje moguća osnovna i varijantna rešenja.

U tabeli 2.2 navedeni su stepeni iskorišćenosti površine što ukazuje da je kod nekih nosača neophodna bolja međusobna usklađenost modularizacije, ili njegova promena u smislu iznalaženja optimalnog rešenja, što je u tehničkom smislu neizvodljivo, upravo zbog velikog broja postojećih kontenera i vozila koja se nalaze u eksploataciji, tako da skorije rešenje ovog problema nije verovatno moguće, naravno, izuzev zamene nosača. Uočljivo je, da su manja površinska iskorišćenja u *dvodimenzionalnom modul sistemu* jer kod nekih nosača nisu obezbeđene granice 93 do 100%.

U cilju sigurnog i bezbednog rada sa komadnim jedinicama tereta na ovom nivou, postoje opšti zahtevi pravilnog tovarenja:

- sve što se utovara mora biti upakovano i složeno, tako da se izbegnu oštećenja usled dinamičkih uslova pri rukovanju i transportu,
- prazne prostore, kako u podužnom tako i poprečnom pravcu, ispuniti ili na drugi način osigurati vezivanjem pojedinačnih i/ili većeg broja komada u blokovima

(kaiševima, elastičnim trakama, ťicom, prstenovima), umetanjem (drvene pregrade, stiropora, vazdušnih jastuka, presovanog kartona, stare ambalaťe, gume) ili kajlovanjem (vijcima, podmetačima, ušicama, ekserima), u zavisnosti od mase koja se obezbeđuje,

- ukupna masa svih utovarenih jedinica tereta ili pakovanja ne sme prekoračiti dozvoljenu neto masu, odnosno dozvoljenu bruto masu umanjenu za veličinu tare,
- jedinice tereta ili pakovanja, što ravnomernije rasporediti po površini kako ni jedan deo kontenera ili vozila ne bi bio prekomerno opterećen, što se posebno odnosi na stranice i vrata,
- teťišta treba da budu što pribliťnija, dovoljno nisko i u sredini, radi obezbeđenja stabilnosti i sprečavanja preteranog naginjanja, naprezana ili preopterećenja neke od osovina i dr.

Tabela 2.2. Broj sloťenih paleta po vrstama sredstava i njihovo površinsko iskorišćenje

Unutrašnje dimenzije (mm) ± 5-10 mm			Br. paleta 1200-800	%	Br. paleta 1200-1000	%	Br. paleta 1100-1100	%
Kontener 20'	2330	5867	11	77	10	88	10	88
Kontener 40'	2330	11988	24	82	21	90	20	87
Prikolica	2440	13020	32	97	26	98	22	84
Izmenljivi sanduk	2435	7150	17	94	14	96	12	83
Izmenljivi sanduk	2435	6250	15	95	12	95	10	79
Izmenljivi sanduk	2435	7450	18	95	14	93	12	80
Poluprikolica	2420	12000	30	99	24	99	20	83
Poluprikolica	2420	16500	41	98	32	96	30	91
Poluprikolica	2420	18750	46	97	36	85	34	91
Zatvorena ťel. kola(Gs)	2700	9240	23	88	18	86	16	77
Zatvorena ťel. kola(Gbs)	2600	12700	30	87	24	87	22	81
Otvorena ťel. kola(E)	2760	8760	21	83	16	79	14	70
Plato ťel. kola (Kgs)	2750	12500	30	83	24	83	22	77

Iz navedenog proizilazi da treba formirati kompaktni, stabilan i po mogućstvu jednako visok teret, koji se neće pomerati ni u jednom pravcu kako ne bi došlo do promene opterećenja.

## 2.4. KRITERIJUMI ZA IZBOR I POREĐENJE SISTEMA PAKOVANJA

Kombinovanjem različitih sredstava za pakovanje mogu se zadovoljiti skoro svi zahtevi neophodni za pakovanje i zaštitu određenog materijala, odnosno raznovrsne robe. U tabeli 2.3 dat je prikaz međuzavisnosti najčešće korišćenih sredstava sa osnovnim funkcijama za pakovanje sa ocenom povoljnosti za zaštitu od različitih ključnih uticaja za uobičajene zapreminske klase ambalaťe koje se nalaze u masovnoj primeni:

- mehaničkih (moguće štete od: deformacija, lomova, ulegnuća ili pukotine...),
- klimatskih (oštećenja kao npr. širenje usled toplote, gubici kroz isparenje, mrlje od vlage ili ugrumuljavanje...),
- biološki (štete nastale zbog napada mikroorganizama...).

Tabela 2.3. Vrednovanje pogodnosti razliĉnih sredstava za pakovanje u odnosu na zaštitnu funkciju

Kriterijumi za obezbeđenje jedinice tereta				
Materijal za pakovanje i vrsta ambalaže	Zapremina (Litar)	Zaštitna funkcija		
		Mehaniĉki	Klimatski	Biološki
Papit				
Kutija	0,5	●	○	○
Vreća zatvorena	25	○	○	○
Torba	5	○	○	○
Tacna	-	○	○	○
Drvo				
Kovĉeg	250	●	○	○
Bure	250	●	○	○
Sanduk	150	●	○	○
Vaza	50	○	○	○
Staklo				
Tegla	5	○	○	●
Flaša	1	○	○	●
Metal				
Sanduk	200	○	○	○
Bure	200	●	○	●
Konzerva	5	●	○	●
Tuba	1	○	●	●
Plastuka				
Sanduk	150	●	○	○
Dĉak	200	○	○	●
Bure	200	●	●	●
Torba	10	○	○	●
Doza	5	●	○	●
Tuba	1	○	○	●

Papirna ambalaža ima dobre i loše strane zaštitne funkcije, dok je sasvim drugaĉija situacija kod metala, drveta i plastike, sa aspekta mehaniĉkih uticaja. Diferenciranje ocena vrši se za svaki materijal i sredstvo pakovanja, njegovu zaštitnu funkciju u zavisnosti od veliĉine zapremine, po naĉelima ekspertne metode: dobro (● - povoljno), uslovno dobro (○) i loše (○-nepovoljno) vodi ka potencijalnom rešenju. Ovakav pristup svakako da ne moĉe da zameni detaljniju analizu efektivnosti, ali moĉe da da smernice za dalju analizu.

U tabelama 2.4 i 2.5 dat je uporedni prikaz tri najviše korišćena naĉina obezbeđenja jedinice tereta i to vezivanjem trakama, termoskupljajućom i streĉ folijom. Ova

pomenuta tri postupka nisu podjednako dobra za sve oblike i načine rukovanja materijalima proizvodima, odnosno jedinicama tereta. Termoskupljajuća folija daje najbolju zaštitu i ima najkvalitetnija svojstva sa aspekta rukovanja. Nesumnjivo da zbog niza dobrih svojstava i pre svega zbog izvanredne fleksibilnosti termo skupljajuća folija ima najveću primenu. Uprkos ovoj činjenici njena primena nije bez problema, jer je prilično sporna sa ekološkog aspekta kao i streč folija.

Tabela 2.4. Vrednovanje funkcije obezbeđenja u odnosu na karakteristična štetna dejstva

Kriterijumi za obezbeđenje jedinice tereta			
Funkcija obezbeđenja jedinica	Vezivanje trakom	Termoskup. folijom	Streč folijom
Krađa	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Vlaga	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Naprezanje u transportu	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prašina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperaturne promene	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Klizanje tereta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
UV - zračenje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Svojstva			
Jednostavno	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manuelno izvršavanje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Moguća automatizacija	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ekonomično	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lako se reklamira	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lako se odstranjuje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Može se ponovo koristiti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ekološko povoljno, lako se reciklira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Higijenski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nije velika potrošnja materijala	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Poređenje se može izvršiti i u okviru jedne tehnologije automatskog pakovanja, u kome se javljaju različiti materijali i načini pakovanja. Primer zaštitnog pakovanja može se porediti po tehničkim karakteristikama folije koja se koristi, načinima pokrivanja, skupljanja, rastezanja, oblicima jedinica rukovanja, svojstvima upotrebe i dr.

Tabela 2.5. Kriterijumi za obezbeđenje jedinice tereta po svojstvima ambalaže

Kriterijum za obezbeđenje jedinice tereta			
Svojstva ambalaže	Vrste obezbeđenja jedinice tereta		
Vrste ambalaže	Sa trakama	Termo-skupljajućom folijom	Streč folijom
Kutije	●	●	●
Sanduci	●	●	●
Džakovi	○	●	○
Burad	●	○	●
Tegle	●	●	○
Atributi ambalaže			
Mali	○	●	●
Veliki	●	○	○
Nepredvidivi	○	●	●
Atributi jedinice tereta			
Masivna (teška)	●	●	●
Visoka	●	●	●
Ukršteno-složena	●	●	●
Stubno-složena	●	●	●
Ne konsolidovana	○	●	●

U pogledu pravno-ekonomskih posledica, šteta nastala prilikom pakovanja odnosno formiranja jedinica tereta, značajna je zbog visine štete i gubitka imidža na tržištu. U poslovnim odnosima izbor sistema pakovanja sve više dobija na značaju usled stalnog porasta kvalitativnih zahteva od strane korisnika TPS procesa, što ima presudan uticaj na savlađivanje otpora tržišta, odnosno plasman gotovih proizvoda.

## REZIME

Nesumnjivo je da su novi propisi o pakovanju doneli mnoštvo pozitivnih rezultata u oblasti intralogistike. Promene u izboru materijala za pakovanje i njegovom miksu doprinele su nastanku trenda korišćenja uže asortimana materijala za pakovanje koji omogućava to jest redukciju štetnog uticaja na okruženje. Za realizaciju optimalnog pakovanja neophodno je obezbeđenje sledećih funkcija: zaštitna funkcija, skladišno-transportna funkcija, identifikaciono-informatička funkcija, prodajna funkcija i upotrebna

funkcija. Pokazano je da je samo adekvatnim planiranjem i uobličavanjem pakovanja moguće zadovoljenje različitih zahteva kao i prethodno pomenutih funkcija.

Zahtevi pakovanja, uprkos izvesnoj idealizaciji, poseduju veliki praktičan značaj. Potpuno ispunjenje zahteva pakovanja u praksi, zbog svoje kompleksnosti zahteva multikriterijalnu optimizaciju i jedino moguće ostvarenje preko integralnog logističkog koncepta. Tehnika pakovanja i formiranje jedinice tereta pokriva čitav niz različitih aktivnosti. Da bi se racionalizacioni potencijal konsekventno i u potpunosti iskoristio, neophodno je ostvariti adekvatan logistički tok materijala i informacija. Ovaj kompleks problema izmeđuostalog, obuhvata i izbor materijala za pakovanje, sredstva za pakovanje, pomoćna sredstva za pakovanje, pomoćna transportna sredstva (paleta i kontenere), sredstva za obezbećenje tereta na jedinici tereta, oblikovanje i optimizaciju pakovanja kao i dimenzionisanje sistema pakovanja. Pomenuto polje problema ima danas sve veći značaj u okviru intralogistike i distribucije.

### **Pitanja za proveru znanja**

1. Objasniti osnovne funkcije ambalaže i njihova svojstva.
2. Kako se može izvršiti klasifikacija ambalaže?.
3. Kako se vrši identifikacija ambalaže?.
4. Koje su osnovna svojstva ambalažnih materijala?.
5. Koji su osnovni oblici i karakteristike sredstava za pakovanje.
6. Čemu služe pomoćna sredstva za pakovanje i koja su?.
7. Navesti podelu mašina za pakovanje i njihove funkcije.
8. Objasniti nivo pakovanja i uslove horizontalne usklađenosti.
9. Da li postoje specijalna ograničenja kod usklađivanja i objasniti njihov značaj?
10. Objasniti moguće oblike formiranja paletnih jedinica tereta.
11. Objasniti mašinske sisteme za pakovanje.
12. Koji su ključni uticaji kod izbora i poređenja sistema pakovanja?.
13. Objasniti koje pogodnosti i nedostatke imaju materijali za pakovanje u odnosu na zaštitnu funkciju.
14. Objasniti koje su pogodnosti i nedostaci različitih vrsta folija za obezbećenje tereta.
15. Objasniti koje pogodnosti i nedostatke imaju različite vrste folija sa aspekta svojstava ambalaže.





### 3. SKLADIŠNI SISTEMI

Skladišta u sistemu tokova materijala imaju prvorazrednu ulogu u modernoj ekonomiji. Uobičajeni način definisanja skladišnog sistema podrazumeva dva aspekta: funkcionalni i fizički. U funkcionalnom smislu, skladište se objašnjava kao plansko-svesno odlaganje, s ciljem da se privremeno sačuvaju materijali i gotovi proizvodi u intralogistici radi korišćenja u bliskoj budućnosti. U fizičkom smislu skladišni sistem je tehnološka celina sa svojim elementima i strukturom organizovana na određenoj površini, odnosno u određenom prostoru. Objašnjeni su tipovi skladišnih sistema, njihove funkcije i mesta korišćenja.

Osnovni procesi u jednom skladištu čine uskladištenje materijala, njihovo čuvanje kao i skladištenje. Osnovu tehnologije rada skladišta čini funkcija komisioniranja to jest izuzimanje određenih količina materijala iz zadatog asortimana skladišta shodno narudžbenici određenog korisnika. Pokazana je sistematika, kapacitet i mogući načini optimizacije komisioniranja.

Dati su osnovni elementi organizacije, kao i kriterijumi za izbor i poređenje skladišnih sistema na bazi karakterističnih performansi, kao i kriterijumi za vredenovanje najčešće korišćenih varijanti skladišnih sistema. Problematika skladišnih sistema predstavlja uz optimizaciju zaliha, područje u kome je veliki uticaj na intralogistiku, kako sa aspekta proizvodnje tako i sa aspekta TPS procesa.

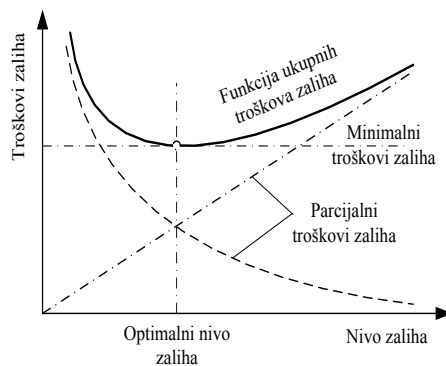
#### 3.1. ZADACI SKLADIŠTA

Skladište pre svega služi da bi se u njemu odložio materijal i učinio dostupnim u trenutku koji je uslovljen određenim tehnološkim zahtevima. Osnovna karakteristika skladišnog procesa je vremensko premošćavanje, to jest čuvanje materijala od trenutka njegovog ulaska u skladište do momenta otpreme. Ova činjenica implicira očuvanje upotrebne vrednosti materijala odnosno njegovog kvaliteta. Kod određenih vrsta materijala ovaj uslov nije uvek lako ispuniti, ali se on obezbeđuje primenom određenih standarda kojima se propisuje rok i način čuvanja. U realnim uslovima postoji čitav niz razloga koji uslovljavaju formiranje i održavanje sistema za čuvanje, odnosno uskladištenje. Ti razlozi mogli bi da se sistematizuju na sledeći način:

- vremensko izjednačavanje, neophodno je gde nije moguća sinhronizacija prijema i otpreme u višefaznom transportnom procesu, kao i u uslovima vremenske neusaglašenosti završetka proizvodnje i zahteva tržišta u smislu promena strukture između ulaznih i izlaznih tokova,
- izjednačavanje količina, neophodna je funkcija u dva slučaja: u proizvodnim procesima gde se primenjuje serijska ili masovna proizvodnja iz koje izlazi veća količina od trenutnih potreba i tamo gde je potrebno prilagođavanje različitim kapacitetima transportnih sredstava jednog ili više vidova transporta,
- čuvanje zaliha, ima za cilj obezbeđenje kontinuiteta proizvodnje koji može da bude ugrožen pojavom određenih smetnji. U realnim uslovima bez zaliha često ne bi bilo moguće adekvatno iskorišćenje proizvodnih kapaciteta,

- izjednačavanje asortimana, specifičan je oblik funkcije skladišta koji nastaje kao posledica okolnosti da određeni proizvodni sistem svoj asortiman po pravilu proizvodi u različito vreme, ili u više različitih pogona lansiranjem serija. Montažni sistemi i tržište često u datom trenutku zahtevaju širi odnosno čitav asortiman, pri čemu je realizacija ovog zahteva povezana i sa potrebom za komisioniranjem,
- optimizacija nabavke, podrazumeva definisanje adekvatne količine pri kupovini koja obezbeđuje dobijanje povoljnog rabata, ali i snižavanje troškova dostave,
- oplemenjavanje materijala i proizvoda realizuje se u specijalnim skladištima u kojima se čuva radi zrenja i slično,
- nabavka i čuvanje materijala u tržišnoj ekonomiji često se realizuje i iz špekulativnih razloga.

Nasuprot čitavom nizu prethodno navedenih pozitivnih razloga koji opravdavaju potrebu za formiranjem skladišta, odnosno čuvanjem zaliha, nalaze se troškovi koji se generišu kroz vezivanje kapitala u zalihe, sredstva rada, personal, upravu i dr. Uprkos tome, u većini slučajeva u lancu stvaranja nove vrednosti u okviru preduzeća (*Value Added Service*), skladište predstavlja neefektivnu strukturu. U njemu nastaju dodatni troškovi koji mogu da dostignu značajne vrednosti zbog čega se pri upravljanju skladišnim sistemom, kao opšti cilj postavlja optimizacija nivoa zaliha, odnosno njihova minimizacija. Kvantitativna zavisnost relevantnih performansi za utvrđivanje optimalnog nivoa zaliha, u skladištu je osnov analize, slika 3.1.



Slika 3.1. Grafik funkcija parcijalnih i ukupnih troškova zaliha u skladištu

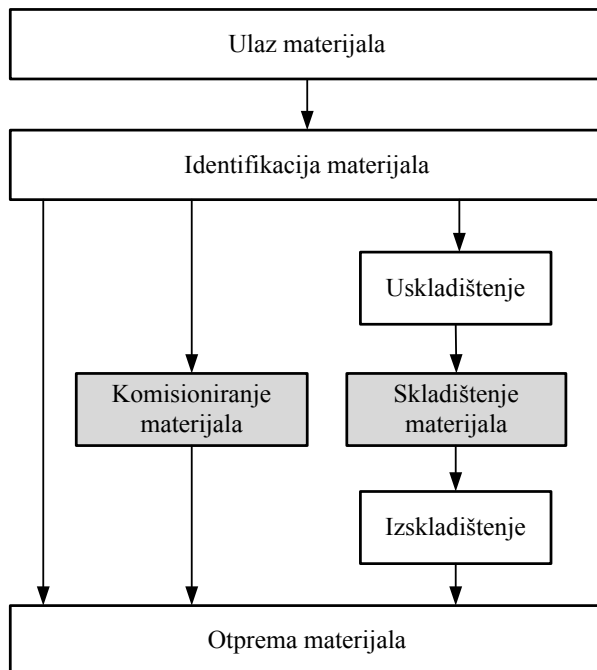
Savremene logističke strategije, za razliku od konvencionalnog pristupa, stabilizaciju sistema snabdevanja ostvaruju sa značajno nižim nivoom zaliha u procesu rada. To se pre svega postiže kroz sinhronizaciju tokova snabdevanja sa potrošnjom, uvođenjem savremenih informacionih tehnologija, primenom *JIT* koncepta. U stručnom argonu ovaj koncept često se opisuje kao zamena *zaliha informacija*. Ovaj koncept ne zahteva samo tačnu vremensku sinhronizaciju isporuke od strane isporučioaca, već zahteva kompletno prilagođavanje proizvodnog procesa njegovoj strukturi. Da bi se ovaj cilj postigao potrebna su relativno mala skladišta za prihvatanje i čuvanje materijala. U takvom logističkom sistemu povezivanja, proizvođač po pravilu materijale isporučuje direktno na proizvodnu liniju, dok se gotovi proizvodi direktno plasiraju na tržište. Ovakav sistem rada tipičan je za serijsku proizvodnju, poput automobilske i sličnih industrija. Za razliku od preduzeća sa ovakvim tipom proizvodnje,

u preduzećima u kojima dominira pojedinačna proizvodnja, skladište je i dalje značajan element u integrisanom sistemu tokova, sa tendencijom sve češće primene automatizacije.

Eliminacija skladišnih sistema moguća je u proizvodnji direktno orijentisanoj na trgovinu, kada proizvod direktno odlazi u trgovački sistem (*Push*-metoda). Za razliku od prethodnog slučaja, kada kupac snabdevanje realizuje preko trgovačkog skladišta funkcija skladišta je izuzetno naglašena (*Pull*-metoda). Po pravilu ova skladišta poseduju širok asortiman materijal.

### 3.2. OSNOVNI TEHNOLOŠKI ZAHTEVI U SKLADIŠTU

U skladišnom sistemu kao osnovni tehnološki zahtevi identifikuju se: prijem, identifikacija, uskladištenje, sortiranje, skladištenje (čuvanje), komisioniranje, izskladištenje i otprema materijala. Svaki skladišni sistem nezavisno od vrste i načina kako je izveden funkcioniše realizovanjem skupa tehnoloških zahteva u procesu rukovanja, slika 3.2. U realnim uslovima i svakom konkretnom slučaju moguće su određene specifičnosti u tehnološko-organizacionom smislu i klasifikacija na homogene podskupove u pogledu zahteva koje generiše određena vrsta materijala. Svaku tehnološku strukturu čine različite kombinacije osnovnih zahteva i tehnoloških elemenata, čime određuju tokove kroz skladište, odnosno tehnološku koncepciju, koju čine tipične i atipične tehnologije, preliminarno uklapanje u lokaciju i deo upravljanja procesima u okviru preduzeća. Analizom konkretne tehnološke koncepcije dolazi se do skladišnog rešenja.



Slika 3.2. Povezanost osnovnih tehnoloških zahteva u skladištu u realizaciji tipičnog toka materijale

Po ulazu i identifikaciji, primljen materijal se na osnovu informacija o isporuci i porudžbini kontroliše i uskladištava u zonu čuvanja, ili u zavisnosti od tipa skladišta dostavlja direktno na mesto isporuke (*Cross-Docking terminal*), ili u zonu komisioniranja. Uskladištenje isporučenih, odnosno primljenih materijala, realizuje se u zavisnosti od tehnološkog nivoa: manuelno, viljuškarem ili automatizovanim sistemom (AGVS, regalnim liftom i dr.). Suprotno uskladištenju, izskladištenje se obično realizuje nakon premoščavanja određenog vremenskog intervala na bazi trebovanja (nalo-ga), shodno zahtevu krajnjeg korisnika. Veoma često izskladištenje je uslovljeno i komisioniranjem, kada se iskomisionirani materijal odlaže u *puferno skladište* u otpremnoj zoni radi dalje distribucije. Komisioniranje podrazumeva prethodnu pripremu informacija o artiklima koji se izuzimaju iz skladišta i paleta ili boks kutija, koliko i kojim redosledom i njihovo fizičko izdvajanje. Zadaci otpreme obuhvataju zadatke obezbeđenja materijala radi utovara i pripremu prateće dokumentacije.

Ekonomično gazdovanje skladišnim sistemom nameće potrebu uvođenja određenih strategija preko kojih se ostvaruje najkraće vreme pristupa jedinicama tereta, što kraći transportni putevi, veliki učinak u sferi manipulacije i racionalno korišćenje tehnoloških elemenata skladišta. Za racionalno odvijanje procesa u skladištu, od velikog značaja mogu da budu i strategije preko kojih se bira mesto skladištenja, to jest prostorno raspoređivanje materijala pri njegovom ulasku u sistem. U praksi koristi se čitav niz strategija: skladištenje na prvom slobodnom mestu, koje je najbliže ulazu, zoniranje skladišne zone na osnovu frekvencije ulaza i izlaza materijala iz sistema zasnovanog na primeni postupka preferencije (*ABC-Pareto dijagram*). U trgovačkim skladištima veoma je svrsishodna primena ABC postupka kao metode preferencije, jer oko 20% materijala iz ukupnog asortimana čini 80% prometa. Ako se materijal sa velikom frekvencijom kretanja locira bliže ulazu, odnosno izlazu iz skladišta, postiže se značajno skraćanje vremena realizacije rukovanja kroz skraćanje transportnih puteva, što ima značajne reperkusije i na troškove rada čitavog sistema. Takođe, prisutna je i primena distribucije jednog materijala u više skladišnih zona. Ovaj pristup veoma je značajan kod automatizovanih skladišta jer ukoliko dođe do otkaza pojedinih sredstava za rukovanje postoji mogućnost isporuke materijala iz zone koja je u funkciji.

U savremenim skladištima često se danas koriste veoma složeni modeli za izbor skladišnog mesta, redosled izskladištenja, raspored sredstava rada i dr. što u značajnoj meri obezbeđuje visoke standarde u opsluzi uz racionalno poslovanje sistema.

### **3.3. KLASIFIKACIJA I TIPOVI SKLADIŠNIH SISTEMA**

Generalno, prema dominantnosti funkcija izdvajaju se četiri vrste skladišta, za: distribuciju, sabiranje (skupljanje), puferisanje i čuvanje zaliha. Distributivna skladišta pored toga što ispunjavaju zadatke formiranja zaliha, realizuju i funkciju prerade to jest promenu sastava materijala između ulaznog i izlaznog toka. Sabirna (zbirna) skladišta imaju inverznu funkciju u odnosu na distributivna i njihov osnovni zadatak je sabiranje (skupljanje) parcijalnih, to jest malih količina materijala iz proizvodnje, ili trgovine, u cilju formiranja ukрупnjenih jedinica tereta pogodnih za primenu transportnih sredstava velikog kapaciteta. Kako puferisanje podrazumeva nagomilavanje materijala uz formiranje zaliha, puferna skladišta primarno služe

Tabela 3.1. Kriterijumi klasifikacije i tipovi skladišta

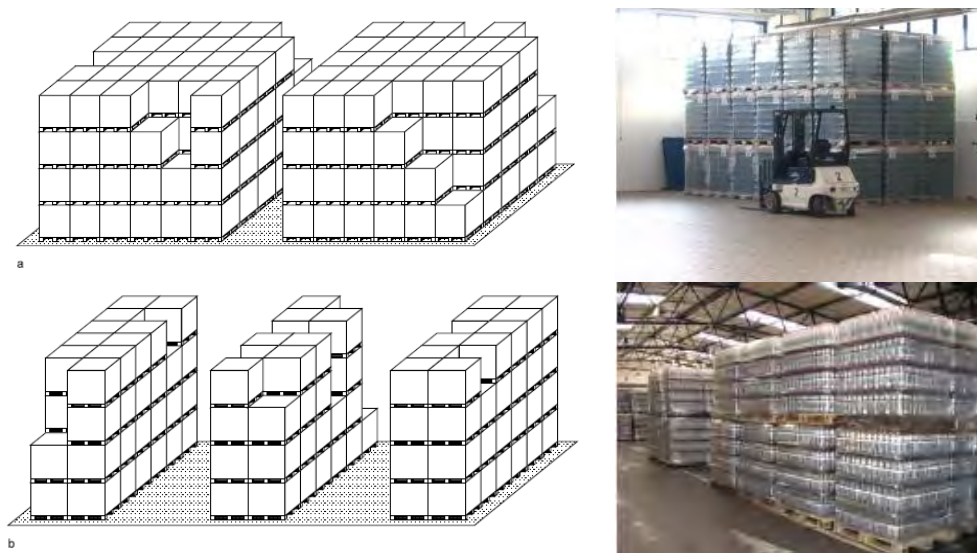
R.br.	Kriterijum klasifikacije	Tipovi skladišta	
1.	Vrsta materijala, stepen obraćenosti, reži i specijalni zahtevi materijala	a.	Rasuti, komadni, tečni i/ili gasoviti materijali
		b.	Alati, ambalaža, potrošni materijal, otpad
		v.	Sirovine, poluproizvodi, proizvodi, rezervni delovi
		g.	Kvarljivi i nekvarljivi materijali
		d.	Zapaljivi, eksplozivni, radioaktivni materijali
2.	Stepen razvoja skladišnog sistema		Konvencionalna (ručna, polu mehanizovana, mehanizovana), automatizovana i poluautomatizovana
3.	Strategija odlaganja materijala	a.	Sa unapred određenim rasporedom, sa slobodnim rasporedom odlaganja unutar određenog dela skladišta, sa slučajnim rasporedom odlaganja materijala
		b.	Odlaganje u blokovima i/ili redovima
		v.	Na jednom mestu odlaganja istovrsnih a na drugom odlaganje raznovrsnih materijala
4.	Model organizovanja	a.	Glavna, za komisioniranje, međuskladišta, pufer, pomoćna
		b.	Centralizovana, decentralizovana, kombinovana
5.	Klase visine objekta (građevine)		Horizontalna ili niska (visina do 5 m), srednja 5-12 m i uspravna ili visoka (visina preko 12 m)
6.	Oblik i položaj nivoa tla građevinskog objekta	a.	Zatvorena, otvorena, natkrivena, posebna
		b.	Podzemna, prizmena, spratna, silosi
7.	Tehnologija skladištenja		Podna (statična), regalna i visokoregalna (statična i dinamična), sa skladištenjem na transportnim sredstvima (transportno-skladišna sredstva)
8.	Pripadnost delu preduzeća		Nabavci, prodaji, proizvodnji, kooperaciji, servisu, održavanju, alatnici, laboratoriji
9.	Vrsta toka materijala		Sa jednosmernim i dvosmernim (povratnim) tokom
10.	Vrsta sredstva (opreme) za skladištenje	a.	Bez sredstava za skladištenje (podna skladišta), sa sredstvima za skladištenje (regalna skladišta)
		b.	Sa nepokretnim regalima (statična), sa pokretnim regalima (dinamična)
		v.	Polični, paletni, konzolni, prolazni, protočni, pokretni, prevozni regali
11.	Mesto u proizvodnji		Ulazna, proizvodna, izlazna (proizvodno otpremna)
12.	Zalihe		Količina i obrt zaliha
13.	Pripadnosti		Javna, vojna, carinska, konsignaciona (u montaži i šire), sopstvena
14.	Veličina skladišta		Mala, srednja, velika
15.	Lokacija		Gradska, prigradska, van gradska, nezavisna

vremenskom izjednačavanju, to jest sinhronizaciji između ulaznog i izlaznog toka u kratkom vremenskom intervalu i to najčešće između različitih proizvodnih operacija. Karakteristično je da ova vrsta skladišta reguliše izjednačavanje malih neravnomer-

nosti tokova u jedinici vremena. Tipično obeleţ je skladišta za čuvanje zaliha je neujednačenost ulaznog i izlaznog toka. Intenzitet tokova, odnosno broj izmena materijala u skladištu, generalno moţe da bude veoma različit i manji je nego kod pufernih skladišta. Postoje i mnoge druge klasifikacije primenom sledećih kriterijuma, tabela 3.1.

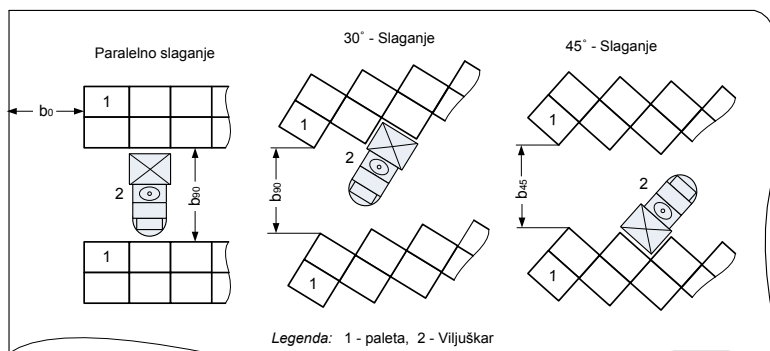
### 3.3.1. Podno skladište

Podno skladište je najstariji i najprostiji oblik skladištenja kod koga se materijali direktno skladište na pod skladišta bez primene pomoćnih sredstava. U postupku formiranja skladišne zone primenjuju se određene šeme u cilju obezbećenja uslova čuvanja i racionalnog rukovanja. Ovaj tip skladišta obezbeđuje mogućnost ograničenog slaganja po visini. Ma koliko je korišćenje visine korisno za postizanje boljeg iskorišćenja skladišnog prostora, visina zavisi pre svega od svojstava materijala, karakteristika objekta i sredstava rukovanja, pri čemu se mora voditi računa da ne dođe do oštećenja materijala. S obzirom da je reč o relativno prostom obliku skladištenja ova tehnološka varijanta zahteva nizak nivo investicija, ali poseduje i veliku fleksibilnost to jest mogućnost prilagođavanja prostornim uslovima.



Slika 3.3. Podno skladište a) blok sistem i b) sa redovima

Kada je odabran dovoljan broj radnih prilaza za mehanizaciju i adekvatne širine, moţe se ostvariti značajan učinak pri manipulaciji. Kod malih skladišta sa ograničenim prostorom rukovanje je najčešće manuelno. Na slici 3.3, dat je uprošćen prikaz blok sistema podnog skladišta sa redovima. Blok sistem obezbeđuje veliki kapacitet, to jest dobro iskorišćenje prostora uz ograničen pristup materijalima po dubini bloka. Iz ovog razloga ovakav način organizovanja skladišne zone pogodan je za sisteme sa ograničenom, ili mono strukturom, kao što su skladišta: pića, sirovina, puferna skladišta, ili sistemi kod kojih se na izlazu preuzimaju čitave šarţe. Skladišni oblik sa odlagnjem na pod u redovima, obezbeđuje za razliku od blok sistema, bolji prisup materijalima, ali sniţava i stepen iskorišćenja skladišnog prostora. Podno skladište sa redovima često se formira postavljanjem materijala pod različitim uglovima:  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  i  $30^\circ$  u odnosu na radni hodnik u cilju redukovanja širine radnog prolaza i boljeg iskorišćenja skladišnog prostora, slika 3.4.



Slika 3.4. Različiti uglovi slaganja paleta kod podnog skladišta

Širine radnog prolaza za čeonu viljuškar: nosivosti 15 kN (dužina  $l \approx 1938$  mm i širina  $b \approx 995$  mm viljuškara) kod slaganja paleta 800 mm x 1200 mm / 1000 mm · 1200 mm, upravno pod uglom od  $90^\circ$  iznosi oko  $b_0 = 3250$  mm do 3450 mm, koso pod uglom od  $30^\circ$  je oko  $b_{30} = 2400$  mm do 2600 mm i koso pod uglom od  $45^\circ$  širina radnog prolaza je oko  $b_{45} = 1900$  mm do 2100 mm. Najmanja potrebna širina radnog prolaza ostvaruje se pod uglom od  $45^\circ$ . Podna skladišta danas se realizuju i tzv. „industrijskim šatorima“ kao fleksibilnim skladišnim objektima.

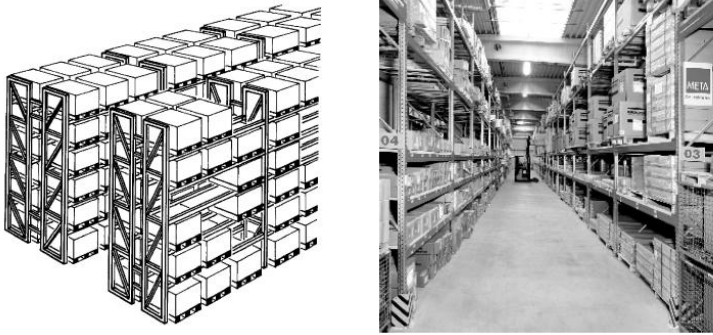
### 3.3.2. Skladišta sa statičnim regalima

Presudan faktor za primenu regala je  $\eta$  tj. za povećanjem stepena iskorišćenja površine i slaganjem po visini odnosno korišćenjem treće dimenzije skladišta. Pri korišćenju regala, materijali postavljaju se separatno u fahove, ili na specijalna postolja. Na ovaj način, odnosno primenom pomoćnih sredstava u obliku regala ili specijalnih postolja, moguće je slaganje po visini, dok u normalnim okolnostima, zbog oblika ili osetljivosti na pritisak materijala to ne bi bilo moguće. Visina slaganja uglavnom zavisi od vrste mehanizacije koja je namenjena za rukovanje to jest manipulaciju. Efektivna visina slaganja u regalnim skladištima varira u veoma širokom dijapazonu, od 2 m gde je moguća manuelna manipulacija, pa do 55 m kada je neophodna primena specijalne automatizovane mehanizacije kao što su regalni liftovi. Većina tipova regala koja se danas nalazi u širokoj upotrebi predviđena je za prihvatanje, to jest slaganje standardizovanih materijala. Primenom regala u skladištima otvara se pitanje organizacije skladišta, kao i izbor regalne tehnike. Posebna korist od uvođenja regala je mogućnost jednoznačnog definisanja pozicije materijala u skladišnoj zoni, kao i mogućnost široke primene različitih strategija za unapređenje, to jest racionalizaciju rada u skladištu kao i primenu automatizacije.

Regali su najčešće postavljeni u redovima i tada je obezbeđen direktan pristup svakom materijalu. Primenuje se i „blok-sistem“ – blok skladištenje koje omogućava kompaktno skladištenje sa visokim stepenom korišćenja prostora, velikom brzinom protoka kod specijalno prilagođenih regala, uz nemogućnost direktnog pristupa svakom materijalu. Kod ovako formiranih skladišnih zona sreću se dva oblika skladištenja – statično i dinamično. Kategoriji statičnih regala pripadaju tzv. prolazni regali, kao i satelitski opsluživana kanalna skladišta. Kod dinamičnih regala razlikujemo regale s potiskivanjem i protočne regale.

### Regali u redovima

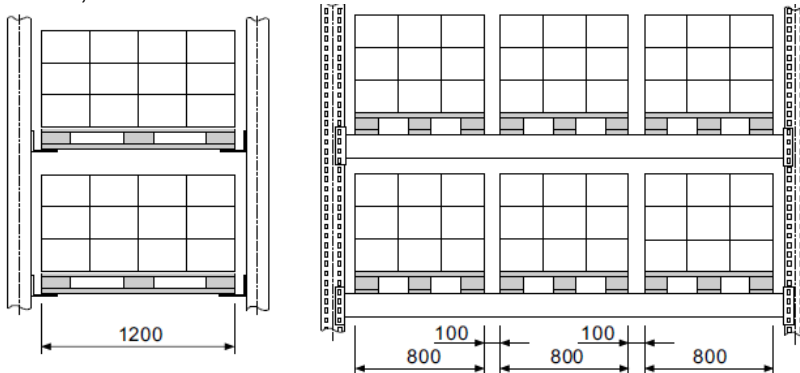
Ovaj tip regala čini konstrukcija sačinjena od stubova i horizontalnih (poprečnih) veza (nosača) na koje se postavljaju materijali vertikalno jedan iznad drugog i horizontalno u redovima jedan pored drugog. Konvencionalan oblik paletnog regala u redovima prikazan je na slici 3.5.



Slika 3.5 Paletni regali konvencionalnog oblika u redovima

U zavisnosti od mase materijal u frontalnom delu, između dva vertikalna stuba (nosača), moguće je postavljanje jedne, ali i više paleta (najčešće tri do četiri), slika 3.6. U „ćeliji“ se najčešće po dubini regala odlaže po jedna paleta. Ovaj koncept obezbeđuje direktno zahvatanje svake palete sa fronta regala. Za razliku od opisanog rešenja moguće je i slaganje više paleta po dubini regala dve i tri palete kada je neophodna specijalna vrsta teleskopskih viljuški kod viljuškara kao i neka druga tehnička rešenja.

U zavisnosti od materijala primenjuju se različiti oblici regala postavljenih u redove. Regali se razlikuju prema vrsti materijala (paletni regali, regali za boks kutije, 600h400 mm, 600h800 mm, 462h743 mm i dr.) i prema konstrukciji sa traverzama, konzolama i dr. Oblikovanje regala u redovima zavisi od oblika veličine i mase materijala, izabrane tehnike to jest sredstava za opsluživanje kao i od prostornih mogućnosti. Svaka regalna ćelija (fah) mora da bude nešto većih dimenzija kako bi se izbeglo oštećenje materijala ili opreme i omogućilo racionalno manipulisanje. Dimenzije ćelija mogu biti: širina 900 mm, 1000, mm 1290 mm, 1500 mm, 1750 mm, 2000 mm, 2250 mm do 2500 mm i dubine 300 mm, 400 mm, 450 mm, 500 mm, 600 mm , 800 mm do 2400mm.



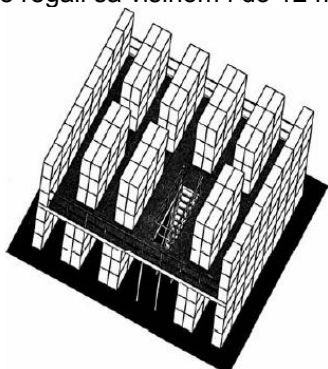
Slika 3.6. Prikaz dva osnovna koncepta odlaganja paleta u regale poduž no (širok stranom) i poprečno (už om stranom).



Za opsluživanje regala, odnosno rukovanje materijalima kod ovih regala uglavnom se koriste: viljuškari, regalni liftovi, dizalice, specijalni oblici sa satelitskim kolicima i/ili druge vrste transportno-manipulativnih sredstava. Kod lakih materijala svrsishodno je i manuelno opsluživanje. U zavisnosti od primenjenog sredstva bira se i odgovarajuća širina radnih hodnika po kojima saobraćaju sredstva, što ima direktne reperkusije i na koeficijent iskorišćenja skladišnog prostora.

#### *Specijalni oblik regalnog skladišta sa galerijom*

Za razliku od konvencionalnih skladišta sa regalima, u redovima kod ovog tipa skladišta koriste se obično metalne galerije sa dve do tri etaže, slika 3.7. Na etažama su postavljeni regali visine 2 m do 3 m. Sa galerijom su integrisane stepenice koje služe za kretanje personala, dok se za podizanje i spuštanje materijala obično koristi transportno-manipulativna sredstva. U ovom slučaju, uskladištenje, komisioniranje i izskladištenje po pravilu realizuju se manuelno. Za razliku od tipično opisanog rešenja, u praksi se mogu sresti i specijalni slučajevi sa većim brojem etaža. Postoje regali sa visinom i do 12 m.



Slika 3.7. Regalno skladište sa galerijom

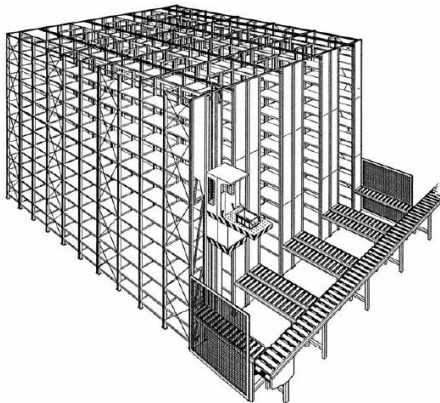
Ovaj tip skladišta veoma je fleksibilan i prilagodljiv za razne oblike materijala i proizvoda. Koristi se u slučajevima gde je potrebno skladištiti širok asortiman materijala i proizvoda ne velike količine po jednoj vrsti. Najznačajnija oblast primene je u distributivnim skladištima za komisioniranje u sistemima sa širokim asortimanom materijala malih dimenzija.

#### *Paletna skladišta*

Paletna skladišta su najčešće korišćen oblik sredstava za skladištenje, pre svega unificiranih i standardizovanih materijal (palete, boks kutije). Prema visini slaganja regalna skladišta bi se mogla klasifikovati u tri grupe: sa relativno malim visinama slaganja, do 4 m, srednjim do 8 m i visokoregalna sa visinama preko 12 m. Visoko regalna skladišta često se poistovećuju sa specifičnim oblikom *silosa*, gde regalna konstrukcija nosi bočne obloge i krov, čime su elementi regala integrisani sa skladišnim objektom u jednu građevinsku celinu, slika 3.8. Postoje primeri visoko regalnih skladišta sa ekstremno velikim visinama slaganja čak i do 55 m. Visoko regalna skladišta grade se za velike kapacitete i do 100 000 paletnih jedinica.

U zavisnosti od konstrukcije regala palete se u regale odlažu u užom i širom stranom, pri čemu razlikujemo sisteme sa jednom i više paleta paralelno postavljenih u regalnom polju po dubini. Sistemi sa jednom paletom između dva stuba predviđeni su za palete masa do 1500kg. U ekstremnim slučajevima masa palete može da bude i veća. Visina polja regala između dva horizontalna nosača može takođe da

se kreće u određenom dijapazonu i bira se po potrebi, jer su stubovi, to jest stranice regala perforirane, tako da je promena položaja horizontalnih nosača jednostavna.

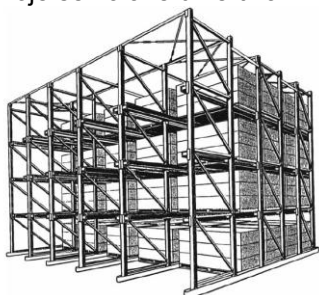


Slika 3.8. Visoko regalno skladište

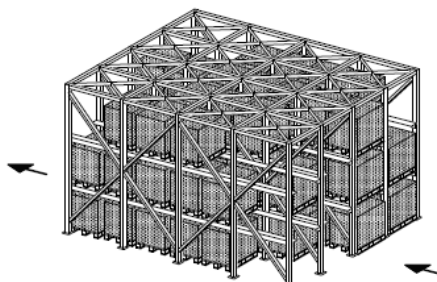
Slaganje paleta u regale u jednom stranom daje nešto bolje iskorišćenje skladišnog prostora, jeftinije je, jer paleta leži direktno na horizontalnim nosačima. Kod odlaganja paleta širom stranom, pored lošijeg iskorišćenja potrebni su i dodatni elementi za nošenje palete. U zavisnosti od visine slaganja, to jest visine regala, biraju se i različiti oblici teleskopskih viljuškara ili regalnih liftova – kranova, specijalno dizajniranih za automatsko pozicioniranje, koji rade na temperaturama od  $-30^{\circ}\text{S}$  do  $+40^{\circ}\text{S}$ . Maksimalna visina regala za jednu paletu iznosi 12 m do 36 m a kod dvostruke dubine 14 m do 33 m. Za posebno ekstremne visine isključivo se koriste viljuškari treće generacije.

*Prolazni regali za skladištenje paletnih jedinica*

Ovaj oblik regala predstavlja najprostije rešenje za formiranje regalnog skladišta po blok sistemu. Paletne jedinice manipulišu se viljuškarom koji se kreće duž regalnih hodnika, pri čemu se palete slažu u po visini jedna iznad druge, tako što se oslanjaju na kratke šapice koje su fiksirane za regalnu konstrukciju, slika 3.9. Svaka paleta po visini ima svoje tačke oslonca tako da palete nisu izložene pritisku od strane paleta koje se nalaze u vertikalnim slogovima.



a) sa jednostranim pristupom



b) sa dvostranim pristupom

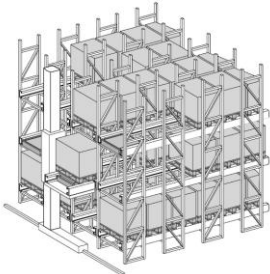
Slika 3.9. Prikaz ulaznog i prolaznog regala

Paleta se u regalne hodnike odlaže u širom stranom dok širina hodnika zavisi od dužine palete. S obzirom da je reč o blok konceptu, ova koncepcija obezbeđuje visok stepen iskorišćenja skladišnog prostora. Pored ravne palete ovaj tip skladišta pogodan je i za skladištenje boks paleta. Visina može biti do 8 m, a racionalna dužina jednog bloka je do 15 m. Radi lakšeg vođenja viljuškara duž hodnika, često se ugrađuju boč-

ne šine na koje naleću mali točkovi bočno postavljeni na kućište viljuškara. U praksi se primenjuju dva koncepta sa jednostranim i dvostranim pristupom. Kod jednostranog pristupa uskladištenje i izskladištenje realizuju se sa jedne strane, a kod prolaznih sa dve strane. S obzirom, da su mogućnosti pristupa paletama ograničene ovaj koncept se primenjuje kod masovnih materijala relativno uskog asortimana. Nalaze široku primenu u industriji hrane, građevinskoj industriji i dr. Ovaj oblik je pogodan za skladištenje sezonskih materijala formiranje pufera u proizvodnji kao i u pretovarnim terminalima. Da bi se izbeglo kvarenje materijala to jest promena kvaliteta ovaj tip skladišta zahteva primenu disciplinskog pristupa *FIFO*.

#### *Skladišta sa kompaktnim kanalnim regalima*

Potreba za racionalizacijom skladišnih procesa između ostalog uslovala je i razvoj kompaktnih kanalnih sistema, koji obezbeđuju bolje iskorišćenje skladišnog prostora u odnosu na konvencionalne sisteme sa direktnim pristupom svakoj paleti. Sistemi sa kanalnim regalima, nosećim vozilom i kanalnim kolicima, spadaju u kategoriju savremenih rešenja sa visokim stepenom automatizacije, za koje bi se moglo reći da se nalaze u ekspanziji. Na tržištu se danas nudi više varijanti kanalnih skladišta. Ona su izvedena kao skladišta sa statičnim blok regalima, a osnovna karakteristika im je da palete leže na dve paralelno postavljene horizontalne šine, dok se manipulativne operacije, to jest prenošenje paleta realizuje specijalnim autonomnim kanalnim kolicima koja se kreću po šinama ispod paletnih jedinica. Prebacivanje kanalnih kolica realizuje se primenom regalnog lifta, slika 3.10, vertikalnim transporterom ili specijalnim viljuškarom.



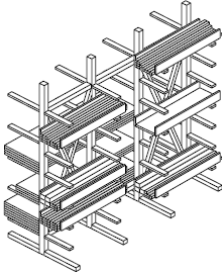
Slika 3.10 Opsluživanje kanalnog regalnog skladišta regalnim liftom.

Pogon kanalnih kolica po pravilu je izveden sa elektro-pogonom i napajanjem preko elektro-baterije, ili preko kontaktnih šina po kojima se kreću. Upravljanje je bežično. U skladištima ovog tipa egzistiraju dva radna prostora: primarni namenjen za kretanje nosećeg vozila i sekundarni u kome se kreću kanalna kolica. Sredstva za prebacivanje kanalnih kolica mogu da opslužuju veći broj kolica, obično do četiri, čime se postiže bolje korišćenje distributivnog vozila, jer dok se kolica kreću po kanalu distributivno vozilo obavlja druge zadatke. Pretovarni kapacitet dostiže do 40 paletnih jedinica po jednom satu. Dubina kanala predviđena je za smeštaj do 20 paleta. Zbog specifičnosti sistema kod jednostranog opsluživanja koristi se disciplina pristupa *LIFO*.

#### *Konzolni regali*

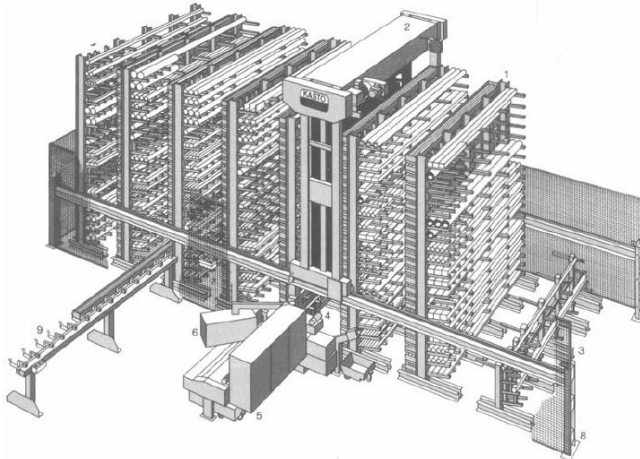
Konzolni regali posebno su prilagođen oblik za skladištenje šipki, cevi tabli i uopšte materijala koji ima ekstermno izraženu dužinu, slika 3.11. Regali se sastoje od stubova sa bočno postavljenim konzolama na koje se odlažu. Konzole se postavljaju po visini na određenom rastojanju u zavisnosti od vrste materijala, obično sa dve strane stuba. Konzole mogu da budu fiksirane ili pokretne, pokretne obezbeđuju veću mogućnost prilagođavanja raznim vrstama materijala time i bolje iskorišćenje skladišnog prostora. Šipkasti materijali u vezama, mogu se odlagati direktno u regala-

le, ali često se koriste i druga razna pomoćna sredstva kao što su kasete *kolevke* i sl. Kada materijal ne mora da bude povezan omogućeno je izuzimanje pojedinačnih komada. Nosivost konzolnih regala po jednom polju za odlaganje kreće se 0,05 kN do 50 kN, visina slaganja može da bude i do 12 m. Sredstva rukovanja biraju se pre svega u zavisnosti od visine slaganja obično se koriste bočni viljuškari, kranovi sлагаči i regalni liftovi.



Slika 3.11. Konvencionalni oblik konzolnih regala

Danas je sve uočljiviji trend primene automatizacije ne samo kod paletnih skladišta, već i kod specijalnih oblika, kao što su skladišta sa konzolnim regalima.



Legenda: 1.Konzolni regali, 2.Portalna dizalica, 3.Stanica za uskladištenje, 4. Stanica za brzu izmenu, 5. CNC mašina za sečenje, 6. Centralni upravljački pult, 7. Pult za manuelno upravljanje, 8. Zaštitna zona, 9.Stanica za izskladištenje kasete

Slika 3.12 Automatizovano konzolno skladište

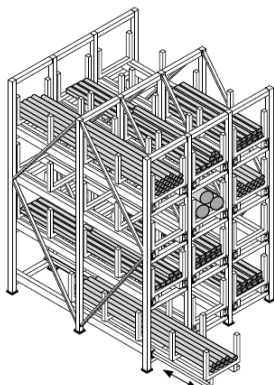
Savremena automatizovana konzolna skladišta danas se po pravilu integrišu sa jedinicom za pripremu proizvodnje npr. sečenje pločastih ili šipkastih materijala, slika 3.12.

#### *Regali u obliku saća*

Čeona strana regala ima oblik matrice sa poljima male visine i širine, zbog čega po svom izgledu podseća na strukturu saća. Ova vrsta regala takođe je namenjena skladištenju šipkastih i cevastih materijala velike dužine širokog asortimana i malih količina po određenoj vrsti. Kod klasičnih sistema šipke se postavljaju po dužini regala ili pod nekim uglom. Rukovanje je ručno za manje količine ili nekim od regal-skih sлагаča kod većih količina. Sistem saća koristi se i kod potpuno automatizovanih regala sa kasetama, gde je dužina kasete regala je 3 m do 8 m (obično 6 m), što je u skladu sa trgovačkim standardima za šipkaste materijale, visine 4 m do



26m, nosivost jedne kasete 10 kN do 50 kN, zapremine 500 m<sup>3</sup> do 4000 m<sup>3</sup> ili ukupne nosivosti 250 kN do 2500 kN, slika 3.13.



a) Klasičan regal u obliku saća



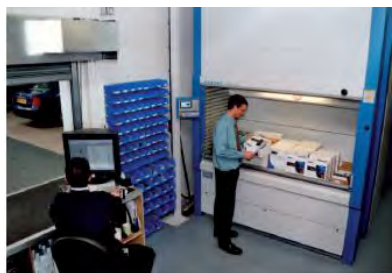
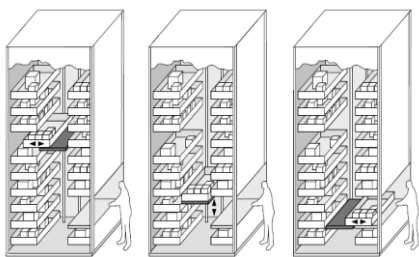
b) Automatizovano skladište u obliku saća

Slika 3.13. Regali u obliku saća [44]

Ova vrsta regala koristi se u proizvodno-prijemnim skladištima, kod distributera i proizvođača šipkastih materijala i na svim mestima unutar fabričkog kruga, gde je smanjen manipulativni prostor. Automatski sistem omogućava primenu *Bar Code* tehnologije, integrisano vaganje, kontrolisano upravljanje zalihama i integrisana logistička rešenja sa interfejs-om za korisnike.

#### *Lift sistemi (toranjski regali)*

Lift sistemi, odnosno toranjski regali, takođe pripadaju grupi kompaktnih skladišnih sistema. Oni predstavljaju minimiziran Tip skladišta u obliku reda, naime, njega čine dva skladišna stuba koja su postavljena jedan naspram drugog i njih opslužuje jedan lift, slika 3.14.



Slika 3.14 Lift skladišni sistem

Centralno postavljen lift zahvata materijale sa obe strane pomoću specijalnog zahvatnog uređaja i pozicionira ih na mesto odlaganja i izskladištenja. Mogu se koristiti za različite oblike materijala: sitne delove, alate, boks kutije i palete. Ukupna nosivost po regalu obično se kreće do 0,5 kN po jednom nivou do ukupno 600 kN za 20 metarske visine skladišta. Širina regalne police može biti 1,18 m do 3,58 m i dubina 2,32 m do 3,07 m. Odgovarajućim konstruktivnim rešenjima moguća je zaštita materijala od prašine. U praksi postoji čitav niz izvedenih rešenja koja se razlikuju u određenim konstruktivnim detaljima. Nalaze široku primenu kod komisioniranja u sprezi sa automatizovanim transportnim sistemima.

Pored opisanih sistema, na trž ištu se pojavljuju i super teški sistemi za skladištenje metalnih table (ploča), mase po tablaru 30 kN do maksimalno 50 kN, sa ukupnom korisnom nosivošću sistema od nekoliko stotina kN.



Slika 3.15 Dvotoranjsko skladište za metalne ploče [36]

Skladišni sistemi za metalne table mogu biti jednotoranjski sa spoljnim elevatorom, ili dvotoranjski sa centralnim ili spoljnim elevatorom, slika 3.15. Sistem prihvata različite dimenzije tabli 4,00m do 6,00m · 2,00 m ili specijalnih dužina 12,50 m · 2,50 m, 15,00 m · 3,00 m do 4,00 m.

### 3.3.3. Dinamička regalna skladišta

Osnovno svojstvo dinamičnih regala je kretanje materijala u procesu skladištenja između mesta uskladištenja i izskladištenja. Postoji više razloga koji su pospešili primenu ovog sistema, a motivi i koristi za njihovo uvođenje su:

- uštede u procesu komisioniranja kao i povećanju kapaciteta pri komisioniranju,
- povećanje pretovarnog kapaciteta koje obezbeđuje kompaktan sistem skladištenja,
- koristi to jest prednosti koje proizilaze iz metoda koje objedinjuju blok sistem sa skladištenjem u redovima,
- modularnost u gradnji i korišćenju sistema.

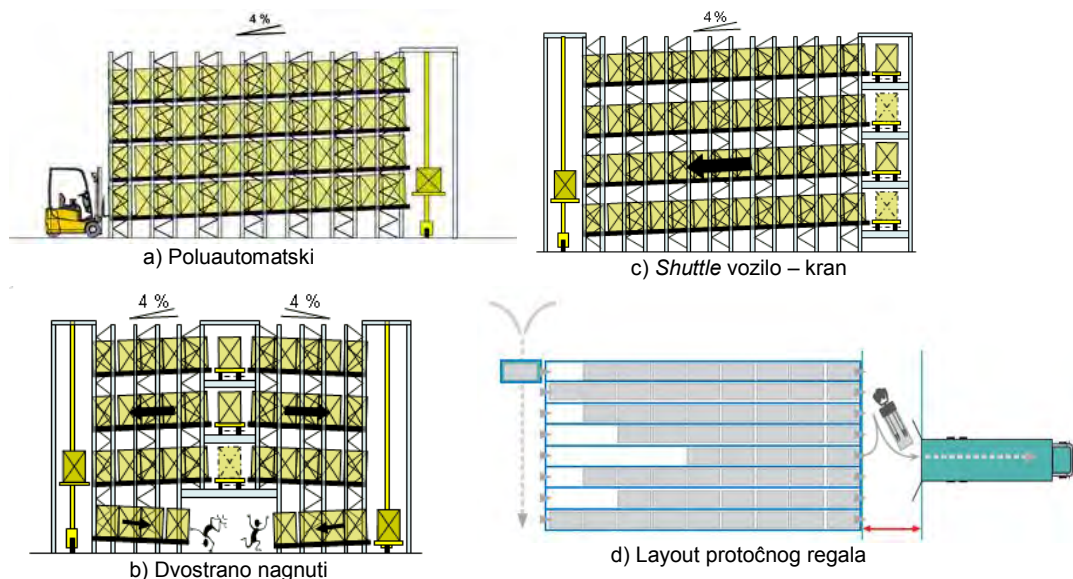
Kod dinamičnih regalnih sistema koriste se dva osnovna kinematska rešenja: pokretni regali u kojima skladišna jedinica miruje i obrnuto, kada se pokretna skladišna jedinica nalazi u regalima koji miruju. U prvu grupu spadaju razni oblici protočnih i optočnih regala (*Carousel – karusel regali*), a u drugoj grupi su pokretni regali.

#### *Protočni regali*

Osnovni metod na kome počiva ovaj sistem su paralelno postavljeni kanali po horizontalnoj i vertikalnoj ravni povezani u kompaktan regalni blok. U kanalima po pravilu postavljani su valjkasti transporteri, jednostrano ili dvostrano (sa tunelom između regala) nagnuti pod uglom 3° do 5° (uobičajeno 4°), čime je obezbeđeno kretanje različitih dimenzija i masa paleta (1,5 kN do 12 kN) ili malih boks kutija sa materijalom pod dejstvom sile gravitacije. Kod paletnog regala površina preseka kanala sa čeonu strane za paletu visine 1,8 m je oko 2m<sup>2</sup>, a racionalna dubina kanala je do 25 paleta sa 12 kanala do pet nivoa u visinu. Pogodni su za skladišta relativno uskog asortimana materijala, imaju veliki protok i mogu se skladištiti veliki broj paletnih jedinica po jednoj homogenoj jedinici tereta.

Pored varijanti sa gravitacionim valjkastim transporterom u praksi se koristi i sistem sa paralelno postavljenim šinama u regalnom kanalu po kojima se kreće *Shuttle*

vozilo (kolica) sa malim točkovima na koje se odlaže paleta. Opsluživanje se vrši kombinovano: viljuškarskom tehnikom sa obe strane regala, viljuškarom i regalnim liftom, regalnim liftom i *Shuttle* vozilom, sa obe strane regalnim liftom ili *Shuttle* vozilom, slika 3.16. Takođe, koriste se i varijante sa mehanički pogonjenim valjcima i u tom slučaju kanali su horizontalni. Pored manualnog opsluživanja koriste se i elementi automatizacije. Sistemi protočnih regala sa kasetama nalaze široku primenu u trgovačkim skladištima i montažnim linijama, jer su veoma pogodni za skladištenje, a pre svega za komisioniranje širokog asortimana materijala sa velikim obrtom. Varijante sa manualnim opsluživanjem ne zahtevaju velika ulaganja, omogućavaju skladištenje velikog broja materijala na malom prostoru, obezbeđena je *FI-FO* disciplina, izbegnuto je ukrštanje ulaznih i izlaznih tokova. Svaki izlazni tok može biti količinski dovoljan za jedno drumsko vozilo. Kanali se opterećuju automatski dok se drumska vozila utovaraju pomoću viljuškara. Ovakav način sistema rada omogućava do 270 preuzimanja jedinica na sat po operateru.



Slika 3.16. Paletni protočni regali (gravitacioni pogon)

Prednosti su: obezbeđeno razdvojeno uskladištenje od izskladištenja, jednostavan za rukovanje, ima stalnu kontrolu zaliha, ima manje prolaza i kretanja operatera i sredstva, kraće vreme pronalaska materijala, dobra preglednost, lako zahvatanje, visok stepen iskorišćenja prostora. Osnovni nedostaci ovog sistema su: sudaranje kasete pri punjenju kanala (bez separatora), značajna ulaganja, obavezna primena sigurnosnih sistema koji kontrolišu brzinu kretanja paleta, brzina mora da bude manja od 0,3 m/s i česta pojava delimične popunjenosti kanala.

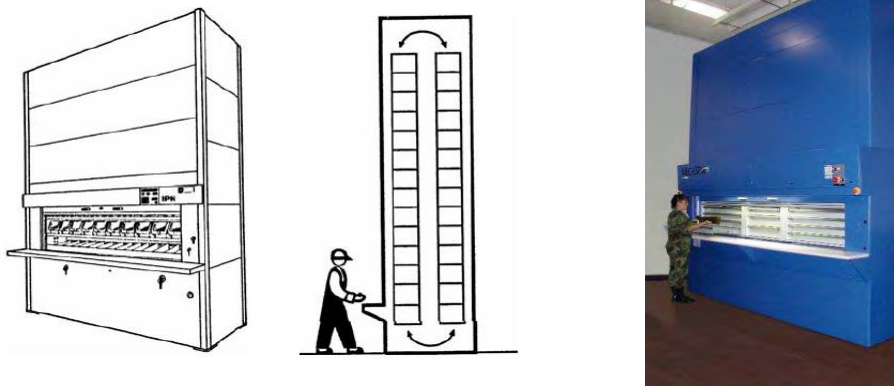
#### Optočni regali (*Carousel*)

Ovaj tip regala gradi se u dva automatizovana oblika: vertikalni (*up and down, Paternoster*) i/ili horizontalni. Oba sistema rade bez zadržavanja unutar centralnog skladišta ili kao deo sistema kod nekog *On line* rukovanja materijalima.

Vertikalni optočni regali su odgovarajućeg oblika kod koga se materijal, odnosno skladišne ćelije kreću u vertikalnoj ravni. Noseći element koji nosi materijal predstavlja dva paralelno postavljena (beskrajna) lamelna lanca koje pokreće elektro

motor što je u osnovi konvejski sistem. Lanci su međusobno spojeni cevima na koja su u zavisnosti od oblika materijala okačeni razni oblici nosača-radnih organa: gondole, kasete, fahovi i dr. Da bi se ostvarilo što brže zahvatanje *paternoster*-i su reverzibilni, slika 3.17. Komanda je preko prekidača za biranje pozicije radnog organa. Visina regala kreće se do 12 m, širina 2,5 m do 4,5 m, a dubina 1,3 m do 1,8 m. Ukupna nosivost regala je do 32 kN po posebnim zahtevima i više. Da bi se izbeglo preopterećenje, sistem je opremljen zaštitnom blokadom. Uskladištenje i iskladištenje moguće je sa jednog ili više nivoa.

Opsluživanje može da bude manuelno i automatizovano, odnosno kompjuterski kontrolisano. Kod komisioniranja preko *Bar Code* obezbeđuje se permanentna identifikacija odgovarajućeg nosača materijala i njegovo navođenje prema željenom redosledu u zoni zahvata materijala primenom neke optimizacione strategije.

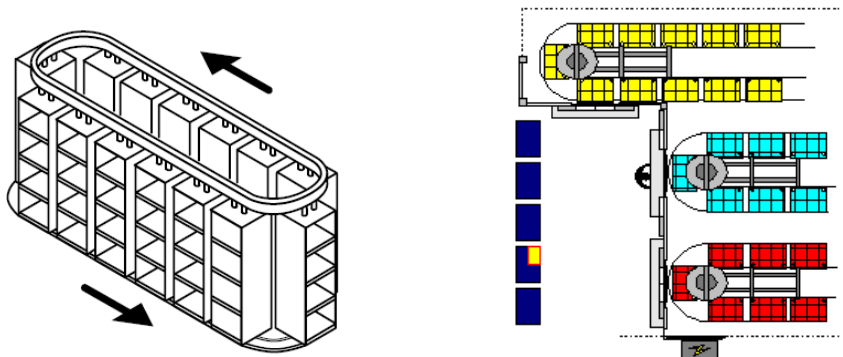


Slika 3.17. Vertikalni optočni regal [43]

Tipične oblasti primene su: za puferisanje, skladištenje i komisioniranje. Koristi se za skladištenje malih delova, alata, delova za ugradnju, dokumentacije, kutija, boks kutija, a moguća je i primena kod šipkastih materijala. Njihova primena je svrsishodna za materijale iz grupe B i C i posebno nalaze primenu u skladištima za komisioniranje. Dobro svojstvo im je dinamično postavljanje za zahvat, materijal se kreće *ka čoveku* u područje zahvata čime se redukuje kretanje radnika. Zahtevaju malu površinu čime je obezbeđeno dobro iskorišćenje skladišnog prostora. Materijal je zaštićen od prljanja i krađe. Kao nedostatak mogu se istaći velika ulaganja, nemoguć direktan pristup i relativno dugo čekanje u procesu rada na postavljanje radnog organa u odgovarajuću poziciju za izvršenje tehnološke operacije. Ukupna masa svih materijala koji se nalaze u sistemu stalno se kreće pri radu, što je sa energetskeg aspekta nepovoljno kao i mala brzina kretanja 0,1 m/s do 0,2m/s.

Horizontalni optočni regali (karusel), sastoje se od noseće konstrukcije na čijem se gornjem delu nalazi lančani trasporter koji ostvaruje horizontalno rotiranje lanca na koji su okačeni noseći elementi u obliku kutija (fahova, polica). Pored ovog oblika nosači materijala, mogu preko trčućeg stroja da se oslanjaju na pod, pri čemu je neophodno odgovarajuće vođenje, dok je pogon identičan kao i kod prvo opisane varijante, slika 3.18.



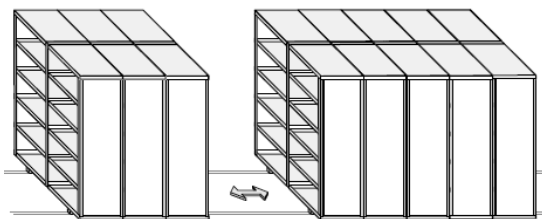


Slika 3.18 Horizontalni optočni regal [43]

U cilju boljeg korišćenja prostora regali mogu da se postave u dva nivoa sa ukupnom visinom do 7 m. Opsluživanje je na čeonj strani na mestu skretanja. Sistemi se grade od više paralelno postavljenih regala. Dužina jednog regala je do 50 m, što obezbeđuje veliki skladišni kapacitet. Brzina kretanja lanca je 0,3 m/s. Upravljanje može da bude manuelno, delimično automatizovano i potpuno automatizovano. Kod manualnog upravljanja po metodu *start-stop* jedan radnik može da izuzme 120 pozicija po jednom satu kod delimične automatizacije broj pozicija po satu je 180, a kod potpuno automatizovanog procesa kapacitet se približno udvostručava.

#### *Pokretni regali*

Pokretni regali objedinjavaju dobra svojstva blok sistema i skladištenja u redovima, naime, obezbeđuju kompaktnu strukturu skladišta, ali omogućavaju i direktan pristup svakom materijalu. Osnovna karakteristika ovog koncepta su šine ugrađene u pod na koje su preko valjaka, to jest točkova oslonjeni pogonjeni regali. Pokretni regali grade se u dve varijante, za paletne jedinice ili neke druge oblike materijala. Pogon regala je mehanički kod masenijih, a za manje je manuelan. Na mestu gde postoji potreba za ulaganjem ili zahvatanjem aktivira se pogonski sistem kako bi došlo do razdvajanja regala.



Slika 3.19 Pokretni regali

Međuprostor koji nastaje razmicanjem regala dimenzionisan je tako da obezbeđuje nesmetan i bezbedan rad viljušara, slika 3.19. Brzina kretanja regala je 0,06-0,08 m/s, kod grupnog pogona brzina je nešto veća do 0,15 m/s. Ovi regali koriste se za skladištenje i komisioniranje sitnih delova i boks kutija.

Opisan sistem koristi se i kod konzolnih regala, slika 3.20[36]. Ovaj koncept nije pogodan za sisteme sa intenzivnim protokom materijala, jer je prvenstveno namenjen za skladištenje materijala iz B i C grupe. Varijanta sa lakim regalima nalazi primenu u trgovini za skladištenje lakih delova, alata, rezervnih delova, lekova, dokumentacije i dr. Regali ovog tipa pored kompaktnosti obezbeđuju i zaštitu od krađe.



Slika 3.20 Konzolni i visoko pokretni regali

#### 3.3.4. Skladišta hladnjača

Posebnu oblast skladišnih sistema čine skladišta hladnjače, koje mogu biti specijalne za jednu vrstu i univerzalne za više vrsta proizvoda i najčešće se sreću u prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Korisna nosivost hladnjača, odnosno specifično podno opterećenje iznosi  $30 \text{ kN/m}^2$  do  $50 \text{ kN/m}^2$ . Hladnjače mogu imati po nekoliko komora u kojima se čuvaju proizvodi različitih temperaturnih zona. U ovoj vrsti skladišta vladaju netipični uslovi, kako za ljude tako i za tehniku. Poslednjih 30 godina posebno je porasla primena skladišta hladnjača sa dubokim zamrzavanjem. U skladištima prehrambenih proizvoda prevlađuju temperature oko  $-28^\circ\text{S}$ , a kod nekih i mnogo niže (krvna plazma zahteva do  $-42^\circ\text{S}$ ). Zbog ekstremnih uslova koji vladaju u skladištima hladnjača, javlja se niz problema koje treba posebno uzeti u obzir pri planiranju, kao što su:

- formiranje ledenog omotača na uređajima i njihovim delovima,
- opasnost od korozije,
- viskozitet sredstava za podmazivanje,
- poroznost plastičnih i gumenih delova,
- lomljenje elektro-kablova,
- napajanje strujom,
- smanjenje kapaciteta elektro-baterija,
- razvijanje toplote na pogonskim i elektonskim elementima,
- voda je nepodobna za gašenje posebno kod automatskih sistema i dr.

Osnovni princip kod skladištenja duboko hlađenih proizvoda je poštovanje to jest održavanje neprekinutog lanca hlađenja, čije rešavanje se zahteva već u fazi gradnje skladišta. Skladišta sa dubokim hlađenjem oblažu se termičkim izolacionim materijalima sa unutrašnje i spoljašnje strane. Međutim, kod varijanti koje su koncipirane kao silosi zadovoljavajući rezultati se postižu samo primenom spoljne izolacije. Neophodni otvori za povezivanje sa okruženjem moraju se izvesti primenom takvih rešenja koja eliminišu nepotrebno zagrevanje hladnjače, ali koja obezbeđuju i izjednačavanje temperatura za razlike do  $50^\circ\text{S}$ . Rešenja koja obezbeđuju zadovoljenje ovih zahteva su vazdušne zavese i termo brane. Na mestima sučeljavanja treba izbegavati kontinualne transportne sisteme u obliku transportera.

Standardna skladišna i transportno manipulativna sredstva ne mogu se koristiti kod ovih skladišta bez funkcionalnih ograničenja zbog formiranja ledenog omotača na uređajima, što zahteva određena prilagođenja, koja podrazumevaju poseban izbor komponenti od kojih se oni izrađuju. Umesto PVC/PE kablova koriste se gumeni

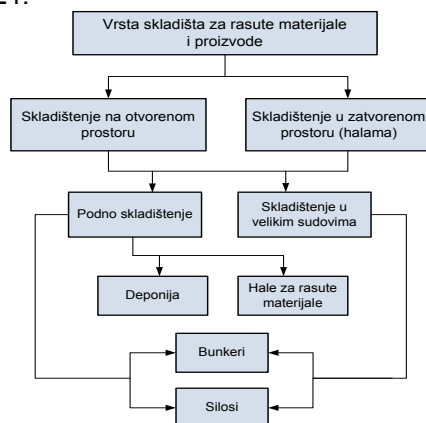
kako bi se izbegao rizik od poroznosti, specijalna maziva i ulja, trake za transportere izrađuju se od poliuretana. Radi kompenzovanja toplote koja nastaje pri radu elektronskih komponenti obavezna je upotreba plastičnih kućišta. Ova kućišta treba da budu vodonepropustiva i rezistentna na koroziju. Da bi se sprečilo lomljenje elektro-kablova obavezna je primena specijalnih izolacionih materijala. Pri izboru pomoćnih skladišnih sredstava (paleta i boks kutija), takođe se moraju koristiti kvalitetni materijali za njihovu izradu. Drvene palete se u hladnjačama koriste samo u slučaju nužde, daleko su pogodnije plastične palete iz higijenskih razloga. Ovi dodatni i drugi specifični zahtevi imaju za posledicu povećanje troškova nabavke, eksploatacije i održavanja takvih sistema.

Pri dimenzionisanju skladišta mora se obratiti pažnja na minimalno potrebno rastojanje između paleta. Kod blok sistema skladištenja postoji opasnost od prisustva *toplotnih gnezda*. Eliminacija ovih gnezda zahteva razmicanje materijala, dok je sa druge strane veoma bitno korišćenje prostora kako bi se snizili troškovi energije potrebne za hlađenje (na 50 m<sup>2</sup> obezbediti po 1 m sa strane svakog bloka). Pored tehničkih aspekata pri planiranju neophodno je i uvažavanje ergonomske posebnosti. Dugmad i rukohvati treba da budu tako koncipirani da ih lako mogu hvatati radnik sa rukavicama. Prilagođavanje komisione tehnike, takođe zahteva određenu pažnju. Pri planiranju skladišta hladnjača pored tehničke strane moraju se uzeti u obzir higijenski zahtevi, mere zaštite na radu kao i regulativa iz oblasti protiv požarne zaštite. Kod automatizovanih sistema za gašenje požara ne mogu se koristiti voda, već mešavina vode i glikola.

Da bi se obezbedila kontrola hladnog lanca u skladištu, neophodna je primena specijalnih uređaja kojima se prati temperaturni režim. Ovo je bitno što kontrolni organi kod preuzimanja veliku pažnju poklanjaju temperaturnom režimu. Pored zadovoljenja tehničkih uslova kod projektovanja skladišta hladnjača mora se uzeti u obzir i faktor čovek, naime, mora se definisati adekvatno radno vreme kao i maksimalno zadržavanje u hlađenoj zoni.

### 3.3.5. Skladišta rasutih materijala

Skladištenje rasutih materijala ostvaruje se na otvorenom prostoru formirajući različite oblike deponija ili u natkrivenim prostorima, odnosno grade se u uslovno zatvorenim oblicima, kao što su: nadstrešnice, zatvorene hale i/ili specijalni oblici velikih sudova (bunker, silosi), slika 3.21.



Slika 3.21. Oblici skladišta za rasute materijale i proizvode

Kod zatvorenih objekata, oblik objekta određuje oblik sloga što zavisi od vrste materijala koja se skladišti.

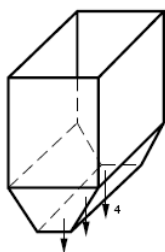
#### *Podno skladište za rasute materijale*

Podno skladište za rasute materijale primenjuje se na otvorenom i/ili zatvorenom prostoru. Na otvorenom se skladište materijali neosetljivi na atmosferske uticaje kao što su: uglj, ruda, pesak, itd. Ova skladišta imaju oblik deponije na kojima materijali formiraju različite slogove. U zavisnosti od vrste materijala i mehanizacije koja se koristi na otvorenim skladištima, formiraju se različiti oblici slogova (kupasti, piramidalni, linearni, polarni). Kupasti slog formira se kod manjeg obima rada, putem nasipanja najčešće bagerom ili trakastim transporterom, piramidalni za veće količine nego kod kupastog sloga, linearni za izuzetno velike količine i polarni kod ograničenih količina materijala. Razastiranje kupastog i piramidalnog oblika vrši se pomoćnim sredstvom, najčešće nekom od građevinskih mašina. Visina to jest debljina sloga zavisi od prirodnih i fizičkih svojstava materijala, to jest ugla prirodnog nasipanja, a time i potrebna površina za uskladištenje, mada se određenim korekcijama kao što je izgradnja potpornih zidova situacija može donekle poboljšati. Površina deponije mora da bude izvedena sa dobrim sistemom za odvodnjavanje. Za realizaciju operacija uskladištenja i izskladištenja koriste se različiti tipovi sredstava mehanizacije: pretovarni mostovi s grabilicom ili Hajcelmanovim elevatorom, ramne i portalne dizalice, trakasti transporteri, transporter strugač, bageri sa radnim kolom i kod istovara železničkih kola specijalni uređaji za kipovanje koji su ugrađeni u skladišni objekat.

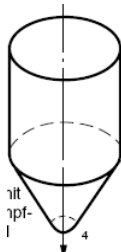
U halama se skladište rasuti materijali osetljivi na atmosferske uticaje, kao i materijali koji se moraju zaštititi od zagađenja, to su obično: soli, veštačka đubriva, itd. Površina deponije mora da ima čvrstu podlogu sa zaštitnim slojem koji se ne kruni, to jest ne generiše prljanje materijale. Mehanizacija koja se najčešće koristi u halama za rukovanje obično su: trakasti, inercioni, pneumatski transporteri, bageri, viljuškari sa kašikom, utovarivači itd.

#### *Skladištenje rasutih materijala u specijalnim sudovima*

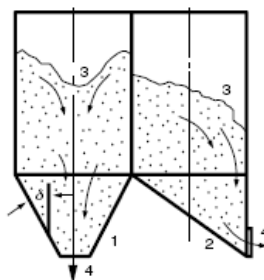
Veliki sudovi (silosi i bunker) za skladištenje rasutih materijala mogu da budu postavljeni na otvorenom ili u zatvorenom prostoru. Silosi se grade od drveta, betona, metala ili plastike za skladištenje: žita, đubriva, granulata za izradu plastike, kafe, cementa, kvarcnog peska itd. Silosi se grade sa različitim oblicima, a najčešće su cilindričnog oblika postavljeni vertikalno. Bunker se izrađuju od čelika, betona lakih metala i plastike. Prave se u različitim oblicima koji zavise od vrste materijala i prostornih mogućnosti. Na slici 3.22 prikazani su karakteristični oblici bunkera: a) prizmatičan, b) cilindričan i c) u obliku džepa.



a) prizmatičan



b) cilindričan



Legenda: 1. Prav ispušt, 2. Kos ispušt 3. Levak, 4. Izpušt

Slika 3.22. Karakteristični oblici bunkera

### Punjenje i pražnjenje silosa

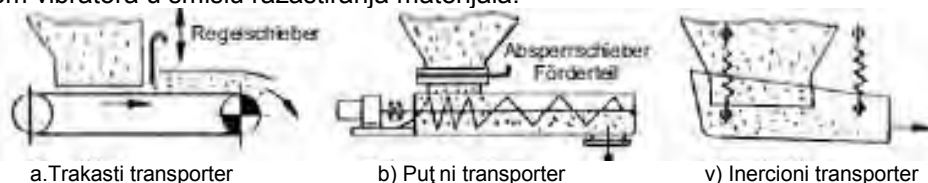
Punjenje silosa realizuje se sredstvima sa kontinualnim i diskontinualnim dejstvom, ili direktnim kipovanjem iz vozila. Pri punjenju silosa, materijal obično prihata levak iz koga se dalje transportuje do silosa trakastim transporterom. Pražnjenje silosa obavlja se pod dejstvom gravitacije kontinualno preko zatvarača, dalji transport od silosa obično se realizuje transporterima sa kontinualnim dejstvom, slika 3.23 [35].



Slika 3.23. Razni oblici zatvarača na silosima

Zatvarači se aktiviraju na različite načine manuelno ili mehanički preko pneumatskog cilindra ili elektromotora. Pražnjenje silosa ili bunkera često zahteva kontrolisano pražnjenje, to jest doziranje.

Za doziranje koriste se različiti sistemi, slika 3.24. Brzina isticanja to jest količina koja ističe iz silosa može se regulisati položajem zatvarača, odnosno površinom preseka otvora za isticanje, preko brzine trake trakastog transportera, broja obrtaja puša kod pušnog transportera, frekvencije kod inercijalnog transportera ili primenom vibratora u smislu razastiranja materijala.



Slika 3.24. Razni oblici transpornih sistema za pražnjenje silosa odnosno bunkera

Na otvorenim skladištima tipa deponija pristup materijalima je sa strane ili odozgo, a kod specijalnih oblika sudova odozdo čime se i definišu tehnologije pretovara.

#### 3.3.6. Ostali tipovi skladišta

Pored prethodno opisanih tipova skladišta, postoje skladišta za: opasne materije, tečne i gasovite materijale i dr. koja se takođe koriste u proizvodnji ili kao specijalizovano namenska skladišta.

**Skladišta opasnih materija** predstavljaju specijalan tip skladišta koja rade pod posebnim zakonskim uslovima. Mogu biti manja ili veća, u vidu javnih ili specijalno namenskih skladišta. Manja skladišta čuvaju opasne materije u količini koja je manja od propisane Zakonom, pri čemu sve materije po klasama (klase 1-9) moraju sadržati oznake da je reč o materijama koje izazivaju opasnost. Poseban značaj kod ovog tipa skladišta ima procena rizika koja mora biti regulisana posebnim aktom vlasnika skladišta to jest Pravilnikom o proceni rizika, u kome moraju biti identifikovani:

- potencijalni uslovi izbijanja požara po vrstama opasnih materija koje se čuvaju u skladištu,
- opasna mesta u procesu skladištenja i načini rukovanja,

- mogući rizici i njihova kontrola,
- meĀuzavisnost fiziĀkih i hemijskih reakcija izmeĀu razliĀitih materija,
- tipovi i karakteristike nezgoda, direktno i indirektno dejstvo,
- raspored zona skladištenja po vrstama materijala i naĀini njihovog obezbeĀenja,
- vrste poĀ ara i naĀini njihovog gašenja i dr.

Poseban znaĀaj imaju pakovanje i tehnologija skladištenja opasnih materija. U zavisnosti od jedinice pakovanja zavisi i tehnologija skladištenja. Ako su u pitanju kutije, moraju biti dobro zatvorene, otporne na udare, pravilno sloĀ ene i razdvojene po vrstama opasnih materija, jedinice osnovnog pakovanja od stakla treba da budu skladištene iznad ostalih kutija da ne bi dolazilo do lomljenja i dr. Opasne materije mogu biti skladištene u vidu regalnih skladišta, ili blokovski kod podnog skladištenja. Primeri pravilnog i nepravilnog skladištenja dati su slici 3.25.



Slika 3.25. Pravilno i nepravilno skladištenje opasnih materija

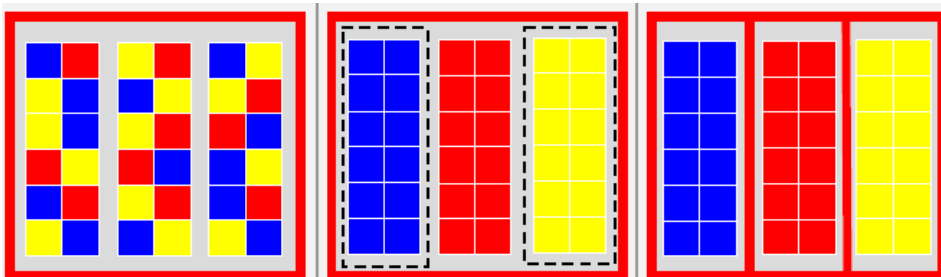
Skladištenje opasnih materija Āesto zahteva posebne tehniĀko-higijenske uslove: upotreba friĀ idera, stabilizatora i kompresora za cirkulaciju vazduha, postavljena vodovodna instalacija i aparati za gašenje posebnih vrsta poĀ ara, pregradni zidovi i posebne ograde, putevi za evakuaciju, odgovarajuĀe osvetljenje, radnici posebno obučeni za rad u ovom tipu skladišta, propisno odeveni i mnogi drugi uslovi. Posledice koji mogu da izazovu odreĀeni materijali u dodiru sa drugim materijalima izazivaju odreĀene akcidente, tabela 3.2.

Tabela 3.2. Prikaz reakcija izmeĀu razliĀitih materijala

Materijal A	+	Materijal B	=	Posledica
Kiseline	+	Metali	=	Samozapaljivo (voda-gas)
Oksidaciona sredstva	+	Organski materijal	=	PoĀ ar, eksplozija
Cijanid	+	Kiseline	=	Otrovno telo (voda-gas)
Sulfidi	+	Kiseline	=	Otrovan sumpor-vodoniĀni gas
Alkalni metali	+	Voda	=	Samozapaljiv vodoniĀni gas
Karbid	+	Voda	=	Lako zapaljiv acetilen gas
Kiselina	+	LuĀ ina	=	Ekstremna ehotermiĀka reakcija
Metalni prah	+	Vodeni rastvor	=	Samozapaljivo oslobaĀanje toplote
Metalni prah	+	Vazduh	=	Samozapaljivo
Azotna kiselina	+	Org.materije i metali	=	Otrovan nitrozni gas
IzbeljivaĀi	+	Kiselina	=	Otrovan hlorni gas

Zbog mogućih posledica, u cilju smanjenja rizika u skladištima sa opasnim materijama, mora se voditi računa o načinu skladištenja određenih opasnih materija. U osnovi, postoji tri sistema, slika 3.26:

- zajedničko skladištenje, koje podrazumeva različite materijale sa istom klasom poţarne opasnosti, bez posebnog razdvajanja opasnih materija,
- odvojeno skladištenje, razliĉitih opasnih materija pod odreĉenim specifiĉnim zahtevima uz poštovanje odreĉenih rastojanja,
- separatno skladištenje, sa zidovima koji u potpunosti razdvajaju opasne materije bez obzira na stepen opasnosti.



Slika 3.26. Oblici skladištenja opasnih materija  
*Skladišta za teĉne i gasovite materijale*

Teĉni i gasoviti materijali, u zavisnosti od koliĉine i naĉina pakovanja mogu se skladištiti kao komadne pošiljke kod malih pakovanja, ili u rezervoarima ako su u pitanju velike koliĉine. Rezervoari se koriste za skladištenje prehrambenih proizvoda, raznih vrsta goriva, proizvoda petrohemijske industrije (sumpor-dioksida, teĉni azot, vodonik, komprimovani vazduh), plina i drugih teĉnosti i gasova.

Po naĉinu ugradnje, mogu biti vertikalni ili horizontalni. Prema poloţaju ugradnje, mogu biti nadzemni (sa otvorenim krovom ili natkriveni), poluukopani, podzemni, prenosivi ili podvodni kod naftnih platformi i bušotina. Po svom obliku, mogu biti sferni, eliptiĉni, cilindriĉni, ili u obliku kvadra postavljeni na posebna postolja. Prema broju komora, mogu biti sa jednom do ĉetiri komore, posebno namenskih u kojima se ostvaruju razliĉiti temperaturni reţimi (hlaĉenje/grejanje), bilo kog fluida u svim komorama celog rezervoara. Zapremina rezervoara je razliĉita, za manje potrebe 1000 do 5000 za veće koliĉine horizontalni 10000 l do 200000 l, vertikalni 1000 l do 55000 l, duţine 1800 mm do 16000 mm, preĉnika 1270 mm do 4000 mm, mase sa jednostrukim zidom 243 kg do 14200 kg i dvostrukim zidom 460 kg do 25400 kg. Izraĉuju se od ugljeniqnog ili nerĉajućeg ĉelika unutra eboniran ili ne, sa jednim ili dva omotaĉa termoizolovan, zatim od fiberglasa, plastike (RE i RR), titanijuma, stakla, betona i retko od drveta, slika 3.27.



Horizontalni metalni



Horizontalni sa komorama



Vertikalni

Slika 3.27. Osnovni tipovi rezervoara

Ukupna zapremina horizontalnih i vertikalnih cilindriĉnih rezervoara odreĉuje se pribliţno  $V = \pi r^2 h$ . Meĉutim, ako se vrši delimiĉno punjenje tada nastaje problem odreĉivanja



ispunjenosti rezervoara kao i problem brzine punjenja koja zavisi od dužine priključnog sistema, zapremine rezervoara, brzine toka i vrste fluida. U svetu se koristi veliki broj softvera za izračunavanje zapremina i pretvaranje raznih mernih sistema.

Rezervoari manjih zapremina poseduju: priključke (za punjenje i pražnjenje), sigurnosnu i mernu opremu, kontrolni otvor i otvor za čišćenje rezervoara, drenažni vod, uške za kačenje. Rezervoari većih zapremina, pored navedenog sadrže i: unutrašnje merdevine, galeriju, ogradu i drugu opremu po zahtevu korisnika. Novi rezervoari za tečnosti, opremljeni su fiber-optičkim monitoring sistemom (*Liquid Level Meter*) koji prate količinsko i termostatičko stanje bilo koje tečnosti, sa vrlo preciznom rezolucijom 0,1-1mm, bez kalibracije i protok po ulaznim ventilima usaglašen sa protokom na pumpama, slika 3.28.



Monitorig uređaj

Displej za očitavanje

Senzorski merač

Slika 3.28. Komponente monitoring uređaja

U praksi postoji veliki broj različitih tipova rezervora, u zavisnosti od geometrijskih i konstruktivnih svojstava, nosivosti, vrste materijala od kojeg su proizvedeni, mesta i načina ugradnje i najbitnije od svrhe upotrebe. Mogu biti, ali nisu univerzalni već zahtevaju precizne specifikacije zahteva i uslove korišćenja.

### 3.3.7. Prateći elementi skladišta

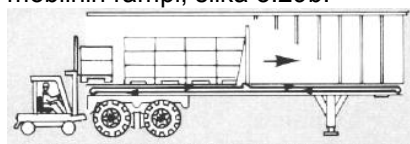
Planiranje konfiguracije prostora oko skladišta, projektuje se u idejnom projektu i realizuje glavnim izvođačkim projektom skladišta. Oblik i vrstu skladišta treba razmatrati zajedno sa pretovarnim frontovima, jer količina i vrsta materijala utiču na troškove gradnje, tehnologiju rada i transportno-manipulativna sredstva. Tehnologija rada osnov je projektovanja gračevinskog oblika (prostora) skladišta i njegovih pratećih objekata. Suština je u definisanju dužine i širine pretovarnog fronta sa strane onog vida prevoza kojim se skladište opslužuje, ograničenja u konfiguraciji koji rezultira iz *layout*-a vezano za načine postavljanja vozila (trolezijska kola/sredstva vodnog saobraćaja paralelno se postavljaju, drumska vozila paralelno, upravno i koso), raspoloživog prostora i dr. Najčešći tip skladišta, a time i pratećih objekata rampi i manipulativnih površina) pravougaonog je oblika mada postoje i skladišta u L ili T obliku, što daje mogućnost produženja saobraćajnica unutar skladišnog prostora uz direktnu primenu nekih tipova transportno-manipulativnih vozila.

Rampe su prateći elementi skladišta, koje imaju zadatak da obezbede odgovarajuću visinu, odnosno da postignu izjednačavanje visine istovarne platforme i visine poda kamiona-vagona. Prema načinu postavljanja i položaju koji zauzima u odnosu na utovarno-istovarni kolosek rampa može biti: bočna, čelna, kombinovana, a po mobilnosti fiksna stabilna ili mobilna. Bočne rampe su podužne i pružaju se paralelno sa manipulativnom površinom, drumskom saobraćajnicom ili kolosekom. Mogu biti s navozom sa čela, sa strane i navozom sa čela i strane. Na industrijskim kolosecima se koriste za utovar-istovar paletizovanih teretnih jedinica kod zatvorenih G-kola i otvorenih E-kola. Visina bočne rampe iznosi 1.1 m do 1,2m iznad GIŠ-a. a za drumska vozila 0.9 m do 1.0 m, dužina bočnih rampi zavisi od broja kola koja se



čele istovremeno postaviti, ali ne sme da bude dužina od 150 m. Ukoliko se proračunom dobije veća dužina, grade se dve rampe. Čeone rampe služe za utovar-istovar sa čeone strane kola ili drumskog vozila. Koriste se u kombinovanim tehnologijama, kao i kod kopneno-vodnih tehnologija. Visina iznad GIŠ-a iznosi oko 1.25m, a širina je obično 5m, dok je dužina najmanje 10m. Kombinovana rampa je kombinacija bočne i čeone rampe. Visina fiksne rampe približno odgovara visini poda vozila i kreće se 0.90 m -1.25 m, a kod huckepack tehnologije 0.30 m do 0.65 m.

Kao tipična tehnološka rešenja postoje dva slučaja: prvi slučaj, kada su nivo saobraćajnice, poda skladišta i/ili nivo fronta pretovara (fiksne rampe skladišta) ispod nivoa utovarne površine vozila, pri čemu se koriste najčešće dva sлагаča, jedan koji vrši dovoz do vozila i stavljanja materijala na pod vozila i drugo sredstvo koje pome-ra materijal duž vozila, slika 3.29a. Utovar se može vršiti i putem posebnih tipova mobilnih rampi, slika 3.29b.



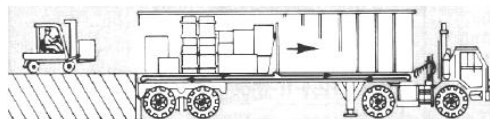
a) Utovar u vozilo



b) Utovar sa uslaskom sredstva putem mobilne rampe i/ili platforme

Slika 3.29. Načini utovara vozila

Drugi slučaj, kada su nivo saobraćajnice, skladišta i nivo fronta pretovara približno u nivou utovarne površine vozila, najčešće se koristi jedan sлагаč, koji vrši dovoz do vozila i utovar unutar vozila, slika 3.30 a i b. Neznatne visinske razlike između poda vozila i pretovarnog fronta prevazilaze se prelaznicama (mosnicama) koje mogu biti: mehaničke ili hidraulične i platforme na vozilima ili posebne u okviru skladišnog mesta.



a) Utovar putem fiksne rampe



b) Pretovar u železnička kola

Slika 3.30. Pretovar vozila sa rampe u nivou

Za prelaz s rampe u vozilo, i obrnuto, koriste se prelaznice različitih dimenzija i nosivosti, za prelaz:

- ručnog viljuškara s rampe u drumsko ili železničko vozilo, širine 0.60 m do 0.90 m, a nosivosti 30 kN,
- motornog viljuškara, širine 1.60 m do 2.20 m, nosivosti do 50 kN,
- drumskih ili železničkih vozila (RO-RO tehnologija) širine 6.60 m do 18.50 m, nosivosti do 2000 kN.
- Kod nekih skladišta, ne postoje fiksne rampe usled nedostatka ili uštede prostora, već se pretovar vrši direktno preko vrata skladišta koja se nalaze u nivou poda vozila.

Skladišne rampe su uzdignuti prostori zajedno s magacinom. Na ove rampe smeštaju se pošiljke koje po svojoj prirodi ne moraju da se smeste uskladište, bilo zbog dimenzija ili nisu podložne atmosferskim padavinama. Skladišne rampe mogu da budu pokrivene nadstrešnicom, delimično pokrivene ili otvorene. Visina skladišne rampe sa strane koloseka iznad GIŠ-a kreće se 1.10 m do 1.12 m. Za rad viljuškara

pogodna je visina od 1.20m. Visinu sa strane drumu slot nije je odrediti zbog visinske razlike podova drumskih vozila. Ona se kreće od 0.90-1.45m. Površina skladišne rampe proračunava se po sledećem modelu:

$$P_r = \frac{Q_{\text{god}} \times Y \times t_0 \times \beta}{T \times p} \text{ (m}^2\text{)}$$

Gde su:  $P_r$  – površina rampe (m<sup>2</sup>),

$Q_{\text{god}}$  – godišnja količina robe koja se smešta na rampu (t/god.),

$Y$  – koeficijent mesečne neravnomernosti ( $Y > 1$ ),

$t_0$  – prosečno vreme zadržavanja kola/vozila na rampi (h),

$\beta$  – koeficijent povećanja neto-korisne površine za prelaz mehanizacije i radnika,

$T$  – broj radnih dana u godini,

$p$  – specifično podno opterećenje rampe (t/m<sup>2</sup>).

Preradna sposobnost rampe u broju kola dobija se po sledećem obrascu:

$$P_{\text{ik}} = \frac{P_r \times p}{P_s \times t_0 \times \beta} \text{ (КОЛА)}$$

Gde je:  $P_s$  – statičko opterećenje kola (t/kolima).

Prethodno je spomenuto, da se vozila na frontu pretovara mogu postavljati upravno, paralelno ili pod nekim uglom u zavisnosti od gradnje objekta. Kod skladišta vrlo je bitna površina i način postavljanja vozila u odnosu na ulaze u skladište. Površina za parkiranje jednog vozila je prostor u koji ulaze širina i dužina vozila, zaštitne zone u stanju mirovanja i polovina širine prolaza, pri čemu druga polovina širine prolaza pripada narednom paralelnom mestu za parkiranje. Ova površina zavisi prvenstveno od dimenzija vozila koje preovlađuju, u radu skladišta, a takođe zavisi i od: manevarskih sposobnosti, ugla parkiranja (paralelno, pod uglom, upravno), načina parkiranja (hodom unapred, hodom unazad), spretnosti vozača, trajnosti parkiranja i dr. Određivanje površine za parkiranje za potrebe u budućnosti, zavise od tendencije razvoja teretnih vozila.

**Vaganje** predstavlja neizostavanu aktivnost u mnogim proizvodnim i skladišnim procesima tako da se u intralogistici koristi veliki broj vaga različitih funkcionalnih sposobnosti i klasa, kao što su vage za:

- skladišne namene 1 kN do 20 kN (1 kN≈100 kg),
- posebne namene 30 kN do 90 kN,
- merenje drumskih vozila, 100 kN do 600 kN,
- merenje šinskih vozila do 1000 kN,
- uvrećavanje i pakovanje 0,01 kN do 0,5 kN,
- merenje protoka (zapreminskog),
- elektronsko merenje tzv. platforma umrežene vage.

Po mestu lokacije vage mogu biti unutar proizvodnih i skladišnih objekata, ili na otvorenom prostoru. Skladišne vage su namenjene za merenje raznih komadnih materijala, pojedinačnih i zbirnih (kutije, sanduci, vreće i dr.) i mogu biti mehaničke ili digitalne. Opseg merenja i ostalih tehničkih karakteristika date su na slici 3.31.



Tip vage	Nosivost / Podela	Opseg merenja (kg)	Velicina mosta
SV1	100kg/100g	2kg do 100kg	520x640
SV2	200kg/100g	2kg do 200kg	600x800
SV3	300kg/100g	2kg do 300kg	710x850
SV5	500kg/100g	4kg do 500kg	750x880
SV10	1000kg/500g	10kg do 1000kg	850x945
SV20	2000kg/1000g	20kg do 2000kg	1250x1200

Slika 3.31. Prikaz skladišne mehaničke vage i opseg merenja

Vage za posebne namene koriste se kod merenja specijalnih materijala, prvenstveno šipkastih, pločastih i dr., slika 3.32.



Tip vage	Nosivost / Podela	Opseg merenja (kg)	Velicina mosta
SVS 3	3000kg/1000g	75kg do 3000kg	2000x1700
SVS 5	5000kg/1000g	125kg do 5000kg	3000x1600
SVS 9	9000kg/2000g	225kg do 9000kg	5000x2100

Slika 3.32. Prikaz vage za merenje šipkastih materijala

Vage za merenje drumskih vozila nosivosti 100 kN do 600 kN i vage za merenje šinskih vozila nosivosti do 120 kN, rade na istom principu tačnosti 1:5000 do 1:10.000. Dužina mosta vage kreće se od 8 m do 20 m. Mogu biti protočne, gde se vozila vagaju bez zaustavljanja (dinamičko merenje), slika 3.33a i fiksne slika 3.33b, gde se vozila zadržavaju na vagi do završetka merenja.



a. Drumaska protočna vaga



b. Železnička fiksna vaga

Slika 3.33. Prikaz kolskih vaga

Nailazak vozila na merni most moguć je iz oba pravca, što je uslovljeno tehnologijom rada na vagi. Obično je predviđena svetlosna signalizacija za brzine kretanja vozila, i to: zeleno svetlo za brzinu manju od 7km/h, žuto svetlo za brzinu 7 km/h do 10km/h i crveno za brzinu od 10km/h. Vagon se meri u pokretu pri brzinama manjim od 7 km/h, a ako je brzina veća, rezultati se ne štampaju. Sve operacije vaganja obavlja operater preko posebnog video terminala. Kod vaganja posebno se utvrđuje sopstvena masa, znači vagaju se: prvo prazna železnička ili drumaska vozila radi utvrđivanja tare, zatim tovarena železnička ili drumaska vozila vagaju radi utvrđivanja neto mase tovarjenja i tovarena vozila nakon skidanja pretega, odnosno dotovara do potrebne količine.

Kod kombinovanih vaga drumaska vozila nailaze preko šina, što znači da merni most mora biti proširen sa jedne ili obe strane. Ispred konstrukcije vage uređuje se ulaz za drumaska vozila. Najbitnije je da se vaga locira na pravom mestu u preduzeću, ili nekom obliku robnog terminala, nikako na kolosecima na kojima se obavlja manevarski rad zbog mogućih kvarova, već na posebnom koloseku.

Most vage je kombinacija betonskih ploča (6 m · 3 m) izlivenih u čeličnim nosačima, koji predstavljaju istovremeno i površinu za prijem vozila. Mosna konstrukcija može biti smeštena u plitku betonsku jamu ili na ravnu betonsku površinu. Dubina jame (ili visina navoza, ako je na ravnoj površini) je do 500 mm. Radi nailaska vozila, ispred i iza vage, ugrađuju se prilazne rampe u minimalnoj dužini od osam metara i sa maksimalnim nagibom od 5%, ako je u pitanju nadzemni tip vage. Svaka vaga povezana je računarom koji se dobija zajedno sa specijalno izračenim programom za ovu namenu. Kompjuter pamti (i štampa po potrebi) sve odvage i računa razliku između, recimo, punog i praznog (istovarenog) vozila i sl.

Veliki je raspon digitalnih podnih vaga za uvrećavanje, pakovanje i merenje protoka. Za upotrebu u proizvodnji, koriste se kao stolne, podne ili platformske. Veličina platforme od 42 cm · 52 cm i 52 · 62 cm raspona merenja 0,01 kN do 5 kN. Niskoprolifne platformske vage su obično 100 cm · 100 cm. Moguća je kombinacija sa dozirnim uređajima za uvrećavanje roba u rasutom stanju, ili u obliku vage za brojanje jediničnih roba (vijci, navrtke, ekseri, kalemi i sl.).



Dizalične vage predstavljaju poseban oblik industrijskih vaga i koriste se za vaganje pojedinačnih tereta u raznim proizvodnim procesima, prvenstveno u kombinaciji sa kukom ili magnetom. Za veće nosivosti mogu biti hidraulične, polužne ili elektronske. Za male mase koristi se i klasičan opružni dinamometar. Hidraulične rade na principu promene pritiska u hidrauličnom sistemu, dok polužne rade putem prenosnih poluga. Elektronske imaju mogućnost direktnog povezivanja na računar sa daljinskim upravljanjem. Opseg merenja ovih vaga je od 100 kg, 300 kg, 600 kg pa do 1000 kg, 3000 kg, 10.000 kg, 15.000 kg i 20.000 kg. Tačnost odvage za 100 kg - 0,02 kg, 1000 kg - 0,1 kg, 3000 - 0,5 kg, 10.000 kg – 2 kg (1:5.000) i dr.

U industriji sve više se koriste modularne elektronske platforme vage, koje omogućavaju merenje materijala na više različitih mesta u lokalnom procesu proizvodnje, čime se prate rezultati merenja za svaku vagu posebno ili zbirno putem (LAN), ili ekstra net (WLAN) mreža, slika 3.34. Ovakvim vaganjem omogućena je automatizacija procesa, kontrola utrošenog materijala i integracija sa drugim računarskim sistemima.



a) Elektronska platforma vaga za više merenja



b) Elektronska platforma vaga za merenja na jednom mestu

Slika 3.34. Monitori elektronskih platforma vaga

Glavni razlozi zbog kojih se danas sve više koriste digitalni merni sistemi jesu:

- eliminacija i neutralizacija smetnji izazvanih elektromagnetskim i električnim poljima, kao i bezbednosni aspekt ograničenja opterećenja a time i merenje rada dizalica (tonametara),
- mogućnost merenja puta i brzine kretanja materijala,
- velika dinamičnost vage, preciznost vaganja, pozicioniranje materijala i dr.,
- jednostavnija kalibracija i održavanje, kratki rokovi baždarenja (svakih šest meseci), ili po potrebnoj dokumentaciji,
- jednostavno dijagnosticiranje i detekcija nastanka kvara,
- uređaji za sprečavanje prekomernog rada (graničnici, naleti, preteg...),
- daljinsko upravljanje.

Kod rukovanja materijalima neophodna je zaštita materijala u skladištima usled klimatskih uslova i oštećenja, tako da se zahtevaju određeni načini zatvaranja skladišta. Najčešće se koriste aluminijumska metalna ili prozirna vrata od PVC-a sa automatskim mikroprocesorskim upravljanjem do 2 m/sec, visine do 7 m i širine do

8 m (rolo, spiralna, zglobna ili specijalna), elastična (plastične trake) ili vazdušne zavese, slika 3.35. Kod nas nema primene tunelskog zatvaranja skladišta.

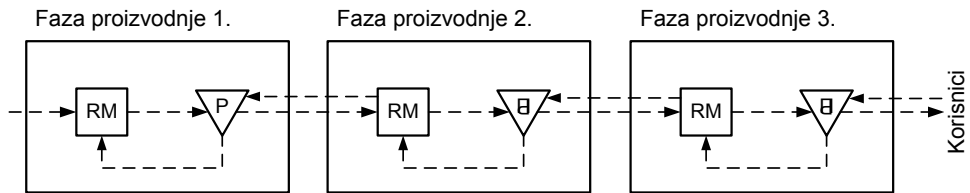


Slika 3.35. Prikaz načina zatvaranja skladišta

Od dodatne opreme, u intralogistici koristi se veliki broj kontrolne i merne opreme u koju spadaju razni mehanički ili automatski brojači, sistemi za beleženje i održavanje temperature, transportni frižideri i dr.

### 3.4. SISTEMI KOMISIONIRANJA

Komisioniranje je centralni tehnološki proces skladišta, jer obuhvata oko 60% svih aktivnosti u skladištu, čiji je osnovni zadatak da prema traženoj specifikaciji poručioca, od ukupne raspoložive količine, koja se čuva u skladištu kao zaliha (sortiment), izdvoji deo količine materijala ili proizvoda koji su neophodni u zahtevanom trenutku. Pojavljuje se na različitim mestima u logističkom sistemu. U proizvodnji se realizuje radi prilagođavanja potrebama određene faze proizvodnje, obrade (kada je često deo termin plana), kao pufer poluproizvoda u montaži, ili kod prilagođavanja gotovih proizvoda zahtevima nove proizvodnje, odnosno u međufaznom procesuiranju između radnih mesta, slika 3.36.



Slika 3.36. Položaj pufera u fazama proizvodnje

U distribuciji sprovodi se sa ciljem da se pozicije prema nalogu korisnika izdvoje iz ukupnog asortimana i dostave, što je moguće pre prema prihvaćenim zahtevima za servis stepen (verovatnoću usluge kupca). Jedna nova mogućnost primene komisioniranja je u lancu isporuke koja je definisana kroz koncept *Cross-Docking-a*. Ovaj princip primenjuje se kod osetljivih materijala koji se moraju dostaviti u što kraćem roku, čime se postiže kraći obrt bez zamrzavanja kapitala kroz direktnu finalnu dostavu, uz izbegavanje nepotrebnih aktivnosti u manjim sopstvenim filijalama. Sistemi za komisioniranje često zahtevaju složenije procedure i operacije u odnosu na konvencionalne operacije u realizaciji skladištenja i pretovara, zbog čega komisioniranje predstavlja troškovno intenzivnu funkciju u intralogistici. Iz ovih razloga neophodna je precizna analiza uticajnih veličina u cilju adekvatnog oblikovanja procesa komisioniranja.

### 3.4.1. Uticajni faktori u sistemima za komisioniranje

Izbor i dimenzionisanje sistema za komisioniranje veoma je zavistan od spoljnih i unutrašnjih uticajnih faktora, koji uslovljavaju urećenje sistema komisioniranja i kao takvi moraju da budu uzeti u obzir prilikom njegovog planiranja, tabela 3.3.

Tabela 3.3. Uticajni faktori u komisionom sistemu

Interni uticaji u preduzeću					
Vreme	Fleksibilnost	Struktura materijala i proizvoda	Struktura naloga	Funkcije pre i posle skladištenja	Zahtevano vreme amortizacije
↓	↓	↓	↓	↓	↓
Komisioniranje					
↑	↑	↑	↑	↑	↑
Branša	Pozicija u Supply Chain-u	Zakonske odredbe	Zahtevi tržišta	Zahtevi pre i posle sistema skladišta	Ekološki zahtevi
Eksterni uticaji na preduzeće					

Kako se uticajni faktori menjaju od slučaja do slučaja, ne može se dati opšta preporuka za izbor sistema za komisioniranje. Tek po uzimanju u obzir ograničenja i uticajnih veličina može se izabrati *optimalan* sistem za komisioniranje. Ukoliko se ne sagledaju pomenuti zahtevi može doći do pogrešnog koncipiranja sistema za komisioniranje sa značajnim nepovoljnim posledicama. Od internih uticaja, faktor vremena ima najveći značaj u komisioniranju. Kraće vreme realizacije naloga, podrazumeva efikasniji transport, kratko vreme prenosa informacija i dr. Poštovanje ugovorenih termina, jedan je od zahteva koji ima značajan uticaj na sisteme za komisioniranje. U eksterne faktore koji deluju na komisioniranje ubrajaju se: branša u kojoj preduzeće deluje, pozicije komisioniranja u lancu snadbevanja (*Supply Chain-a*), zakonske odredbe, zahtevi tržišta, zahtevi skladišnog sistema kao i ekološki zahtevi.

Na sisteme komisioniranja, značajan uticaj ima *branša* u kojoj preduzeće posluje. Svaka branša ima svoje specifičnosti u pogledu kapaciteta, vremena realizacije naloga, vremena reakcije, fleksibilnosti, kvaliteta i ostalih karakteristika servisa. Ove razlike su karakteristične za pojedine branše gde postoje velike razlike u asortimanu materijala koji egzistiraju u njihovom sistemu rada. Na primer, u knjižarskoj delatnosti širina asortimana često iznosi 50.000 različitih naslova, dok je kod specijalizovanih trgovačkih preduzeća taj broj samo nekoliko stotina materijala. Vrsta branše takođe ima veliki uticaj i na vreme dostave. U oblasti farmacije danas se zahteva dostava u roku od jednog časa, dok je vremenski raspon u automobilskoj industriji znatno veći, nekoliko dana, pa i duže. Položaj sistema za komisioniranje u *Supply Chain* ima uticaj na zahteve koji se postavljaju pred sistem za komisioniranje, jer značajno variraju karakteristike naloga za isporukom materijala, posebno prosečne količine koje treba isporučiti. Ukoliko je sistem za komisioniranje neposredno kod krajnjeg korisnika, obično je uslovljeno kratko vreme isporuke, širok sortiment i male količine naručivanja. Sve što se ide dalje od krajnjeg korisnika, odnosno bliže glavnom isporučiocu, narudžbine su sve neravnomernije, ali su količine naručivanja veće.

Zahtevi tržišta na sistem za komisioniranje odražavaju se kroz konkurenciju između preduzeća i ponašanja korisnika. Ovo može da ima različit uticaj na servis stepen, učinak, troškove, kvalitet i vreme reakcije sistema. Kada dođe do promene na tržištu i u strukturi preduzeća, kao posledica tih promena je fleksibilnost sistema za komisioni-

ranje koja igra veliku ulogu. Poslednjih godina došlo je do značajnih promena na tržištu, od tržišta ponuđača tržište se transformisalo u tržište kupaca na kome je kupac centralni element. Za razliku od tržišta ponuđača, tržište kupaca karakteriše zasićenje kao i globalizacija. U ovoj novoj situaciji kupac se nalazi u težištu sistema, što dovodi do promene u načinu poslovanja, to jest proizvodnje i distribucije materijala.

Tabela 3.4. Karakteristične veličine za analizu i tehnološko oblikovanje sistema za komisioniranje

Karakteristične veličine komisioniranja		
Struktura naloga	Struktura materijala	Komisioniranje/skladišna tehnika
Broj pozicija po nalogu	Asortiman materijala	Broj terminala
Broj naloga u jedinici vremena	Masa po jedinici procesuiranja	Visina materijala
Zapremina jedinice tereta po jednom nalogu	Dimenzije po jedinici procesuiranja	Vrsta materijala
Masa materijala po jednom nalogu	Frekvencija pretovara	Vrsta sredstva za skladištenje
Frekvencija ponavljanja	Površina artikala	Mogućnost procesuiranja
Kontinuitet ulaza naloga	Šarža	Širina radnog hodnika
Vreme obrade naloga	Osetljivost materijala na promene	Dubina procesuiranja
Terminiranje naloga (ekspres, kurir...)	Opasne materije	Visina procesuiranja Broj zahvata po jedinici tereta

Na sisteme komisioniranja neposredno utiču postavljeni zahtevi, ciljevi, okruženje, a sa druge strane navedeni interni i eksterni faktori. Karakteristični zahtevi komisioniranja podjeljeni su u tri kategorije, tabela 3.4. Većina karakterističnih veličina u procesu komisioniranja ima specifičan karakter i retko su determinističke i stacionarne, već obično imaju izrazito stohastički i nestacionaran karakter. Iz ovih razloga definisanje sistema za komisioniranje izuzev u retkim slučajevima može se realizovati metodama analitičke matematike.

Određene strukturne promene koje se dešavaju u Evropi imaju značajne reperkusije na planiranje ovih sistema, jer je danas prisutna centralizacija distributivnih centara. Ove tendencije mogu da doprinesu povećanju količine materijala u sistemu, kao i povećanju asortimana. Treba imati u vidu da se u stohastičkim uslovima smanjuje opšti nivo zaliha, s druge strane, povećanje rastojanja snadbevanja danas se sve uspješnije savlađuje razvijenom mrežom specijalizovanih špeditera za brzu dostavu pošiljki.

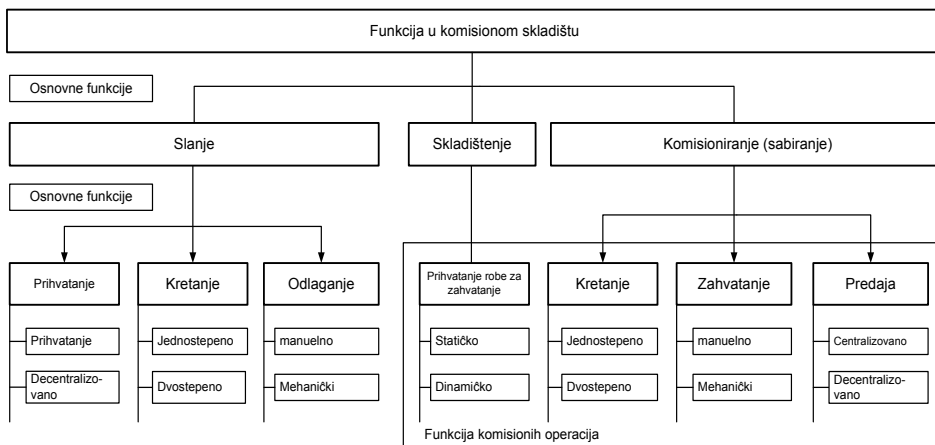
### 3.4.2. Funkcije i principi komisioniranja

Da bi se kompleksan zadatak planiranja sistema za komisioniranje uprostito i struktuirao neophodno je definisati osnovne funkcije kao i standardne segmente posmatranja: sistem toka materijala, organizaciju i informatiku, slika 3.37.

Kod oblikovanja toka materijala u sistemu za komisioniranje najpre se postavlja pitanje kako komisioner i artikl treba da budu vođeni prostorno i vremenski na efektivan način i koji oblik treba da ima jedinica procesuiranja i sabiranja. Fizičko komisioniranje sastoji se sistemski gledano iz sledećih materijalno-tehničkih osnovnih funkcija:

- postavljanje materijala ili proizvoda na mesto skladištenja odnosno procesuiranja,
- aktivno kretanja komisionera do mesta procesuiranja i nazad,
- zahvatanje artikla – materijala,
- predaja zahvaćenog materijala.

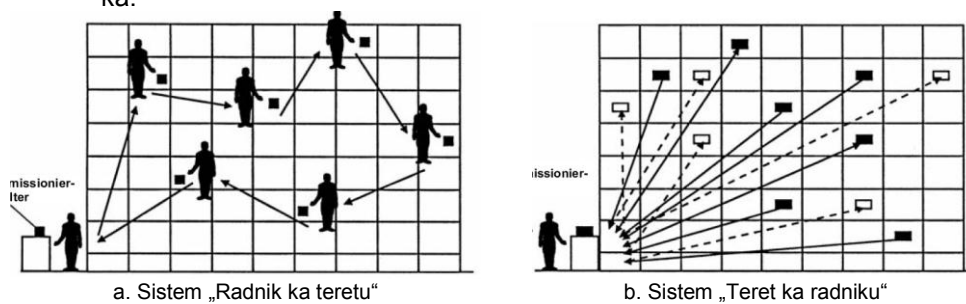




Slika 3.37. Funkcije u komisionom skladištu

U zavisnosti od opremljenosti i tehnologije rada skladišnog sistema, postoje tri principa komisioniranja:

- statički, kada radnik (komisioner) ide po materijal, direktno do mesta skladištenja, je naznačen *čovek ka teretu*, slika 3.38a,
- dinamički, kada se materijal transportuje ka radniku do zone komisioniranja a sredstvo se vraća u početni položaj po završetku komisioniranja, označava se kao *teret ka čoveku*, slika 38b,
- potpuno automatski sistem, vrši sve aktivnosti mašinski bez učešća radnika.



Slika 3.38. Statičko i dinamičko komisioniranje

Kod statičkog principa materijali se čuvaju na fiksnom skladišnom mestu, koje je unapred određeno u komisionom skladištu. Pri komisioniranju komisioner odlučuje sa kog mesta u skladištu treba uzeti materijal, pronalazi najkraću putanju do tog mesta u skladištu, identifikuje one police u skladištu sa kojih treba da uzme, preuzima ručno ili odgovarajućim sredstvom mehanizacije i odnosi (čisto pešački), to jest transportuje nekim sredstvom do zone komisioniranja. Preuzimanje i transport zajedno sa radnikom mogu da se realizuju:

- transportnim kolicima (paletna ili komisiona) ili viljuškarima za horizontalni transport kod dužih putanja transporta, gde radnik obavlja komisioniranje sa poda ili sa sredstva, stavljajući odabrane materijale na noseću površinu sredstva i odvozi do komisione zone,



- primenom AS/RS sistema, sa vozilima vezanim za kretnu stazu ili ne za kretnu stazu,
- posebnim kombinovanim sistemima za komisioniranje, kombinovanjem trakastog transportera i podizne platforme,
- komisionim viljuškarima za vertikalni transport sa otvorenim ili zatvorenim podiznim platformama sa mogućnostima procesuiranja do visina od 15 m.

Ovaj princip koristi se kod: regalnih skladišta sa policama, blok skladišta, kod skladišta sa protočnim regalima, skladišta sa AGVS vozilima ili komisionim viljuškarima i u skladištima sa pokretnim regalima. Prednosti ovakvog načina komisioniranja su u ostvarivanju: veće fleksibilnosti u neravnomernostima zahteva, kraćeg vremena realizacije porudžbine, veće mogućnosti komisioniranja prioriternih zahteva, niži troškovi rada sredstava i skladištenja. Nedostaci su: manji učinak komisioniranja po radniku zbog kretanja radnika po skladištu, nemogućnost optimalnog oblikovanja mesta komisioniranja, otežana dopuna preuzete količine, neracionalan povratak praznih sredstava i dr.

Kod statičkog principa osnovno je kretanje komisionera što obuhvata sva kretanja do mesta procesuiranja u okviru sakupljanja materijala, ili proizvoda prema listi definisanoj u nalogu za komisioniranje kao i transport do mesta predaje. Kretanje komisionera u postupku procesuiranja prisutno je samo kod statičkog principa. Kod kretanja u jednom nivou komisioner-sakupljač kreće se samo po horizontalnoj ravni, to jest duž radnog hodnika i to normalnim hodom ili pomoću kolica za komisioniranje i tada je reč o ručnom ili manuelnom komisioniranju, slika 3.39a. Kod dvodimenzionalnog kretanja sakupljač se kreće horizontalno i vertikalno, to jest opslužuje čitav regalni front u jednom hodniku slika 3.39b. Postoji i trodimenzionalno komisioniranje vezano za automatske sisteme.



a) Jednostepeno kretanje



b) Dvostepeno kretanje

Slika 3.39. Prikaz sredstava po stepenima slobode kretanja u komisioniranju

Sledeća operacija je zahvatanje materijala ili proizvoda što uključuje sve aktivnosti koje su neophodne da se u skladištu sa određenim nalogom za komisioniranje prikupe svi artikli u jedinicu procesuiranja. Zahvatanje može da bude manuelno ili automatsko. Manuelno zahvatanje zasniva se na direktnom zahvatanju rukom od strane sakupljača, ili mehanički pomoću grajfera ili viljuški. Prostor u kome čovek može da zahvata materijale u zoni komisioniranja određen je njegovom zapreminom. Automatsko procesiranje realizuje se preko automata (roboti) za komisioniranje, slika 3.40.



Slika 3.40. Automatsko komisioniranje

Nakon procesuiranja, sledi predaja materijala, to jest svih sakupljenih arikala prema određenom nalogu, što obuhvata sve aktivnosti vezane za predaju koja se može realizovati na dva načina, centralizovano ili decentralizovano. Centralizovana predaja obuhvata dostavu materijala na jedno kontrolno mesto na kome se vrši pakovanje u *boks kutije* ili paletne jedinice tereta. Kod decentralizovane predaje materijal se ostavlja na više mesta.

Kod dinamičkog principa prema nalogu zahvataju se odgovarajući materijali i proizvodi kako po masi tako i količini i postavljaju pored regala na određeno mesto za komisioniranje, najčešće pomoću automatizovanog regalnog lifta. Ovim principom ostvaruje se ušteda u vremenu zbog kraćeg vremena komisioniranja i izbegnutog vremena za kretanja komisionera na veće udaljenosti, jer komisioner ne napušta svoje radno mesto. Princip se koristi kod: visokoregalnih skladišta sa automatskim regalnim sлагаčem, skladišta sa protočnim regalima i karusel sistema. Osnovna prednost ovog načina komisioniranja je: veći učinak u komisioniranju po radniku zbog skoro nepostojećeg pešačenja. Nedostaci su: manja fleksibilnost nasuprot jako promenljivim zahtevima, duže prosečne vreme protoka porudžbine, veće investicije i dr. Kod potpuno automatizovanog sistema komisioniranje se ostvaruje na dva načina, putem: automata ili robota za komisioniranje. Automati za komisioniranje imaju veliki komisioni učinak i veoma nizak nivo grešaka. Ipak, oni se mogu upotrebiti samo u izuzetno ograničenom broju slučajeva, jer njihovo uvođenje pretpostavlja veliku uniformnost s obzirom na geometrijske oblike materijala.

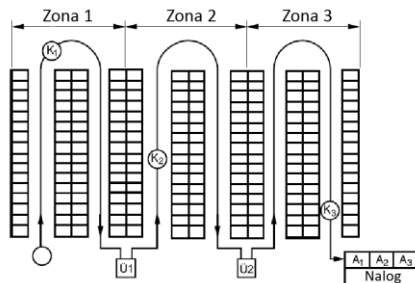
### 3.4.3. Organizacioni oblici komisioniranja

Bitan uticaj na efektivnost kao i na izbor sistema ima organizacija komisioniranja, to jest izbor strukture, upravljanje tokovima u okviru sistema komisioniranja. Ovaj problem se svodi na izbor sistema organizacije, to jest strukture i raspored skladišnih polja kao i organizaciju tokova, tj, odvijanje procesa komisioniranja. Zadatak formiranja organizacije sastoji se od definisanja pogodne strukture za sistem komisioniranja, pri čemu je u prvom planu pitanje koji sistem komisioniranja treba odabrati za različite vrste materijala. U literaturi posvećenoj problematici komisioniranja, postoji nekoliko načina organizacije komisioniranja: pojedinačno, zonsko i grupno komisioniranje. Često se ovi organizacioni oblici kombinuju tako da nastaju: zonsko-sekvencijalni, zonsko-grupni, grupni sa jednovremenim ili naknadnim sortiranjem i dr. Koji će način organizacije biti korišćen zavisi od: zahtevanog kapaciteta, sortimenta i strukture naloga, mogućnosti i svojstava sistema za skladištenje, sposobnosti i kapaciteta skladištara i dr.

Pojedinačno (sekvencijalno) komisioniranje je kada jedan komisioner uzima nalog, ide kroz skladište, izdvaja i donosi materijale na pakovanje ili dalju otpremu. Ovaj

način organizacije klasifikuje se kao najprostiji način obrade naloga kod komisioniranja a njega karakteriše kratko vreme, to jest mali gubici za pripremu. Sa porastom gustine, to jest smanjenjem rastojanja između mesta procesuiranja, redukuje se srednje vreme kretanja komisionera po jednom nalogu. U velikim skladišnim sistemima nije svrshodno da komisioner obrađuje nalog koji pokriva čitav sistem za komisioniranje. U tom slučaju, komisioner ne samo što bi morao da pozna ceo sistem, što svakako predstavlja određeni problem zbog identifikacije, on bi prelazio i velika rastojanja prilikom procesuiranja materijala. Takođe, u ovakvim situacijama veliki je i stepen nekoordiniranosti u realizaciji tokova. Iz ovih razloga, veliki sistemi skladišta dele se na pojedinačne zone u kojima je jedan do nekoliko komisionera zaduženo za izdvajanje materijala, a po završetku procesa sakupljanja u jednom sektoru jedinica sakupljanja prosleđuje se u sledeću zonu. Ovakav postupak komisioniranja označava se kao serijsko (zonsko) komisioniranje. Kao alternativa za racionalizaciju procesa komisioniranja često se pristupa raščlanjavanju naloga korisnika na parcijalne naloge, koji se prosleđuju u pojedine zone, što omogućava paralelno komisioniranje i doprinosi skraćanju vremena obrade naloga. Ovaj postupak označava se kao paralelno odnosno kao egzaktno zonsko paralelno komisioniranje.

Kod složenijih slučajeva, najpre se sakupi više naloga i podele se u više lista za sabiranje, na osnovu kojih se obavlja jednovremeno sakupljanje (prvi stepen), u daljem postupku artikli se razdvajaju i razvrstavaju prema nalogima (drugi stepen). Kod velikih naloga sa različitom strukturom liste se dele više puta, što za posledicu ima i podelu skladišta na različite zone. Nalozima mogu da se obrađuju serijski ili paralelno od strane više komisionera, slika 3.41. Postupak jednovremenog komisioniranja materijala iz više naloga definiše se kao *Multi/Order/Picking*. Kada se artikli direktno odlažu u u boks kutije ili palete, tada govorimo o *Pik sistemu (Pick System)*.



Legenda:  $K_{1,2,3}$  – tok kretanja komisionera,  $U_{1,2}$  - mesto primo-predaje,  $A_{1,2,3}$  – tok naloga

Slika 3.41. Serijsko komisioniranje

Ovako koncipirano komisioniranje prema artiklima sa stepanastom realizacijom skupljanja većeg broja naloga, označava se kao *Batch* komisioniranje (komisioniranje u paketu). U realizaciji drugog stepena (nivoa), koriste se klasični sistemi za sortiranje. Ovaj način organizacije, prethodno zahteva duž u pripremu naloga radi zadovoljenja određenih pretpostavki: o pogodanosti pojava oblika, mogućnosti homogenizacije, analizi dimenzije jedinica izdvajanja (pakovanja). Zahteva se priprema naloga primenom računara, sistema za sortiranje, a takođe radi racionalnosti neophodan je veliki broj naloga, to jest veliki intenzitet tokova materijala. Ovaj postupak primenjuje se kod komisioniranja velikih količina materijala u jednoj operaciji, to jest kada se na jednom mestu izdvajanja zahvata velika količina jednog materijala, ali za više naloga. Na ovaj način ostvaruje se redukcija vremena procesuiranja, ali i rastojanja koje prevaljuje komisioner.

### 3.4.4. Obrada informacija i dokumenata

Zadatak sistema za obradu informacija je prikupljanje, priprema i obrada potrebnih informacija sa kontrolom odvijanja procesa, što u suštini predstavlja upravljačko-informacioni sistema za komisioniranje. Glavni zadatak komisionera je dostava relevantnih informacija za izdvajanje materijala, sa ciljem da se ostvari maksimalan učinak uz minimalne greške pri komisioniranju, koje doprinose gubitku poverenja od strane korisnika, generišu značajne finansijske troškove i predstavljaju kritičnu sistemsku veličinu. Da bi se greške redukovale neophodna je kontrola u različitim mestima duž komisionog procesa, pri čemu se koriste različiti postupci kontrole. Najveći broj grešaka javlja se u postupaku primopredaje podataka i informacija, koja se ostvaruje putem klasične dokumentacije (u papirnom), ili u elektronskom obliku bez fizičke razmene dokumenata.

Komisioniranje bazirano na papirnoj dokumentaciji predstavlja konvencionalno rešenje. Komisioner koristi nalog za izskladištenje, koji sadrži relevantne informacije za izdvajanje materijala. Po pravilu, dostavljaju se nalozi za komisioniranje dati u vidu pisanog dokumenta, koje komisioner čita i zatim obrađuje poziciju po poziciju. Učinak komisionera zavisi od načina kako je sačinjena zbirna lista, odnosno od redosleda procesuiranja koji je u nalogu definisan. Iz svrsishodnih razloga, redosled izdvajanja materijala treba da odgovara regalnim redovima. U velikim sistemima, zbirne liste su tako koncipirane da su putanje kretanja optimizirane upotrebom odgovarajućeg softvera i računarskog sistema. Nedostatak ovog sistema, putem papirne dokumentacije, ogleda se u dugom vremenu koje je potrebno za identifikaciju i čitljivost, obradu lista kao i zbog velike nefleksibilnosti u sistemu rada sa listama.

U komisioniranje bez papirne dokumentacije spadaju manuelni i poluautomatizovani komisioni sistem. Osnovne razlike su u načinu komuniciranja odnosno prosleđivanja zbirne komisione liste putem *on-line* komunikacija. Komunikacija u realnom vremenu može biti ostvarena:

- mobilnim sistemom za primopredaju podataka preko Wireless (RF) terminala,
- *Pick-To-Light* sistem,
- *Pick-To-Voice* sistem.

Osnovni element za *on-line* komunikaciju je klasičan kompjuter koji u zavisnosti od veličine skladišta razmenjuje podatke sa glavnim računarom preko posebnih stacionarnih ili mobilnih terminala. Mobilni sistemi sastoje se od radio terminala (predajnika i prijemnika), koji se mogu povezati sa kompjuterom na vozilu preko infracrvenih talasa ili radio signala, slika 3.42a.



a) Terminal za komisioniranje vozilo



b) Terminal za manuelno komisioniranje bez vozila

Slika 3.42. Radio terminali za komisioniranje bez upotrebe papirne dokumentacije

Memorisane podatke za komisioniranje iz računara preuzima komisioner sa svim neophodnim informacijama o materijalima i putanji, čime dobija informacije neophodne za minimizaciju vremena procesuiranja. *On-line* rad ostvaruje se preko displeja na vozilu, a najčešće je u obliku prenosnog ručnog čitača (terminal) koji nosi komisioner, slika 3.426. Danas, mnogi proizvođači GPS opreme imaju takve uređaje kod kojih se ostvaruje direktna komunikacija sa skladištem, a time prati i stanje zaliha, daju nalozi za preuzimanje i prijem, kao i druge usluge.

*Pick-by-light* sistem primenjuje se kod regalnih skladišta, gde svako mesto sa materijalom ili proizvodom poseduje elektronsku jedinicu (svetlosni panel), koji komisioneru pokazuje podatke o količini, a po obavljenom izdvajanju materijala komisioner preko tastera registruje promene, slika 3.43. Sve vreme na jednoj polici regala svetli jedan broj, koji predstavlja prvu poziciju naloga. Komisioner uzima artikal pod prikazanim brojem i stavlja ga u transportnu posudu (boks kutiju ili paletu). Kako u ruci ne drži i nikakav dokument, on može da radi obema rukama. Kada je preuzeo i odložio materijal u transportnu posudu, komisioner kratko pritiska taster pored svetleće oznake i time saopštava sistemu da je poručena pozicija izuzeta. Odmah zatim pojavljuje se sledeći znak na drugoj polici, koji vodi komisioner prema sledećem artiklu duž regala.



Slika 3.43. Pick-by-Light panel za manuelno komisioniranje

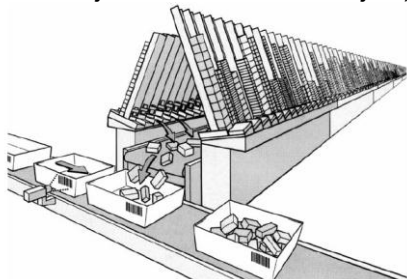
Kod sistema *Pick-by-voice* izvršavanje operacija komisioniranja navodi se glasom (mikrofon i slušalice), slika 3.44. Povoljnost ovog sistema, između ostalog, ogleda se i u tome što su obe ruke komisionera slobodne pri manipulaciji što daje komisioneru velike manevarske mogućnosti, posebno u slučaju potrebe sortiranja, preslaganja, prebrojavanja i dr. Ovi sistemi dostigli su visok nivo razvoja u radu, brzi su i pouzdani, na sporazumavanje ne utiče dijelekt i akcenat, a poseduju i filter za buku. Koriste se u mnogim oblastima, između ostalog, i u hladnjačama, gde je gotovo nemoguće korišćenje tastature i displeja zbog izuzetno niskih temperatura.



Slika 3.44. Pick-by-Voice komisioniranje

Ovakvim sistemima ostvaruje se: veliki učinak (kapacitet) s direktnim prikazom zahvaćene količine po artiklu na mestu procesuiranja, mali procenat greški, nema

zamena listi ni greški u očitavanju, koje nastaju mešanjem redova, jasna transparentnost izvršavanja naloga, smanjenje troškova osoblja, manja nabavka papira, veća kontrola, momentalna obrada reklamacija korisnika, skraćenje vremena protoka porudžbine, brža isporuka, poštovanje rokova isporuke, optimiziranje i skraćenje puteva komisioniranja, bolje iskorišćenje prostora, odnosno ušteda površina i dr. Automatizovan sistem omogućava najsavremeniji sistem komisioniranja. Koristi se u skladištima u kojima se zahtevaju materijali sličnog oblika, malih dimenzija, velikih količina. Pakovanje mora da bude tako izvedeno da se može zahvatiti specijalnim klještima ili zahvatiti pneumatskim sistemom (vakumskim modularnim ili industrijskim konvejerom za rasute materijale), preko sisaljke i sl.



Slika 3.45. Sistem za automatsko komisioniranje kapaciteta dve do pet kutija u sekundi

Bazu automatizovanih sistema za komisioniranje čine računari sa odgovarajućim perifernim uređajima. Sistem mora da poseduje podatke o dimenzijama artikala, to jest obliku, a osnovna intencija kod sistema za automatsko komisioniranje je postizanje što većeg kapaciteta. Danas su poznati sistemi koji mogu da obrade i do 2.400 naloga na jedan čas, a postoje i oni koji mogu da obrade do 10000 naloga na sat. Na slici 3.45 je prikazan jedan savremen sistem za automatsko komisioniranje. Ovi sistemi podrazumevaju i automatsku identifikaciju koja se ostvaruje primenom *Barcodes (1D, 2D)*, *E-Pick* i *RFID* uz potpunu vizeulizaciju prostornog stanja.

### 3.4.5. Kapacitet sistema za komisioniranje

Planiranje i optimizacija kapaciteta sistema za komisioniranje je u skladu sa potrebama svakog egzaktnog subjekta poslovanja i predstavlja jedan od najvažnijih ciljeva. Kapacitet je zavistan od sistema tokova materijala, tokova informacija i načina organizacije komisioniranja. S obzirom da operacije komisioniranja generišu visoke troškove u cilju što ekonomičnijeg rada komisiona mesta se danas sve više tako tehnološki oblikuju da omogućavaju što kraće vreme komisioniranja a time i veći kapacitet, slika 3.46.



a) Komisioniranje sa dinamičkim postavljanjem materijala za komisioniranje

b) Primenom komisionih kolica za Multi-Order-Picking

Slika 3.46. Mogući sistemi za smanjenje vremena komisioniranja

U procesu komisioniranja kapacitet  $P_k$  uslovljen je vremenom komisioniranja po poziciji  $t_k$ . Kapacitet komisioniranja obično se izražava brojem jedinica po jednom času:

$$P_k = \frac{I}{t_k} [Poz/h]$$

Bez obzira na način organizacije, suštinu problema čini kapacitet (produktivnost) komisionera-sakupljača, koji je određen vremenom komisioniranja, koje se sastoji od: *administrativnog vremena*, *vremena kretanja* (kretanje ili vožnja komisionera između mesta preuzimanja i ostavljanja), *vremena procesuiranja* i *mrtvog vremena* (čekanje na nov zadatak, otvaranje pakovanja, traženje, identifikacija, kontrola), tabela 3.5.

Tabela 3.5. Struktura vremena komisioniranja

Vreme komisioniranja			
↓ Administrativno vreme	↓ Vreme kretanja	↓ Vreme procesuiranja	↓ Mrtvo vreme
Administrativne aktivnosti Preuzimanje boks kutije Predaja	Prosečno vreme kretanja između mesta procesuiranja multiplicirano brojem mesta procesuiranja po nalogu	Aktivnosti vezane za zahvatanje materijala ili proizvoda Transport Odlaganje	Čekanje na posao sravnjivanje, brojanje, porećenje uračenog Raspakivanje Etiketiranje

Suma ovih parcijalnih vremena definiše se kao vreme komisioniranja i označava se kao srednje vreme komisioniranja. Ono je određeno s jedne strane strukturom naloga i u značajnoj meri zavisi od srednjeg broja pozicija u nalogu, a s druge, zavisi od strukture sistema, organizacije procesuiranja i mesta procesuiranja. Kako se na administrativno i mrtvo vreme može delovati preko informacionog sistema u organizacije tokova, problematično je vreme kretanja. Administrativno vreme obuhvata vreme: preuzimanja naloga, eventualno, preuzimanje boks kutija za komisioniranje sa ili bez kolica, sortiranje dokumentacije, predaja i konačna obrada dokumenata. Vreme kretanja iznosi 30% do 50% od vremena komisioniranja i predstavlja najveću stavku u njemu i može se skratiti kroz: racionalizaciju sortimenta, redukovanje nivoa zaliha i rigoroznu kontrolu. Kod statičkog postavljanja materijala za komisioniranje, povećanje kapaciteta može se ostvariti:

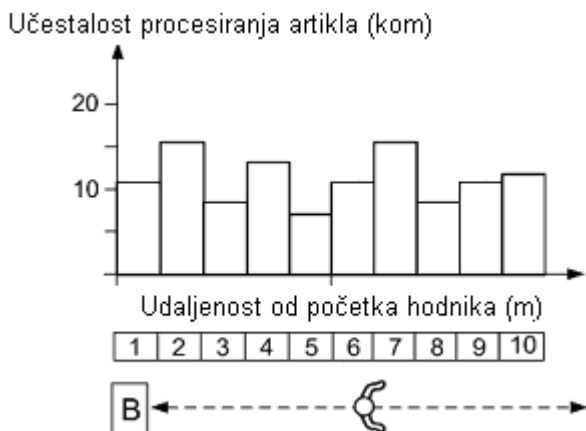
- raspoređivanjem prema učestalosti procesuiranja, grupisanjem prema koricnicima, prema karakterističnim grupama ili preko ABC analize,
- opitimizacijom kretanja primenom odgovarajućeg softvera,
- kretanje komisionera ili komisionih kolica jednostepeno,
- dvostepenim kretanjem komisionera regalnim liftom ili viljuškarem,
- raščlanjavanje čeone strane regala (koncentracija materijala) primenom protočnih regala,
- komisioniranje orijentisano prema artiklu, višefazno komisioniranje.

Kod dinamičkog principa *teret ka čoveku* kapacitet se može povećati primenom optočnih regala.

Vreme procesuiranja, sastoji se iz aktivnosti prenošenja, transporta i odlaganja. Ovo vreme kreće se od 5 do 10% od ukupnog vremena komisioniranja i zavisi od: oblika, dimenzija i mase tereta, visine na kojoj se zahvata (0,2 m do 1,8 m) optimalno 1,2 m, dubine procesuiranja (0,3 m do 0,8 m) optimalno 0,4 m, broja materijala



po zahvatu, brzine i fizičkih osobina komisionera, slika 3.47. Značajno skraćenje ovog vremena može se ostvariti pravim izborom jednostepenog i dvostepenog komisioniranja. Ako se na identifikacionom mestu objedini više porudžbina i ti naručeni artikli zajednički uzimaju iz skladišta i zajednički prenose do otpremnog mesta, gde se u drugom koraku razvijaju prema pojedinačnim porudžbenicama, onda govorimo o dvostepenom komisioniranju. O jednostepenom komisioniranju govorimo kada se svaka narudžbenica pojedinačno sakuplja i priprema. Povoljno je koristiti dvostepeni način procesuiranja. Takođe, primenom odgovarajućih sistema može se smanjiti i vreme transporta i to posebno kod kontinualnih procesa.



Slika 3.47. Raspoređivanje materijala na slučajan način

Vreme čekaња tzv. *mrtvo vreme*, iznosi 10% do 35% od ukupnog vremena komisioniranja i sastoji se od vremena traženja, kontrolnih operacija, raspakivanja, etiketiranja i dr., i može se smanjiti dobrim uslovima i pripremom rada uz primenu pomoćnih tehničkih sredstava.

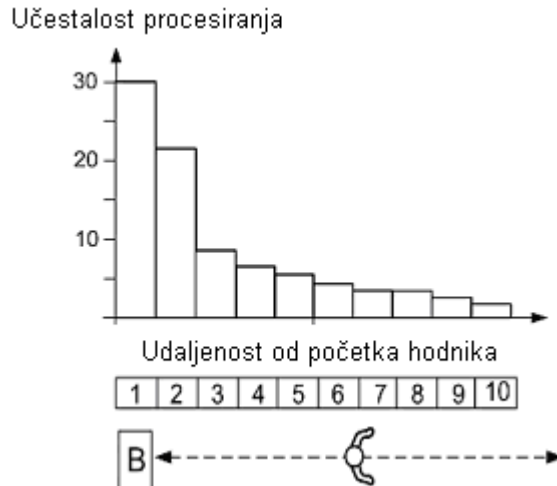
Pored mogućih uticaja na skraćenje pojedinih vremena, koriste se i drugi načini optimizacije, a time dolazi i do povećanja kapaciteta komisioniranja, koje počiva na, primeni:

- organizacionih mera preko kojih se utiče na strukturu naloga i materijala,
- pomoćnih tehničkih mera, pre svega za komunikaciju,
- statističkih metoda za efektivnu obradu naloga.

U osnovi navedenih mera, nalazi se nekoliko strategija: *NINO*, *FEFO*, *FIFO*. Kod primene određenih strategija moraju se respektovati propisani rokovi čuvanja materijala kao i strpljivost zahteva, to jest Kompatibilnost, što je posebno značajno kod opasnih materija. U praksi, vrlo je čest slučaj raspoređivanja materijala na slučajan način, po slobodnim mestima odnosno po slobodnom nahođenju magacionera ne komisionera, slika 3.47. Ovakav način organizacije nije pogodan, jer zahteva veliki broj iteracija u nalaženju određenih materijala, ako se radi uz pomoć računara, ili dobra preglednost stanja od strane magacionera, što znatno produžava komisioniranje. Koristi se kod manjih tokova i uglavnom podnih skladišta sa malom paletom različitih materijala. Adekvatnim raspoređivanjem materijala prema učestalosti procesuiranja u eksploataciji, u značajnoj se meri postiže minimizacija vremena neproduktivnog kretanja.



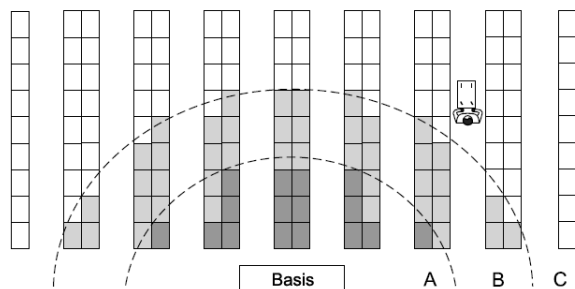
Kao što je naglašeno, artikle koji se najčešće zahvataju treba rasporediti na početku hodnika, a one sa manjom frekvencijom srazmerno učešću u robnom toku, treba skladištiti dalje od početka hodnika. Više se koristi uređeno odlaganje, to jest raspoređivanje materijala prema učestalosti procesuiranja u fahove komisionih zona, što u značajnoj meri može da popravi efektivnost, a time i kapacitet procesa komisioniranja. Suština ove mere racionalizacije je, da se materijali sa velikom frekvencijom procesuiranja postavljaju bliže početku radnog hodnika, slika 3.48.



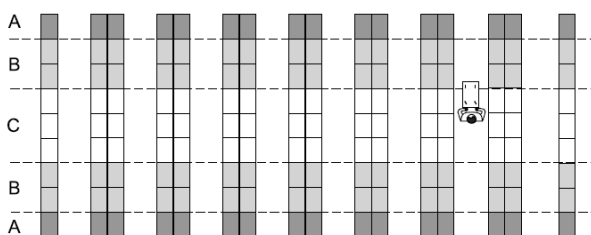
Slika 3.48. Uređeno odlaganje u zoni komisioniranja

Najveća efikasnost može se ostvariti raspoređivanjem prema frekvenciji procesuiranja, koja je u direktnoj vezi sa ABC-zoniranjem slike 3.49a, b, v. U osnovi, nalazi se tri principa: radijalni, periferni i trakasti (paralelni), u svemu prema ABC analizi. Priprema grupe materijala za skladištenje može se obaviti na različite načine. ABC analiza se temelji na prirodnom zakonu da mali broj elemenata u prirodi ima preferentan uticaj. Italijanski istraživač Pareto je taj zakon primenio u nauci, pa se često ovakve analize označavaju kao Pareto analiza. Konkretno, u ovom slučaju kada je reč o skladišnim procesima, preferira se da 20% materijala u asortimanu skladišta učestvuje u prometu sa 80%.

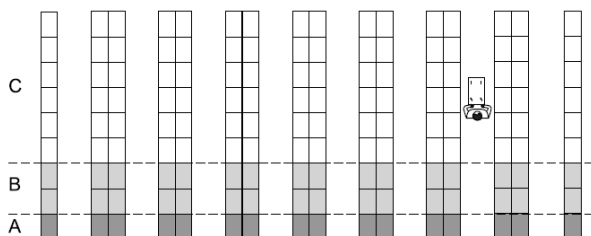
Primenjeno na problem komisioniranja kategorija materijala iz klase „A“, koji su u asortimanu zastupljeni sa 20%, zahtevaju obim izdvajanja u zoni komisioniranja od 80%. Na kategoriju materijala „B“, njihovo učešće u asortimanu je oko 30%, a obim izdvajanja je 15%, dok ostatak čini kategorija „C“, na koju otpada 50% asortimana sa intenzitetom procesuiranja od svega 5%. U zavisnosti od branše moguća su određena manja odstupanja u odnosu na podatke dobijene putem ABC principa. Pored raspoređivanja materijala po navedenim principima, neophodno je izvršiti definisanje optimalne maršute kretanja komisionera. Za optimizaciju ovog problema koriste se različiti heuristički postupci kojima se može vršiti optimizacija putanje kretanja, rutirane sredstava ali se može definisati i pozicija artikla u nalogu za komisioniranje.



Slika 3.49a. Raspoređivanje materijala prema ABC zonama korišćenjem radijalnog principa



Slika 3.49b. Raspoređivanje materijala u ABC zone korišćenjem perifernog principa



Slika 3.49v. Raspoređivanje materijala u ABC zone korišćenjem trakastog principa

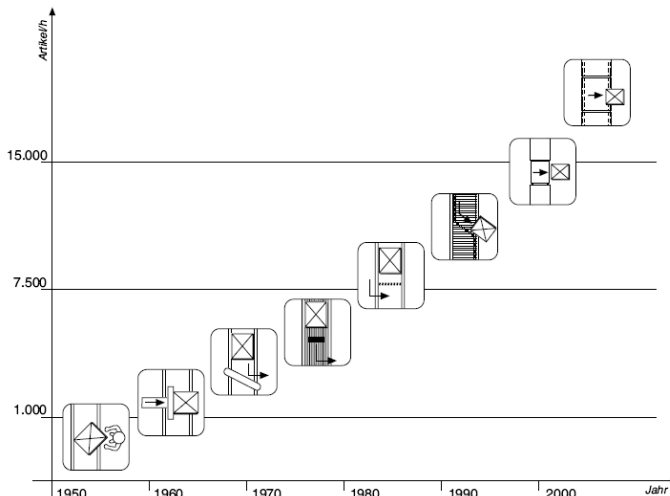
Na osnovu naših i stranih iskustava, kao orijentaciona vrednost za poređenje sa potrebnim kapacitetom komisioniranja za tipične skladišne sisteme, mogu se koristiti sledeće orijentacione vrednosti:

- regal sa jednodimenzionalnim kretanjem 35-80 zahvata
- regal sa dvodimenzionalnim kretanjem 40-90 zahvata
- paletni regal sa jednodimenzionalnim kretanjem 30-50 zahvata
- paletni regal sa dvodimenzionalnim kretanjem 40-90 zahvata
- protočni regal sa jednodimenzionalnim kretanjem 150-250 zahvata
- protočni regal sa elektronskom komunikacijom, rad bez papira 350-450 zahvata
- automatsko skladište sa kontenerima 40-250 zahvata
- optočni regal sa jednodimenzionalnim kretanjem 100-150 zahvata
- regali sa opslugom primenom robota 100-350 zahvata
- preko automata 5000-10000 zahvata

Kapacitet i efektivnost sistema komisioniranja zavise od više faktora, što ukazuje na svu složenost komisioniranja. Suština je u poznavanju, strukture osnovnih i pomoćnih operacija (kontrola kvaliteta i kvantiteta, pakovanje u otpremnom skladištu, pregradnja, dorada, prerada i dr.) po vrstama materijala i/ili robe koja se komisionira.

### 3.5. SISTEMI SORTIRANJA

Sortiranje je parcijalna funkcija u okviru skladišta, procesa proizvodnje ili nekog drugog intralogističkog procesa u kome se zahteva raspoređivanje materijala prema tehnološkim zahtevima. Sistemi za sortiranje širokog asortimana komadnih materijala sa velikom brzinom, predstavljaju veoma ozbiljan zadatak u intralogistici. Zahtevi na svetskom tržištu u sferi nabavke i dostave danas su doveli do toga da su u ovoj oblasti, odnosno, kod sortirnih sistema, primenjeni vrlo visoki standardi po pitanju brzine i kapaciteta. Usitnjavanje, odnosno tzv. automatizacija naloga u trgovini, doprinela je višestrukome povećanju obima rada u ovoj sferi. Logistika ne povezuje samo proizvodna preduzeća, već širok krug poslovnih subjekata tako da se danas u globalizovanoj privredi svakoga dana dostavi na milione različitog materijala na različite adrese, što jasno ilustruje intenzivan razvoj u ovoj oblasti. Porast kapaciteta sortirnih sistema dobro ilustruje ovu tendenciju, slika 3.50.



Slika 3.50. Razvoj kapaciteta sortirnih sistema

Spektar materijala koji se sortira obuhvata široku familiju njihovih pojava oblika, počev od kartonske ambalaže sa čvrstim dnom, do mekane ambalaže sa elastičnim dnom, tekstila i papira, pisama i dr. Sortiranje pored komisioniranja predstavlja najskuplju tehnološku operaciju u intralogistici. Iz ovog razloga sortirni sistemi za komadne materijale u sistemu njihovog toka imaju veoma značajnu ulogu. Primena ovih sistema veoma je široka, počev od pošte, pa do svih mesta u proizvodnji i distribuciji: proizvodni sistemi, distributivni centri, skladišta, sistemi za komisioniranje, *Cross-Docking* terminali, u trgovini, KEP (KEP) služba, skladišta lekova za apoteke, 3PL/4PL i svim drugim mestima koja zahtevaju velike brzine, pouzdan izbor narudžbe i sortiranje pojava oblika jedinica pakovanja.

Na sadašnjem nivou razvoja, elementi ovih sistema višestruko su standardizovani i po pitanju pouzdanosti dovedeni do visokog nivoa. Mogu biti linearni, cirkularni i sa skretanjem. Kod njihovog planiranja primarni zadatak je pravilan izbor elemenata, to

jest njihovo prilagođavanje prema specijalno postavljenom zadatku u svakom konkretnom slučaju. U ovim sistemima zastupljene su različite discipline opsluživanja i to na visokom tehničkom nivou. Prema kapacitetu, ovi sistemi se klasifikuju u nekoliko grupa: S < 2.500 jedinica/h, M 2.500 do 8.000 jedinica/h, L 8.000 do 14.000 jedinica/h, XL 14.000 do 30.000 jedinica/h i XXL > 30.000 jedinica/h.

### 3.5.1. Formiranje sortirnog sistema

Sortirni sistem obuhvata više elemenata od samog sortera, slika 3.51. Razdelni transporter sastoji se iz transportnih sredstava za prihvatanje i transport materijala, ili pošiljki na sortirnoj liniji, kao i mehanizma za njihovo izdvajanje. Sorteru pripada, pored razdelnog transportera, i sistem za izdvajanje proizvoda ili pošiljki u ciljnim sortirnim mestima (razdelne stanice).

<b>Sortirni sistem</b>	Strategija upravljanja		
	Organizacija		
	Upravljanje sorterom		
	<b>Sortirno postrojenje</b>	Transport	
		Identifikacija	
		Priprema	
		Uvočenje u sistem	
	<b>Sorter</b>	Konačno odredište	
		Izdvajanje	
		<b>Razdelni transporter</b>	Prihvatanje materijala ili pošiljke
Mehanizam za izdvajanje			
Transportna sredstva			

Slika 3.51. Struktura i funkcije sortirnog sistema

Sortirno postrojenje može da se sastoji iz više sortera. Isto tako u tehnološku liniju, koja čini sortirno postrojenje može da se poveže više različitih sortera. U stručnim krugovima ne pravi se uvek razlika između sortirnog sistema i sortirnog postrojenja.

### 3.5.2. Formiranje sortirnog postrojenja

Sortirno postrojenje se sastoji od pet različitih funkcionalnih segmenata dovodnog sistema, pripreme, identifikacije, sortiranja i otpreme, tabela 3.6. Manuelan rad je neophodan u svim segmentima, izuzev u segmentu razdvajanja, gde mašinska tehnika vrši automatsko razdvajanje i dalji transport.

Tabela 3.6 Segmenti sortirnog sistema

<b>Sortirno postrojenje</b>				
Dovodni sistem	Priprema	Identifikacija	Sortiranje	Otprema
1.1 Manuelna identifikacija 1.2 Merenje 1.3 Premeravanje 1.4 Uređivanje	2.1 Ispravljanje 2.2 Razdvajanje na pojedinačne komade 2.3 Skupno vočenje	3.1 Prepoznavanje 3.2 Definisanje cilja	4.1 Izdvajanje 4.2 Razdelni transporter, trans. sredstava, prihvatanje materijala, uređaj za izbacivanje 4.3 Krajnja stanica	5.1 Pakovanje

Na slici 3.52, prikazano je sortirno postrojenje po logičnom redosledu realizacije funkcionalnih segmenata. U zavisnosti od cilja i veličine postrojenja pojedine funkcije mogu se realizovati i na drugom mestu i sa drugim redosledom. Tok materijala realizuje se počev od elemenata koji su prikazani na levoj strani slike (od broja 1 ka desnoj do broja 5) od dovodnog sistema koji uvodi materijale u sortirni sistem do njegove otpreme.



Legenda: 1. Prijem proizvoda ili pošiljki, 2. Priprema, 3. Identifikacija, 4. Sortiranje, 5. Otprema

Slika 3.52. Šematski prikaz sortirnog postrojenja

U zavisnosti od cilja i veličine, postrojenja funkcije mogu se realizovati i na drugom mestu i sa drugim redosledom.

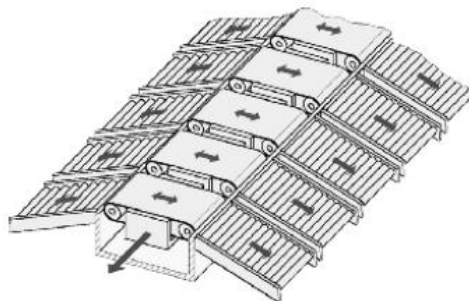
### 3.5.3. Sortiranje i razdelni transporter

Najznačajniji elementi sortirnog postrojenja imaju specifične funkcije kojima se realizuje proces sortiranja. Najbitniji je princip postavljanja materijala na sorter. Kod sortera sa pojedinačnim prihvatanjem, transport se odvija na diskretan način prihvatanjem i stavljanjem materijala u *čanke*, ploče, kade. Ovaj sistem ima prednost, jer je pozicija materijala jednoznačno određena. Kod slobodnog zaposedanja prihvata materijala na razdelnom transporteru je proizvoljan, u zavisnosti od različitih dimenzija materijala, dok je razmak između pojedinih komada materijala uglavnom optimalan prema vremenu pristizanja.

U sistemu za transport postavljena su sredstva za sortiranje (izdvajanje) materijala, koje se ostvaruje zahvaljujući aktivnom kretanju. Za izdvajanje materijala koriste se različita tehnološka rešenja i iz svrsishodnih razloga ovde će biti pomenuti najznačajniji.

#### *Poprečni trakasti sorter*

Poprečni sorter pripada sistemima za pojedinačno prihvatanje materijala i njegovo izdvajanje. Razdelni transporter sastoji se iz ortogonalno postavljenog trakastog transportera u odnosu na transportni smer, gde u okviru sortirne putanje može da se nalazi više sortera, slika 3.53.

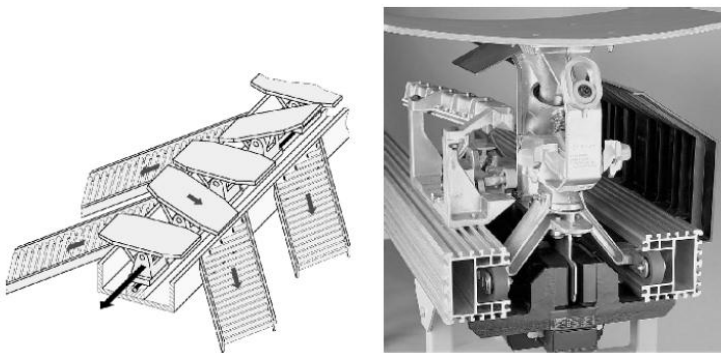


Slika 3.53. Poprečni sorter sa horizontalnim vočenjem lanca

Materijal do tačke izdvajanja dovodi poprečna traka. Poprečna traka ima dvostruku funkciju i to da prihvata materijale i izbacuje (sortira). Spektar primene je širok i moć e se koristiti za jedinice osnovnog pakovanja (primarno pakovanje), različitih dimenzija i masa. Poprečni sorteri imaju tehnički složeniju konstrukciju, zahtevaju intenzivno održavanje, podložni su otkazima i ovi sistemi nisu pogodni za proširenje.

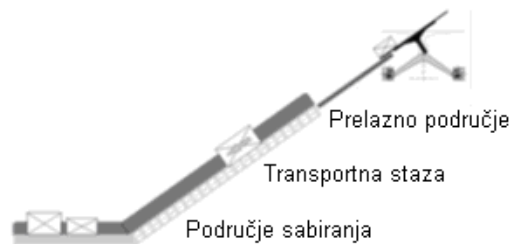
#### *Sorter sa kipovanjem nosača proizvoda ili pošiljki*

Sorteri sa kipovanjem pripadaju takođe sistemima sa pojedinačnim prihvatanjem materijala. Sortiranje (izdvajanje) realizuje se preko kose ravni koja nastaje kipovanjem nosača tereta. Razdelni transporter kod sistema sa kipovanjem je konceptijski isti kao i kod poprečnog trakastog sortera. Sorter sa kipovanjem sastoji se iz kolica koja su izvedena sa rolnama i koje se kreću po zatvorenim šinama. Kolica su članasto povezana i čine savitljivu celinu, slika 3.54.



Slika 3.54. Sorter sa kipovanjem nosača tereta

Iznad voznog dela postavljen je nosač tereta, koji moć e da kipuće obično na dve strane. Pogon moć e da bude izveden preko vućnog elementa (lanca), ili linearnog motora. Nosač tereta je izveden u obliku blago zakrivljene ploče (ćanka), koji je pri transportu zabravljan i leć u horizontalno. Na mestu gde treba izdvojiti materijale aktivira se mehanizam koji izaziva kipovanje nosača tereta i klizanje tereta niz nosač, koji u ovom poloćaju ima funkciju strme ravni, slika 3.55.

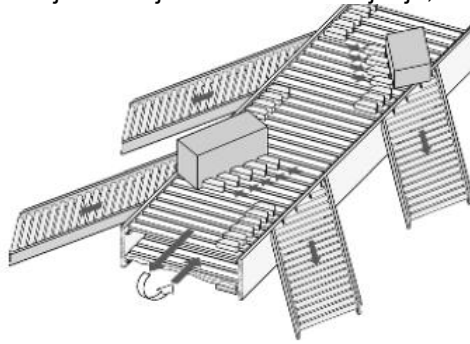


Slika 3.55. Principijelan prikaz jedne stanice

Brzina kretanja, odnosno klizanja, iznosi 1,0 m/s do 3,5 m/s. Dimenzije nosača mogu po potrebi da se prilagoćavaju dimenzijama materijala, a transportni kapacitet je 6000 do 21000 jedinica /h. Pored osnovne konstrukcije postoje i derivati gde se na jednim kolicima nalaze dva nosača tereta. Kod ove varijante kipovanje se realizuje samo na jednu stranu. Podešavanje brzine vućnog elementa moć e se vršiti radi prilagoćavanja kapaciteta, ili bolje rećeno njegove varijacije u zavisnosti od potrebe, a sa smnjenjem brzine snićava se i nivo buke.

### Sorter sa potiskujućom stopicom

Sorter sa potiskujućom stopicom spada u sisteme sa slobodnim prihvatanjem proizvoda ili pošiljki na razdelni transporter. Razdelni transporter kod ovog sistema izveden je kao člankasti transporter sa dva vučna lanca. Stopice koje potiskuju materijal na mestu izdvajanja poprečno su postavljene u odnosu na pravac kretanja razdelnog transportera. Kod ovog sistema teret ne leži na elementu koji realizuje izdvajanje, već on bočno potiskuje materijal na mestu izdvajanja, slika 3.56.

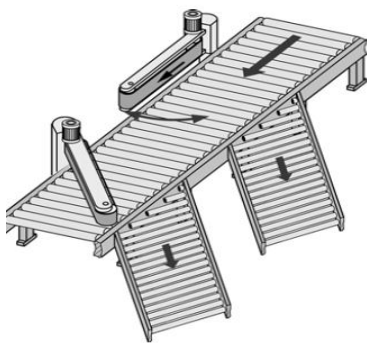


Slika 3.56. Sorter sa potiskujućom „stopicom“

Ovaj sorter je robusne konstrukcije, ne zahteva intenzivno održavanje, a dužina materijala može da varira u širokom dijapazonu. Zbog velikog broja elemenata nivo buke je visok. Sortirni kapacitet je od 9.000 do 12.000 jedinica/h.

### Trakasti odbacivač

Trakasti odbacivač sastoji se od upravno postavljenog malog trakastog transportera, u odnosu na razdelni transporter koji treba da u slučaju potrebe izvrši izdvajanje materijala na dotičnoj stanici, to jest mestu razdvajanja, slika 3.57.

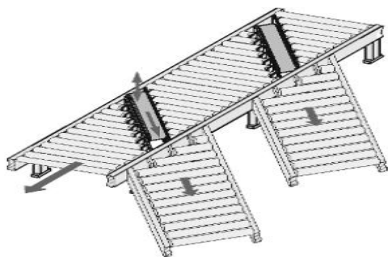


Slika 3.57. Trakasti odbacivač sa pokretnom rukom

Brzina trake trakastog odbacivača je velika, a može da bude i veća u zavisnosti od brzine trake razdelnog transportera. Prednost ovog sistema je jednostavna konstrukcija, velika fleksibilnost u slučaju da se pojavi potreba za proširivanjem sistema za sortiranje. Pored ove prednosti treba istaći da se njime mogu sortirati i tereti velike mase i do 100 kg. Nedostatak mu je veliki prostor za smeštaj postrojenja, a zbog velikog razmaka između jedinica za skretanje materijala manji mu je sortirni kapacitet, ispod 5.000 jedinica/h na malom broju destinacija (stanica). Postoji niz dostupnih uređaja za sortiranje kartona, uključujući sistem pod pravim uglom prenosa, *pop-up wheel diverters* i odbacivač sa pokretnom rukom.

### Trakasti transfer

Transfer označava element standardnih tehničkih kontinualnih sistema transporta, koji je integrisan u drugi transporter i pri aktiviranju ovaj element izdvaja materijal sa glavnog transportera. Ova varijanta takođe pripada sistemima sa slobodnim prihvatanjem tereta. Transporter spada u klasične kontinualne sisteme kao što u traka, lanci, rolne, a ugao izdvajanja proizvoda ili pošiljki može da varira između  $30^\circ$  i  $90^\circ$ . Izdvajanje se realizuje podizanjem trakastog transfera iznad ravni razdelnog transportera, slika 3.58.



Slika 3.58. Trakasti transfer

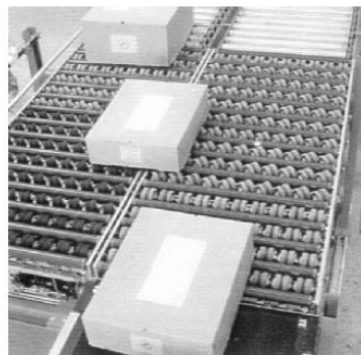
Zbog neophodno velikog razmaka između jedinica za izdvajanje, mali mu je sortirni kapacitet i kreće se do 2.000 jedinica/h. Može da se koristi za sortiranje kutija i boks kutija (malih kontenera). Razdelni transporter je pločasti transporter sa dva paralelno postavljena lanca.

### Pokredni sto sa valjcima

Baziran je na dve ili više paralelno postavljenih traka između kojih se nalaze cilindrični valjci. Kada je potrebno izdvajanje materijala, sto sa cilindričnim valjcima se podiže i na taj način se ostvaruje njihovo izdvajanje. U pasivnom stanju, sto sa cilindričnim valjcima je spušten ispod nivoa traka, slika 3.59. Podizanje stola može da bude električno ili pneumatsko. Rolne na stolu imaju autonoman pogon. Nedostatak ovog sistema je mali sortirni kapacitet do 2.000 jedinica /h.



Slika 3.59. Pokretni sto sa cilindričnim valjcima



Slika 3.60. Tepih sa rolnama

Tepih sa rolnama, ima više nosača rolni postavljeno je jedan za drugim, slika 3.60. Zbog male mase rolni, kapacitet sortiranja je 6.000 jedinica /h. Kod ovog sistema postoje varijacione mogućnosti, da se dva toka materijala razdeljuju na dve linije. Jedinica osnovnog pakovanja treba da ima masu 300 gr do 35 kg.



### 3.5.4. Kriterijumi za izbor sortirnog sistema

Zbog različitih oblasti primene i velikog broja konstruktivno različitih sistema, izbor i planiranje sortirnih sistema zahteva sistematičan rad uz korišćenje relevantnih kriterijuma. Postoje sistemsko specifični kriterijumi, koji proizilaze iz oblasti primene sistema, a to su:

- potreban efektivni kapacitet sortiranja,
- brzina kretanja razdelnog transportera u određenoj meri je sekundarna veličina, koja je povezana sa kapacitetom; ovaj indikator je bitan za procenu protočnog vremena i izbor neophodne opreme za identifikaciju,
- potrebna dužina razdelnog transportera zavisi od oblika objekta u kome je ili će biti locirano sortirno postrojenje, topologije sistema i zavisi od broja stanica; Dužina nema uticaja samo na troškove, već i na protočno vreme,
- broj stanica zavisi od strategije rada sistema; Kod sistema sa ograničenim brojem stanica kao npr. kod *KEP* – služi bi materijal se usmerava na vrata ili kamion i tu je broj stanica krajnje ograničen i određen je brojem sortirnih ciljeva. Međutim, kod sistema gde se opslužuju različiti korisnici broj stanica varira; Kod promene stanja ceo sistem stanica planira se od početka.

Kriterijumi koji proizilaze od materijala posebno su značajni za *KEP* služe kod kojih je prisutan širok asortiman materijala sa različitim svojstvima. Respektovanje ovog kriterijuma ima i značajan marketinški uticaj, zbog eliminacije oštećenja materijala pri rukovanju, a to su:

- oblik materijala, svaki pojavni oblik ima specifično dejstvo na stabilnost, paketi kvadratnog oblika su stabilni, cilindrični i kuglasti su veoma nestabilni,
- dimenzije materijala utiču na sorter, na transportnu tehniku, ali i na kapacitet
- čvrstoća materijala, posebno dolazi do izražaja kod sortera gde se pojavljuju udarne sile,
- masa materijala ima izuzetan značaj na izbor tehnike izdvajanja jediničnog pakovanja,
- položaj težišta materijala utiče na stabilnost kretanja i eventualno nastajanje oštećenja,
- kvalitet bar kodova.

Značajni su i organizacioni kriterijumi, jer način opsluge sortirnog sistema ili postrojenja ima veliki uticaj na intralogistički sistem. Protočan ili sistem sa nagomilavanjem naloga ima odlučujući uticaj na *layout*. Strategija nagomilavanja naloga ima povratni uticaj na sorter, pre svega na broj stanica i način izvođenja. Neki od kriterijuma su sledeći:

- izuzimanja materijala sa polica pri komisioniranju, a pre stavljanja na transportnu traku koja transportuje iste do sortera, što se pre svega odnosi na izvor i pitanja spektra naloga od čega zavisi organizacija pufera i sistema za komisioniranje,
- opcija stavljanja materijala na različite palete kada sortiran artikal stigne do kraja transportne linije, kada je ista namenjena za nekoliko korisnika, jer postojanje izbora uvek ostavlja mogućnost pojave greške,
- organizacija zaposlenih ima poseban uticaj na praćenje stanica od prethodnog sortiranja. Način praćenja ima poseban uticaj kod strategije nagomilavanja naloga.

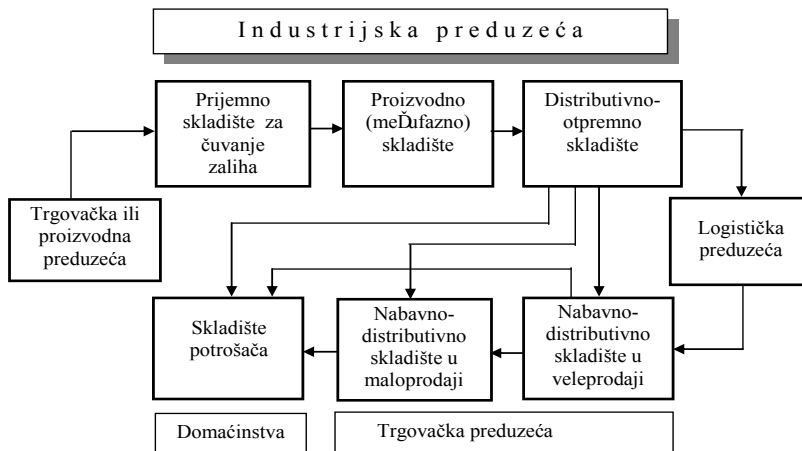
Postoje i ostali kriterijumi, kao što su: potrebna površina (sa ovog aspekta najpovoljniji su prstenasti sistemi sa malim radijusom), potrebna građevinska visina, investicioni troškovi, troškovi eksploatacije, nivo buke, mogućnost proširivanja sistema, raspoloživost sortirnog sistema i dr.

Danas se problem sortiranja rešava softverski. Jedan takav program lansirala je kompanija *Dematic Group*, kod koje je tačnost sortiranja postignuta od 100%. Ista kompanija razvila je softver za automatsku dopunu i kompletiranje pojedinačnih narudžbi. Softver je baziran na primeni automatskih kranova koji vrše automatsku dopunu skladišnih mesta, a zatim i komisioniranje. Softver operiše sa manjim narudžbinama sa 700 statičkih i 200 dinamičkih komisionih mesta, sa pet automatskih lift kranova. Komisioner putuje sa materijalom na visoko regalnom viljuškaru, instrukcije dobija iz baze od glavnog magacionera putem RF terminala, a precizno kompletiranje narudžbi je manje od šest sati od momenta njihovog prijema. Obrada narudžbi softverski omogućava povećanu tačnost, veći kapacitet, uštedu u prostoru i dr.

### 3.6. SKLADIŠNE ZALIHE

Planiranje potreba sa strukturom materijala zajedno sa količinom i ciklusom naručivanja predstavlja jedan od najznačajnijih faktora nabavne strategije svakog preduzeća. Teorija zaliha primarno se bavi menadžmentom zaliha, kao i operativnim skladišnim menadžmentom sa osnovnim ciljem da se postigne minimizacija troškova skladištenja i čuvanja zaliha. Vremenska i/ili kvantitativna neusaglašenost ulaznih i izlaznih tokova u realnim procesima uslovljava potrebu za čuvanjem zaliha: materijala, rezervnih delova i gotovih proizvoda.

Prema prirodi problema, modeli zaliha mogu se strukturirati kao deterministički i stohastički modeli koji se mogu oblikovati statističkim i dinamičkim modelima. U praksi, najviše se koriste matematički modeli sa determinističkim osnovama.



Slika 3.61. Mesta nalaženja zaliha u distributivnim kanalima

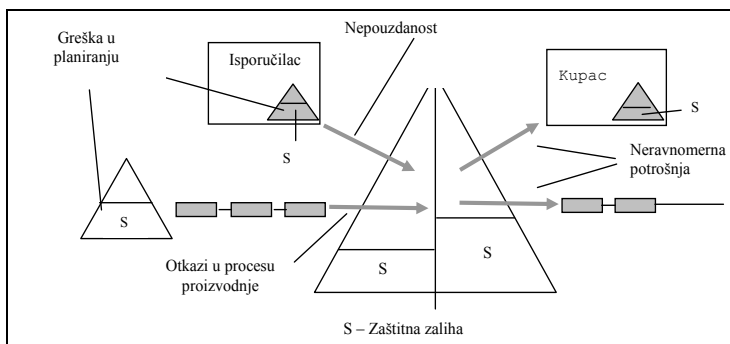
Savremene tendencije u ovoj oblasti takođe su usmerene i na pronalaženje organizacionih mogućnosti, da se zalihe gde god je to moguće i potpuno eliminišu, pre svega kroz sinhronizovano korišćenje materijala proizvedenog u sopstvenim ili drugim pogonima putem *JIT*-isporuke, kao i primenom koncepta sinhronizovane proiz-

vodnje prema potrebama (*JIT*-proizvodnje). S obzirom da se potpuna sinhronizacija moć e postići samo u specifičnim slučajevima egzistencija zaliha, odnosno pufera za izjednačavanje vremenske i kvantitativne strukture ulaznih i izlaznih tokova u realnim procesima nešto je što se teško moć e izbeći, videti sliku 3.61. Ovaj problem je u direktnoj vezi sa funkcijama čuvanja zaliha.

### 3.6.1. Funkcije zaliha

Funkcija čuvanja zaliha povezana je sa nizom korisnih efekata, koji imaju stabilizirajući efekat u radu poslovnog sistema. Skladišne zalihe su neophodne pre svega, jer omogućavaju preduzeću da ostvari određene regresione efekte pri kupovini, transportu ili proizvodnji. Prijemno skladište između ostalog, omogućava ostvarivanje rabata pri kupovini većih količina kod isporučioaca kao i povoljne transportne uslove kod špeditera. Analogno formiranjem skladišnih zaliha u proizvodnom i distributivnom skladištu, takoće se mogu ostvariti određeni pozitivni efekti. Zalihe u proizvodnom skladištu omogućavaju lansiranje većih serija, čime se utiče na smanjenje troškova proizvodnje, pri čemu treba imati u vidu da je ekonomski, takoće ne celishodna, jednovremena proizvodnja čitavog proizvodnog sortimenta, koji je potreban montaž i ili trž ištu. Zalihe u distributivnom skladištu obezbećuju ostvarivanje povoljnijih transportnih uslova kod špeditera, jer je moguće ugovaranje većih količina pri otpremi.

Jedna od najznačajnijih funkcija zaliha je izjednačavajući efekat i obezbećenje od nesigurnosti u snabdevanju kada doće do otkaza to jest disproporcije između ponude i traž nje. Poznato je da proizvodnja i potrošnja određenih proizvoda imaju veoma izraž en sezonski karakter. Kod poljoprivrednih prozvoda karakteristično je sezonsko povećanje ponude formiranjem zaliha, čime se obezbećuje kontinualno snabdevanje trž išta. Kod sezonske potraž nje, uprkos oscilacijama na trž ištu, formiranjem zaliha obezbećuje se kontinualno iskorišćenje kapaciteta, videti sliku 3.62 Moć e se reći da skladišne zalihe takoće omogućavaju specijalizaciju u oblasti proizvodnje, to jest podelu rada u privredi, odnosno u svetskoj ekonomiji.



Slika 3.62. Zalihe u funkciji obezbećenja sposobnosti sistema

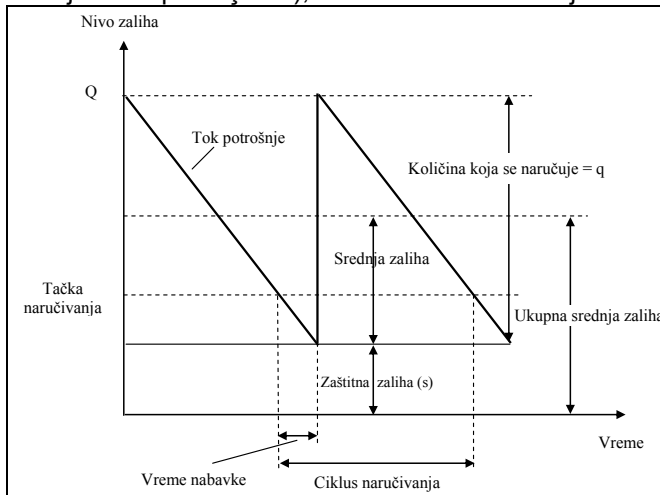
Pored opisanih funkcija trebalo bi pomenuti i špekulativnu funkciju zaliha, koja takoće ima smisla u trž išnoj privredi, s obzirom na činjenicu da poremećaj na trž ištu po pravilu izaziva povećanje cena. U tim uslovima preduzeće se štiti od povećanja cena *input*-a u sopstvenoj proizvodnji, dok isporučiooci špekulišu sa povećanjem cena ostvarujući dodatnu dobit.

### 3.6.2. Struktura zaliha

Pri formiranju zaliha odnosno pufera između *input* i *output* tokova, postoji niz suštinskih, međusobno povezanih pitanja:

- koje materijale i u kojim količinama treba skladištiti?
- koliko dugo je isplativo čuvati zalihe?
- koliko i koje materijale treba poručivati kod obnavljanja zaliha?
- kada treba pristupiti obnavljanju zaliha i dr.?

Odgovori na ova pitanja određuju i nivo zaliha, koje će se čuvati u skladištu. Odgovor na prvo pitanje zahteva formiranje strateški veoma važne odluke, da li će se formirati zalihe za sve materijale, rezervne delove i proizvode, ili će to biti selektivno. Ostala tri pitanja su u domenu popunjavanja zaliha kao i određivanja zaštitne zalihe, što se vidi na slici 3.63. Jedan od veoma važnih elemenata nabavnog menadžmenta je količina koja se poručuje ( $q$ ), odnosno količina kojom se skladišna zaliha popunjava. Promenom količine koja se poručuje i frekvencije naručivanja, utičemo na nivo zaliha u skladištu, koji se definiše kao *srednji nivo zaliha*. Za razliku od ove veličine, u strukturi se prepoznaje i nivo *ukupne prosečne zalihe*, koji pored prethodno definisane veličine obuhvata i *zaštitnu zalihu* ( $s$ ). Pri upravljanju zalihama veoma je važna tačka naručivanja, vreme ponovnog naručivanja (interval od naručivanja do pristizanja nove porudbine), kao i ciklus naručivanja.



Slika 3.63. Struktura skladišnih zaliha

Nivo ukupne prosečne zalihe preko zaštitne zalihe obezbeđuje stabilnost snabdevanja ukoliko dođe do disproporcije između stvarne potrošnje i stvarnog vremena ponovnog popunjavanja zaliha. Formiranje zaliha i njihov menadžment, tesno su povezani sa troškovima, koji nastaju u njihovom formiranju. Skladištenje materijala generiše određene troškove, koji se sastoje iz sledećih stavki:

- troškovi kapitala koji je *zarobljen* u zalihama,
- troškovi osiguranja materijala, rezervnih delova i proizvoda, koji čine zalihi,
- troškovi skladišnog rizika,
- troškovi čuvanja zaliha u skladišnom objektu i drugi.

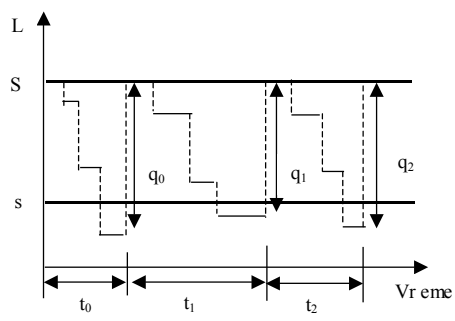
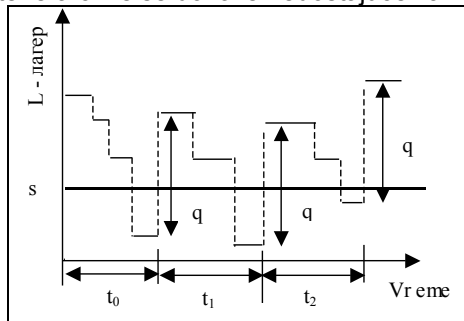
### 3.6.3. Strategije upravljanja zalihama

Osnovni zadatak strategija za upravljanje zalihama je da se njihovom primenom obezbedi optimalna spremnost za isporuku, to jest snabdevanje uz minimalne troškove skladištenja i gubitke koji bi eventualno nastali usled odsustva zaliha. Da bi se obezbedio odgovarajući potencijal skladišta za čuvanje zaliha, moraju se najpre prognozirati buduće potrebe. Prognoza se može zasnovati na budućem planiranom obimu proizvodnje, ili na bazi potreba iz prethodnog perioda. Izlazni tokovi iz skladišta po pravilu imaju karakter slučajne promenljive, koja se može adekvatno opisati odgovarajućim matematičkim aparatom.

Ključni indikatori koji utiču na skladišne zalihe su: količina koja se naručuje, zaštitna zaliha i vreme potrebno za novu nabavku. Različite strategije upravljanja zalihama nastaju definisanjem relevantnih kriterijuma preko kojih se pokreće nova narudžbina, odnosno realizuje obnavljanje zaliha. Pokretanje procesa obnavljanja zaliha može da usledi nakon isteka vremenskog intervala, koji je ekzaktno definisan između dve narudžbine, ili u trenutku kada nivo zaliha dostigne nivo zaštitne zalihe ( $s$ ). Ovom kompleksu pitanja kao što je to već prethodno pokazano pripada i pitanje količine koja se obnavlja ( $q$ ) kao i trenutni nivo zaliha u skladištu ( $S$ ). Očigledno je da se obnavljanje zaliha može realizovati sa fiksnim ili varijabilnim vremenskim intervalima, i to sa fiksnom ili promenljivom količinom materijala. Kombinovanjem ovih akcionih indikatora mogu se kreirati sledeće strategije za upravljanje skladišnim zalihama u uslovima stohastičke potrošnje.

#### *Strategija zasnovana na izboru vremena naručivanja*

Strategija ( $s, q$ ) podrazumeva permanentno praćenje stanja zaliha, u smislu da li je zaliha pala na nivo ili ispod nivoa zaštitne zalihe ( $s$ ). Kada se to desi, inicira se pokretanje nove narudžbine sa konstantnom količinom ( $q$ ), slika 3.64a. Ova strategija pogodna je u uslovima kada je unapred zadat kapacitet transportnog sredstva ili kontenera čime se dovoze nedostajuće zalihe.



Slika 3.64. Strategije izbora po vremenu

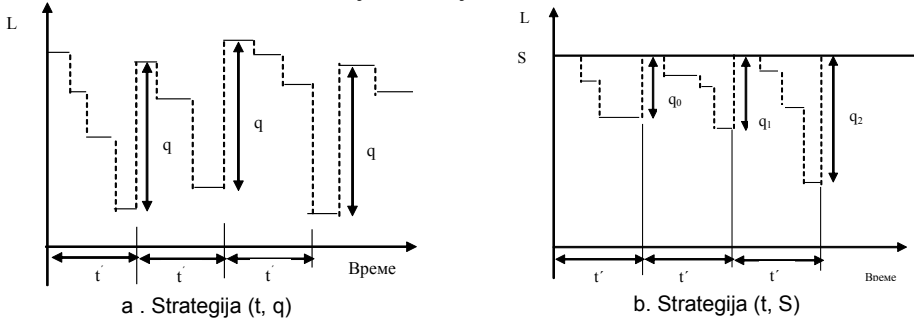
Strategija ( $s, S$ ) analogno kao i u prethodnom slučaju, pri izlasku materijala iz skladišta proverava se, da li je zaliha pala na ili ispod nivoa zaštitne zalihe ( $s$ ), ukoliko je to slučaj inicira se nabavka materijala u količini, koja je potrebna da se zaliha popuni do trenutnog nivoa ( $S$ ), slika 3.64b. Ova strategija pogodna je za sisteme, koji koriste skup skladišni prostor, koji se mora na optimalan način iskoristiti.

Postupci koje iniciraju obnavljanje zaliha u određenom trenutku, danas imaju veći značaj i širu primenu nego što je to bio slučaj u prošlosti, iz razloga što utvrđivanje aktuelnog nivoa zaliha u skladištu u uslovima masovne primene kompjutera, danas ne predstavlja nikakav problem. Nivo zaštitne zalihe u uslovima stohastičke potroš-

nje treba tako odrediti da za vreme ponovne nabavke ne dođe do gubitaka usled nedostatka zaliha, odnosno nemogućnosti snabdevanja.

*Iniciranje obnavljanja zaliha preko vremenskog ciklusa*

Strategija  $(t, q)$  se temelji na poručivanju konstantne količine materijala  $(q)$  u jednakim vremenskim intervalima  $(t)$ , slika 3.65a. Ova strategija može se primeniti u uslovima kada je unapred definisana veličina tovarnog prostora (npr. kontener, regalno skladište i sl.). Generalno gledano, primena ove strategije je problematična, jer ne uzima u obzir aktuelno stanje kretanja skladišnih zaliha.

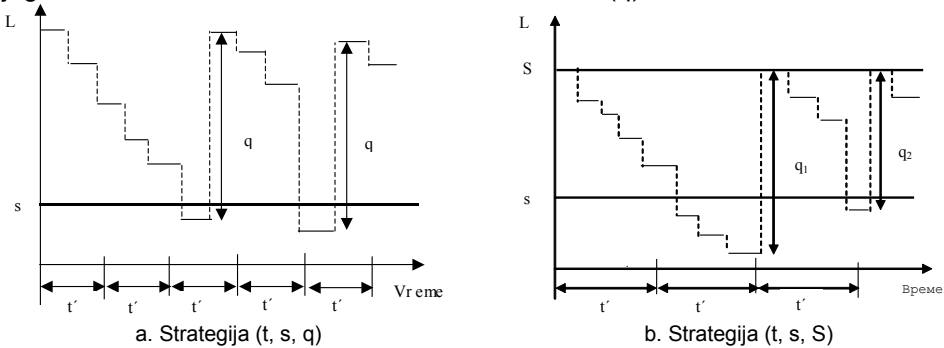


Slika 3.65. Strategije izbora po ciklusu

Strategija  $(t, S)$  podrazumeva obnavljanje zaliha u jednakim vremenskim intervalima  $(t)$  i promenljivim količinama; njom se postiže željeni, to jest unapred zadati nivo skladišne zalihe  $(S)$ , slika 3.58b. Ciklično naručivanje, koju karakteriše ova strategija pogodno je za delove sa velikim koeficijentom izmenljivosti u skladištu, uz optimalno korišćenje skladišnog prostora.

*Cikličan postupak naručivanja sa fiksnom količinom naručivanja  $(t, s, q)$  strategija*

Nivo zaliha se u ovoj strategiji proverava po isteku fiksnog intervala vremena  $(t')$ , ukoliko se pri proveri ustanovi da je nivo zaliha pao na nivo zaštitne zalihe ili ispod njega, inicira se nova nabavka sa fiksnom količinom  $(q)$ , slika 3.66a.

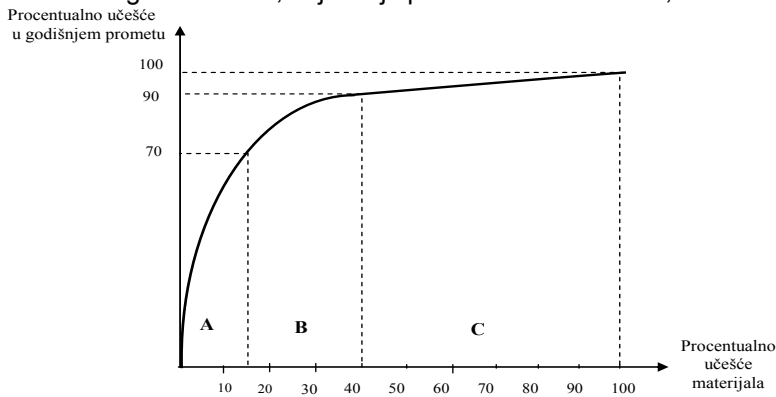


Slika 3.66. Strategije izbora po ciklusu i količini

Strategija cikličnog naručivanja  $(t, s, S)$  sa varijabilnom količinom naručivanja izvedena je varijanta predhodne strategije, slika 3.66b. Kod ove strategije, u okviru fiksno definisanih vremenskih intervala  $(t')$ , proverava se stanje zaliha, ukoliko je zaliha pala ispod nivoa zaštitne zalihe inicira se nova nabavka u količini koja obezbeđuje dopunu do nivoa  $S$ , koji je definisan kao željeni.

### 3.6.4. Selektivno upravljanje zalihama – ABC analiza

Selektivno upravljanje skladišnim zalihama široko je rasprostranjen postupak racionalizacije u skladišnim sistemima, koji proizilazi iz prirodnog zakona, koji je široj javnosti poznat kao *zakon preferencije*. U oblasti skladišnih sistema, brojna istraživanja u mnogim delatnostima potvrdila su da se veliki deo prometa ostvaruje relativno malim brojem i količinom materijala iz čitavog sortimenta. Veoma je često citiran podatak da u trgovačkim skladištima oko 80% prometa ostvaruje relativno mali broj materijala oko 20%. U cilju dobijanja uvida u učešću pojedinih materijala u ukupnom prometu, odnosno potrošnji, u određenom skladištu formira se kumulanta na bazi statistike materijal-promet, koja je poznata kao *Lorencova kriva*. Ime ove krive potiče od američkog statističara, koji ovaj tip krive uveo u analizu, slika 3.67.



Slika 3.67. Prikaz Lorencove krive

Učešće svakog artikla zavisi od pojedinačne cene i količine kojom učestvuje u prometu. Kao što se može zaključiti ABC analiza omogućava koncentraciju na najvažnije operacije, to jest preferentnu grupu proizvoda pri planiranju i realizovanju aktivnosti u okviru nabavne logistike. Pored nosioca prometa, u jednom sistemu veoma je interesantna i klasifikacija materijala – proizvoda prema njihovom učešću u dobiti. Analiza dobiti po svakom artiklu zahteva veliko angažovanje osoblja u većini preduzeća, za razliku od klasifikacije proizvoda prema učešću u prometu, koje je daleko jednostavnije sa aspekta utvrđivanja preferencije.

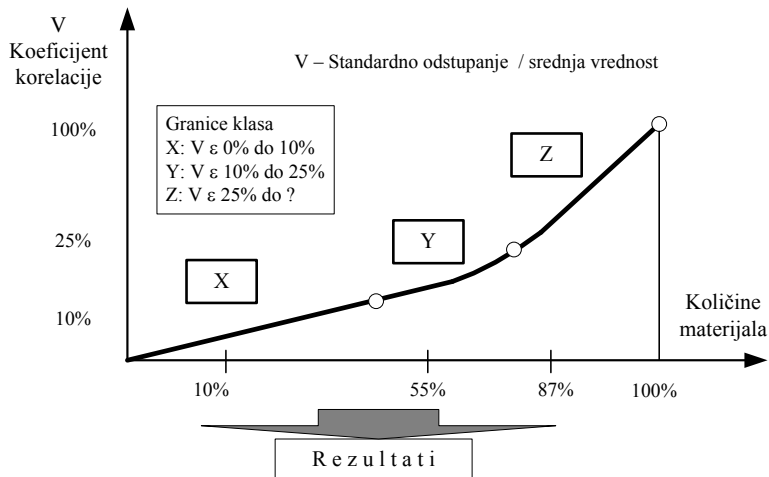
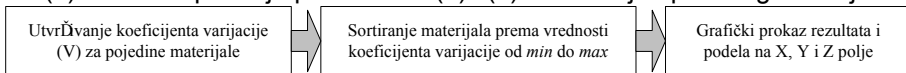
Ukoliko su razlike u cenama u okviru određenog proizvodnog programa male, klasifikacija materijala može se napraviti i na bazi količine materijala, koja izlazi iz skladišta, umesto na bazi prometa. U tabeli 3.7, dat je jedan primer klasifikacije proizvoda na bazi učešća u prometu.

Saznanje o relativnom značaju jednog proizvoda u vrednosnom smislu za jedno preduzeće od izuzetne je važnosti, jer omogućava izbor odgovarajuće nabavne strategije preko koje se na adekvatan način mogu iskoristiti potencijalne mogućnosti za snižavanje troškova. Stepenn zakrivljenosti *Lorencove krive* zavisi od toga koliko je velika grupa preferentnih proizvoda u čitavom sortimentu preduzeća i varira u zavisnosti od vrste proizvodnje. Materijali iz grupe A po pravilu su visoko vredni i u zavisnosti od proizvodnje 10-20% materijala ostvaruje u određenom periodu 70% do 80% od ukupnog prometa. Materijalima iz grupe (A), kao visoko rangiranim, kao što je prethodno rečeno poklanja se posebna pažnja i to korišćenjem sofisticiranih programa za utvrđivanje: potreba, stanja zaliha kao i uopšte praćenja tržišta.

Tabela 3.7 Primer ABC analize i učešća materijala u ukupnom prometu

Klasa materijala u zavisnosti od procentualnog učešća u prometu (1)	Rang materijala prema učešću u prometu (2)	Promet (u \$) (3)	Promet (u %) (4)	Kritična vrednost 1 2 3 (5)	Vrednovanje materijala prema učešću u prometu i kritičnoj vrednosti (6) = (2) x (5)
<b>A – materijali</b> 20%	1	20.000	56	*	3
	2	18.000		*	2
<b>B – materijali</b> 40%	3	8.000	34	*	6
	4	6.000		*	12
	5	5.000		*	5
<b>C – materijali</b> 40%	6	4.000	10	*	12
	7	3.000		*	14
	8	2.500		*	8
	9	1.000		*	18
	10	500		*	10

Faktor značaja ili kritična vrednost (kolona 5 u tabeli 3.7), određenog materijala nije samo važna za korisnika, ona je važna i za isporučioaca materijala. Ukoliko isporučilac određene mašine mora da obezbedi pouzdanu isporuku vitalnog dela za mašinu iz svog programa kako bi se očuvala njena funkcionalna sposobnost i umanjile štete u proizvodnji, kod takvog artikla kritičnoj vrednosti, odnosno faktoru značaja, dodeljuje se vrednost 1. Proizvodi, čiji otkazi ne izazivaju velike probleme u proizvodnji u određenom vremenskom intervalu, kritična vrednost se rangira sa 2, dok je kod proizvoda, koji nemaju neposredan značaj u obezbećenju funkcionalne sposobnosti mašine, kritična vrednost 3. U praksi se, za odmeravanje kritične vrednosti koriste i drugačiji kriterijumi. Kritična vrednost zavisi i od faze proizvodnje, jer su drugačiji odnosi u fazi rasta plasmana određenog proizvoda, a drugačiji u fazi degeneracije. Značaj određenog artikla nije isti po pitanju učešća u prometu i po pitanju kritične vrednosti. Da bi se objektivno odredio rang proizvoda moraju se uzeti u obzir oba parametra. U koloni (6) kroz multiplikaciju parametara (2) i (5) određen je opšti rang materijala.



55% materijala pripada klasi X      32% materijala pripada klasi Y      13% materijala pripada klasi Z

Slika 3.68. Prikaz XYZ analize



Na kraju se moće zaključiti da primena *ABC* analize ide u pravcu različitog tretiranja pojedinih klasa materijala, sa različitim postupcima naručivanja i različitim nivoima obezbećenja servis stepena (zadovoljenja potreba). Veoma su ilustrativni podaci iz oblasti automobilske industrije, za skupe sklopove (grupa A) zalihe se obezbećuju za proizvodne potrebe na nedeljnom nivou, za proizvode iz grupe B zalihe su do četiri nedelje, a za C grupu prizvoda zalihe se kreću i do tri meseca. Potrebno je istaći da u praksi ne postoji jedinstvena politika u pogledu primene strategije selektivnog formiranja zaliha za sve tipove preduzeća.

U cilju iznalaženja što povoljnijih oblika snabdevanja, kao dopuna *ABC* analizi sprovodi se *XYZ* analiza, koja ima zadatak da odmeri značaj materijala u strukturi potrošnje, slika 3.68. Klasifikacije oznake imaju sledeće značenje: *X* = konstantna potrošnja sa malim oscilacijama, *Y* = velike oscilacije u potrošnji, *Z* = potpuno nepredvidiv zakon potrošnje. Za primenu koncepta sinhronizovanog snabdevanja posebno su pogodni proizvodi koji pripadaju klasama *X-A*, *X-B* kao i *A-Y*.

### 3.7. ORGANIZACIJA RADA U SKLADIŠTU

U tehnološkom smislu organizacija skladišta obuhvata čitav niz opštih preventivnih uslova i mera koji imaju za cilj da obezbede realizaciju skladišnih zadataka, kao skupa tehnoloških zahteva, na siguran i bezbedan način. Različitost materijala i proizvoda, uslovljava određene tehnologije rada u zatvorenim i/ili otvorenim skladištima, ne samo zbog transportno-manipulativnih sredstava koja se koriste u realizaciji tehnologija, već zbog zakonskih propisa i drugih uslova koje treba da ispune pojedini tipovi skladišta.

U skladištima neophodno je obezbediti osnovne tehničke uslove rada, tako da:

- jačina svetlosti iznosi 10 lx do 40 lx (na radnom mestu 50 lx do 100 lx),
- temperatura iznosi zimi 15°C do 22°C i leti do 28°C,
- relativna vlažnost vazduha iznosi zimi oko 75% i leti do 60%,
- brzina strujanja vazduha zimi 0.3 m/s do 0.5 m/s i leti 0.5 do 0.7 m/s,
- površina prozora za dnevno svetlo iznosi oko 10% od površine skladišta,
- i druge mere zaštite.

Suštinu organizacije rada u skladištu predstavlja tehnološki proces koji se zasniva na zatvorenom toku kretanja sredstava mehanizacije kojima se izvršavaju osnovne skladišne funkcije, uskladištenje i izskladištenje, uz jasno definisane strategije skladištenja. U realnim procesima rukovanje materijalom izvršava se preko prostog i složenog ciklusa, koji zavisi od tipa sredstva, načina opsluživanja i vrste pozicioniranja materijala. Pri analizi određenog sistema u kome se smenjuju različite pozicije obično se operiše sa srednjim vremenom radnog ciklusa koje se koristi kao osnova za određene proračune, odnosno kalkulacije. Najznačajnija poboljšanja u sferi realizacije ciklusa mogu se ostvariti dobrom organizacijom rada preko skraćivanja voćnji bez tereta, primenom složenog ciklusa, uvoćenjem određene strategije lociranja materijala. Metodologijom za utvrčivanje vremena ciklusa kod određenih tipova mehanizacije, u svetu se bave razne strukovne organizacije (*FEM-Richtlinien 9.851*, *VIDI 3561b,d.*).

Sledeći segment organizacije su operativni upravljačko-administrativni zadaci: prijem, evidentiranje, dispozicija (praćenje, nadgledanje), knjiženje naloga i zaliha, praćenje svih tokova i stanja u skladišnoj zoni do kontrolinga, tabela 3.8.

Tabela 3.8 Primarni zadaci organizacije skladišta

Dispozicija (praćenje)	Knjiženje i praćenje stanja
Prijem naloga i njihovo disponiranje	Fakturisanje
Prostorno raspoređivanje materijale	Inventarisanje
Upravljanje transportno-manipulativnim sredstvima i drugom opremom	Praćenje troškova po mestu nastanka
Formiranje naloga distribucije	Statistika
Upravljanje zalihama i njihovo praćenje	Kontroling

Neadekvatna skladišna organizacija po pravilu dovodi do povećanja direktnih i indirektnih troškova kao i do vremenskih i drugih gubitaka koji se manifestuju kroz produženo traženje određenih materijala, nepotrebno pretovaranje (premeštanje), zagušenje, kalo i kvarenje, čekanje transportnih sredstava i dr. Dobra organizacija određuje veći nivo kvaliteta otpreme prema traženoj dinamici.

U zavisnosti od tipa skladišta i navedenih elemenata, projektuje se organizacija rada skladišta koja pored opštih uslova, tehnologije rada i upravljačko-administrativnih zadataka, mora da obuhvati i analizu ostalih elemenata organizacije: vrstu i strukturu sredstava, personal, veličinu i složenost organizacione strukture, informacioni sistem i dr. Sva složenost tehnologije i organizacije zahteva njihovo stalno praćenje i unapređenje.

### 3.7.1. Indikatori performansi za ocenu rada skladišta

Kao što je prethodno navedeno čitav niz zahteva i uslova utiče na organizaciju rada skladišta. Ocena organizacije skladišta može se karakterisati ključnim indikatorima performansi (KPIs), u smislu statičkog i dinamičkog ponašanja skladišta, tabela 3.9. Takođe, organizacija rada skladišta se može karakterisati po segmentima organizacije: strukturni, kapacitativni, segment ekonomičnosti i kvaliteta. Izbor KPIs zavisi od postavljenih ciljeva poslovanja skladišta.

Statičke performanse karakterišu ocenu stanja skladišta, broj angažovanih radnika i sredstava, raspoloživost prostora, unapred definisane cene rada i dr. Struktura materijala obuhvata i njihovu raspodelu prema intenzitetu toka kroz skladišni sistem i klasifikaciju po ABC metodi. Artikli iz A grupe imaju najveći intenzitet protoka kroz skladište, V manji i S najmanji. Struktura zaliha pokazuje prosečan nivo zaliha po artiklu.

Tabela 3.9 Neke performanse za karakterizaciju sistema toka materijala

Statičke performanse	Dinamičke performanse
Broj primljenih materijala	Prijem materijal/dan
Broj različitih jedinica po zadatku	Otprema materijal/dan
Broj zona, regala, protočnih traka	Kapacitet skladišta (funkcionalni)
Broj radnika u skladištu	Stepen ispunjenosti skladišta
Broj paleta/artikal	Broj pretovarnih operacija/sat-smeni
Broj paleta/pakovanje	Pouzdanost snabdevanja
Broj transportno-manipulativnih sredstava i stepen opterećenja	Stepen iskorišćenja površine skladišta Broj izmena, nalog/dan
Prostorni kapacitet skladišta	Stepen raspoloživosti nekog artikla
Troškovi održavanja skladišta	Pozicija /nalogu/dan
Troškovi/artikal	Broj izmena u skladištu
Cena po jedinici rada	Zahvat/pozicija
Prosečni troškovi zaliha / artikal	Masa/zahvat
Ukupne prosečne zalihe	Ukupan broj materijala koji se otprema/dan
Norme rada i stepen standardizacije	Ukupni troškovi pretovara

Dinamičke performanse daju sliku o obimu rada u skladištu (broju izmena u sistemu), naime one obuhvataju broj ulazaka i izlazaka materijala u vremenu kao i raspodelu u toku radnog vremena, uključujući i vršno opterećenje, interno pomeranje materijala, to jest srednji nivo pretovara u dužem vremenskom periodu obično na kvartalnom nivou. Srednji intenzitet pretovara, to jest izmena materijala, predstavlja veoma značajan podatak, ali je bitan i opseg njegove varijacije. Pored praćenja broja izmene materijala u skladištu i opsega varijacija, od značaja je i odnos aktuelnog stanja zaliha i aktuelnog odnosno planiranog izlaska iz skladišta. U praksi je uobičajeno da se navedene performanse prate svakodnevno. Za komisiona skladišta je važno učešće operacija komisioniranja, broj izmena po artiklu u komisionoj zoni, masa po zahvatu kao i ukupan broj izmena materijala u jedinici vremena. U praksi, najčešće analizirani dinamički KPI su: kapacitet skladišta, stepen popunjenosti, vremenski interval pouzdanog snabdevanja, broj izmena i stepen raspoloživosti određenog materijala.

**Kapacitet skladišta** je performansa koja pokazuje koliko je maksimalno moguće uskladištiti materijala u određenom vremenu. Praktično, to je sposobnost skladišta da u određenom vremenu (sat, dan, mesec ili godina) preradi (sortira, razdvoji, spoji, pakuje, označi, meri, komisionira) izvesnu količinu materijala. Potreban kapacitet skladišta zavisi od sledećih faktora:

- broja skladišnih mesta,
- srednjeg nivoa zaliha i obima prometa,
- strategije raspoređivanja u skladišnoj zoni,
- sezonskih i drugih vršnih uticaja
- zadatka skladišta,
- broja jedinica tereta i njihove strukture.

Skladišni kapacitet zavisi i od broja regala njihove konstrukcije, a kod podnih skladišta kapacitet je određen površinom skladišne zone.

**Stepen popunjenosti skladišta**, predstavlja odnos broja zaposnutih skladišnih mesta i statičkog broja paleta, definisanog kao skladišni kapacitet. Zavisi od realizacije prijema i izdavanja materijala, kao i od načina upravljanja skladišnim sistemom.

$$\text{Stepen popunjenosti skladišta} = \frac{\text{Broj popunjenih skladišnih mesta}}{\text{Skladišni kapacitet}} \leq 1$$

**Vremenski interval pouzdanog snabdevanja** predstavlja vremenski interval u kome se može obezbediti snabdevanje sa planiranim nivoom zaliha za neku planiranu prosečnu potrošnju. Smanjenjem ove KPIs opada pouzdanost u snabdevanju, a time mogu nastati i gubici usled nedostatka materijala za pokrivanje aktuelnih potreba. Povećanje njegove vrednosti dovodi do nepotrebnog povećanja nivoa zaliha, a time i do povećanja cene kapitala koji je uložten u zalihe odnosno troškove poslovanja.

$$\text{Vremenski interval bezbednog snabdevanja} = \frac{\text{Prosečno zalihe}}{\text{Prosečno potrošnja u jedinici vremena}}$$

**Broj izmena materijale u skladištu** pokazuje koliko se često određen nivo zaliha u skladištu u okviru određenog vremenskog intervala obnovi, to jest koliko se ostvari punjenja i pražnjenja skladišta. Broj izmena materijala može se utvrđivati za određene grupe ili vrste, pri čemu se može primeniti u okviru AVS analize.

$$\text{Broj izmena jed. tereta u skladištu} = \frac{\text{Isporuka jed. tereta u jedinici vremena}}{\text{Prosečno nivo zaliha}}$$

Preko broja izmena materijala u skladištu uspostavlja se veza između naloga za isporuku i nivoa zaliha. Pored ovog odnosa koji odražava količinsku relaciju, srednji broj izmena može se koristiti i u ekonomskoj analizi kao odnos obima prometa i srednjeg nivoa zaliha.

**Stepen raspoloživosti** označava mogućnost obezbeđenja određenog materijala u zavisnosti od stanja sistema. U suštini, odražava pojavu otkaza sredstava rada u određenom vremenu (*FEM 9.221, 9.222, VDI 5581 i 3349*), koji se opisuje verovatnoćom otkaza sredstva ili celog sistema, odnosom:

$$\text{Stepen raspoloživosti} = \frac{\text{SVRBO}}{\text{SVTO}}$$

Gde su: *SVRBO* - Srednje vreme rada bez otkaza, *SVTO* - Srednje vreme trajanja popravke  
Ako bi se samo karakterisao prostor onda bi KPIs mogli da budu: stepen iskorišćenja površine i/ili zapremine skladišta kao i stepen zauzetosti skladišta širinama radnog prolaza.

**Stepen iskorišćenja površine skladišta** označava odnos neto i bruto raspoložive površine skladišta. Bruto površina skladišta obuhvata ukupnu površinu skladišnih zona, površinu kancelarija, skladište praznih paleta, primopredajnu zonu i zonu za komisioniranje.

Tabela 3.10 Stepen iskorišćenja površine skladišta

Tip skladišnog sistema	Iskorišćenje %
Paletno podno skladište	80
Regali za šipkaste materijale sa manuelnim rukovanjem	40
Podni regali bez paleta (širine hodnika 1 m)	45
Prolazni regali ( 6-7 paleta po dubini)	70
Paletni regali sa čeonim viljuškarima	40
Paletni regali sa regalnim liftom	60
Protočni regali sa liftom	65
Pokretni regali (8 regala sa jednim prolazom)	75

Neto površina skladišta je umanjena u odnosu na bruto za površinu saobraćajnica po kojima se kreću transportno-manipulativna sredstva, površinu pod regalima, to jest površinu kod blok sistema koja je namenjena skladištenju.

$$\text{Stepen iskorišćskja površine skladišta} = \frac{\text{Neto površina skladišta}}{\text{Bruto površina skladišta}} \times 100\%$$

Stepen iskorišćenja površine skladišta za različite skladišne sisteme prikazan je u tabeli 3.10.

**Širina radnog prolaza** definiše razmak između redova regala, odnosno redova materijala u skladištima, kod kojih materijali nisu složeni u regale. Ovaj KPIs direktno je korelativan sa svojstvima sredstava rada:

- tip sredstava kojima se realizuju operacije uskladištenja i izskladištenja i njegove gabaritne karakteristike, posebno radijusa okretanja,
- svojstva jedinice terata (paleta, kontenera),
- načini skladištenja,
- širine zaštitne zone i dr.

Prosečne vrednosti za širinu radnog hodnika za tipično korišćena transportno-manipulativna sredstva u paletnim skladištima date su u tabeli 3.11[20]. Količnikom potrebne površine za kretanje sredstava i ukupne površine skladišta, dolazi se do stepena zauzetosti skladišta širinama radnog prolaza.

Tabela 3.11. Širine radnog hodnika po vrstama sredstava

Sredstvo za rukovanje	Širina hodnika m
Ručni viljuškar	0,9 – 1,2
Viljuškar sa rudom	1,9 – 2,3
Čeoni viljuškar	3,2 – 3,5
Viljuškar sa pokretnom katarkom ( <i>Retrak</i> )	2,6 – 2,8
Četvorostrani viljuškar	2,2 – 2,5
Bočni viljuškar	2,2 – 2,5
Viljuškar za komisioniranje	1,6 – 1,8
Kran slagač	1,5 – 1,7
Viljuškar sa obrtnom viljuškom	1,5 – 1,8
Šinski vočen regalni lift	1,4 – 1,6

Pored navedenih KPIs bitnih za ocenu organizacije rada skladišta, od značaja su i informacije o potrebi promena strukture materijala, promeni broja izmena u strukturi kao i eventualna potreba za proširenjem skladišta i mnogi drugi zahtevi koji karakterišu specifičnosti određenog skladišta. Indikatori performansi predstavljaju značajnu podlogu za praćenje, analizu, poređenje, odlučivanje, planiranje i stalnu kontrolu rada skladišta, čime se obezbeđuje niži i nivo vezivanja kapitala u zalihe, pouzdana dispozicija i optimalan kapacitet skladišta.

### 3.7.2. Informatizacija i automatizacija skladišnih procesa

U intralogistici informacioni sistem koji se sastoji od sledećih komponenti: *Hardware* (mreže, tehničke baze) i *Software* (programa, procedura, algoritama banke podataka) sa upravljačkom logikom, ima osnovni zadatak da podržava logistički proces, to jest da poseduje kvalitetne podatke i informacije koje u svakom trenutku mogu da distribuiraju prema određenim korisnicima u LAN ili WLAN mreži. Tok informacija karakteriše hijerarhijska struktura informacionog sistema, što znači da je informacioni sistem skladišta deo šireg informacionog sistema preduzeća.

U skladištima operativne funkcije prate dvosmerni tokovi informacija, kojima se vrši registrovanje, memorisanje, obrada i formiranje izlaznih informacija neophodnih za upravljanje i praćenje tokova materijala. Organizacija informacionog toka diferencira se na različite nivoe prema zadacima koje izvršava:

- administrativni nivo (obrada naloga, upravljanje korisnicima, planiranje proizvodnje, obračun usluga),
- menadžment zaliha (upravljanje skladišnim sistemom, raspoređivanje materijala, upravljanje ulaznim tokovima materijala, uskladištenje i izskladištenje, upravljanje distribucijom, nalogima, komisioniranjem, pakovanjem, pretovarom),
- transportni menadžment (upravljanje transportnim i sredstvima mehanizacije, optimizacija tokova materijala u skladu sa vrstama vozila, upravljanje nalogima za praćenje materijala, statusne informacije),
- operativni nivo (procesno upravljanje, registrovanje stanja preko senzora, prenos podataka, rukovanje terminalima i skenerima, uticaj na procese preko ostalih učesnika i dr.).

Sistem za upravljanjem skladištem (*WMS—Warehous Management System*) najbolje je opisati kao sprega informacione tehnike i tehnologije sa procesima rukovanja, u cilju optimizacije svih skladišnih funkcija u realnom vremenu. U praksi WMS uspešno povezuje softver, hardver, perifrene uređaje sa operacijama upravljanja zalihama, tokovima materijala, kao i prostornom opremom u skladištima. U osnovi WMS je integracija PC kompjutera, interneta, EDI (*Elektronic Data Interchange*), EDIFACT (*Electronic Data Interchange For Administration, Commerce and Transport*), Barkod tehnologije, radiofrekventnih tagova (RFID) i mobilnih tehnologija.

Centralno mesto zauzima kompjuter, koji upravlja radom skladišta i zahteva pouzdano memorisanje velikog broja podataka. Ovi podaci se pre svega odnose na zalihe materijala, podatke o kretanju, kao i o stanju sredstava rada koja realizuju procese. Za rešenje ovog zadatka kao i za selektivan i brz pristup podacima koriste se baze podataka. Da bi se pri radu izbegli gubici podataka, a time poboljšala i pouzdanost rada kompjutera, koriste se redundantne memorije podataka, redundantan kompjuter kao i elementi koji obezbeđuju permanentno snabdevanje električnom energijom. U većini slučajeva postoji nivo za upravljanje radom skladišta preko server sistema koji obrađuje aplikacije (programe) i neki deo korisničkog server sistema. Oba ova dela su povezana odgovarajućom mrežom.

Tehnologije lociranja i praćenja upravo su razvijene kako bi se poboljšao kvalitet usluga u samom transportnom lancu. Na našem tržištu sve je bogatija ponuda softverskih rešenja za upravljanje skladišnim sistemima. Neki od gotovih softvera za upravljanje u skladištima, prema [38] jesu: *ACCELLOS One*, *LX One*, *INFOR SCM Warehouse Management System*, *RTK (Real Time Kinematic software)* i mnogi drugi. Prednosti informatizacije procesa su: direktna povezanosti sa lokacijom, sredstvom i identifikacijom trajanja aktivnosti, povećana produktivnost radnika i sredstava, bezbednije i ekonomičnije poslovanje, brži i obrt zaliha, efikasnije korišćenje skladišnog prostora, smanjenje papirologije, jednostavnost upotrebe, veći kvalitet usluge i dr. Dobro postavljen informacioni sistem u preduzeću kao celini, daje veliku šansu da se izvrši automatizacija u pojedinim segmentima tokova materijala, najpre između proizvodnih i TPS procesa. Nažalost, projekat univerzalnog informacionog sistema, koji bi se mogao primeniti na sva proizvodna preduzeća, ne postoji.

Automatizovani skladišni sistemi zahvaljujući različitim zahtevima, koji se u njima realizuju, predstavljaju kompleksne tehničke sisteme koji obezbeđuju adekvatno upravljanje procesima, odnosno obezbeđuju potpunu sinhronizaciju podataka i informacija sa materijalima i sredstvima koja vrše transport. Suprotno skladištima s manuelnim opsluživanjem u kojima se po pravilu realizuju samo jednostavne funkcije koje se odnose na identifikaciju materijala i mesta izuzimanja odnosno odlaganja materijala, automatizovana skladišta zahtevaju realizaciju daleko kompleksnijih zahteva i posebnih ograničenja.

Osnovni uslov je adekvatno utovareno stanje nosača sa dozvoljenim opterećenjem i profilima u skladištu i njihova dostava. Ukoliko ovaj uslov nije zadovoljen, ugrožen je rad sredstva za rukovanje materijalom. Neadekvatno utovarena, to jest gabaritno neispravna paleta sa materijalom koji prelazi spoljne ivice palete, po pravilu dovodi do smetnji i blokade čitavog sistema. Iz ovog razloga kod automatizovanih skladišnih sistema obavezna je kontrola profila nosača, to jest njegovih gabarita, koja se realizuje na ulazu palete u sistem na specijalnoj kontrolnoj stanici. Ako su optički senzori zaprljani ili ako postoji ometanje indukcionih senzora, kao npr. velike blizine nekih metalnih delova zbog čega bi došlo do slanja netačnog signala odvijanja procesa, ne bi bilo moguće realizovati postupak u skladu sa postavljenim ciljevima.

Automatizovanim skladišnim sistemima upravlja se posebno prilagođenim upravljačkim sistemima, odnosno grupom softvera (WCS—Warehouse Control Systems) koji predstavljaju nadgradnju na WMS. U ovom upravljačkom sistemu osnovni koncept počiva na zatvorenom regulacionom krugu: događaji — merna mesta to jest definisana veličina obrađuje se i upoređuje sa te ljenim stanjem na osnovu čega se donosi upravljačka odluka za upravljanje mobilnim, ne i stabilnim elementima jer je limitirajući faktor skladišnog sistema. Mobilni elementi kojima se upravlja, jesu: trakasti i valjkasti transporteri, transporteri za sortiranje, horizontalni karuseli, AS/RS (*Automated Storage and Retrieval Systems*) i sistemi za prikupljanje (*Pick to light Systems*). Neki od ovih sistema jesu: *DynaPro Warehouse Control System*, *The Egemin Warehouse Control System (E'wcs)* i mnogi drugi.

Uz WMS i WCS, radi potpune automatizacije skladišta koriste se dodatne aplikacije, kao što su softveri za: grafički monitoring koji prati AGVs u realnom vremenu, upravljanje multi navigacijom robotizovanih procesa (optički, magnetni, laserski, šinski), kontrolu rada inteligentnih transportnih sistema i njihovo rutiranje. Ovi i drugi modeli služe utvrđivanju upravljačkih odluka, pri čemu treba imati u vidu da je neophodna potpuna sinhronizacija upravljačkog sistema sa fiksnim elementima skladišta.

### 3.7.3. Strategije koje obezbeđuju efektivan rad skladišnog sistema

U literaturi se mogu naći različite strategije raspoređivanja materijala koje u suštini omogućavaju minimizaciju puteva pri opsluživanju skladišta, ravnomerno iskorišćenje skladišnog kapaciteta, smanjenje oštećenja usled prekoračenja roka čuvanja ili drugih razloga, minimizaciju ukupnih troškova rada i dr. S obzirom na specifičnosti koje su prisutne u svakom konkretnom slučaju, izbor strategije u skladu sa ovim specifičnostima ima poseban značaj. Tehnološko uobličavanje skladišta, izbor i dimenzionisanje tehničkih elemenata sistema, tako će zavisiti od ovih strategija. Strategije za povećanje efektivnosti u skladišnim sistemima mogu se odnositi na dva potencijalna mesta racionalizacije, identifikovanih kroz: prostorno raspoređivanje materijala izborom mesta uskladištenja i u realizaciji tehnološkog zahteva kod uskladištenja i izskladištenja.

#### *Prostorno raspoređivanje materijala u skladištu*

Na prostorno raspoređivanje u skladišnoj zoni utiče čitav niz zahteva koji potiču od fizičkih svojstava materijala, tehničkih operacija, bezbednosnih zahteva, pravnih i drugih ograničenja. Fundamentalna značaj ima izbor mesta uskladištenja i izskladištenja, to jest prostorno razmeštanje materijala u skladišnoj zoni. Primenom složenog to jest dvojnog ciklusa pri manipulaciji, stvaraju se uslovi za minimizaciju transportnih puteva<sup>3</sup>, to jest bolje iskorišćenje transportno-manipulativnih sredstava. Zahtevi koji proizilaze iz dimenzija i mase materijala upućuju na potrebu prilagođavanja dimenzija regala (regalnog polja) i nosivosti regala. Dosta često korišćena mera u praksi je redukovanje dozvoljene nosivosti regala sa povećanjem visine slaganja u regalu (formiranje zona homogene nosivosti). Kod sistema sa manuelnim komisioniranjem iz ergonomskih razloga u gornjem pojasu komisione zone raspoređuju se lakši materijali. Kod pojedinih skladišnih sistema kao npr. *Carousel sistem*, mora se voditi računa da ne dođe do poremećaja ravnoteže regala, naime, ne sme se pristupati neravno-

---

<sup>3</sup> Složeni ciklus za razliku od prostog ciklusa podrazumeva kombinovanje operacija uskladištenja i iz skladištenja i obrnuto kad viljuškar završi jednu operaciju u istom radnom prolazu započinje nov ciklus.

mernom praćenju regala, jer bi bila ugrožena njegova stabilnost. Kod velikih razlika u visini pojedinih paletnih jedinica u strukturi zaliha, također se pristupa diferenciranju, to jest formiranju zona sa različitom visinom između horizontalnih nosača regala.

Za optimizaciju prostornog raspoređivanja materijala kroz izbor mesta uskladištenja kao dela operativnog procesa opsluživanja skladišnog sistema, mogu se koristiti sledeće strategije:

- **definisana mesta skladištenja**, ovaj koncept podrazumeva skladištenje određene vrste materijala na unapred određeno skladišno mesto. Ovaj koncept je izvorno bio korišćen radi skraćivanja vremena trajanja materijala, jer se zasnivao na korišćenju iskustva (uvećanosti) radnika. Danas se koristi u sistemima sa manuelnim komisioniranjem zbog lakog nalaženja materijala. Kod ovog koncepta najlošije je iskorišćenje kapaciteta skladišta,
- **slobodan izbor skladišnog mesta (haotično skladištenje)**, svako slobodno skladišno mesto može se iskoristiti za disponiranje bilo kog materijala. Ovaj koncept obezbeđuje najbolje moguće iskorišćenje skladišnog kapaciteta,
- **zoniranje**, skladište se deli u određene oblasti – zone koje su rezervisane za materijale sa određenim svojstvima ili prema pravcima otpreme. Veoma često se za zoniranje koristi metoda preferencije, to jest formiranje zone sa visokim brojem izmena i velikom frekvencijom zahvata. Zone sa preferentnim materijalima lociraju se bliže ulazu odnosno izlazu sistema kako bi se racionalizovao i ubrzao proces rada,
- **poprečna metoda**, materijali se raspodeljuju u više hodnika, skladišnih područja ili skladišnih kanala u cilju obezbeđenja potpune raspoloživosti u slučaju da u nekom delu skladišta nastupe nepreviđene okolnosti. Na ovaj način je omogućen paralelan rad u više delova skladišne zone,
- **klasterizacija**, koristi se za određene korisnike gde se svi poručeni artikli skladište nalaze na jednom utem području kako bi se omogućila brza otprema na bazi trajnje.

#### *Realizacija uskladištenja i izskladištenja*

Redosled izvršavanja operacija uskladištenja i izskladištenja kao i rad transportno-manipulativnih sredstava ima za cilj da se postigne što veća efektivnost pri njihovoj realizaciji uz poštovanje određenih ograničenja. Disponiranje, uskladištenje i izskladištenje u određenim okolnostima, uslovljavaju respektovanje različitih ciljeva, odnosno realizaciju operacija primenom određenih strategija. Najpoznatije strategije za rukovanje materijalima u skladišnom sistemu jesu sledeće:

- **FIFO**, prema ovoj strategiji jedinice koje su najduže čuvane u skladištu prve se izskladištavaju, odnosno isporučuju. Cilj je eliminacija gubitaka – krala koji bi bili pruzrokovani prekoracenjem roka zadržavanja određenog materijala, to jest zastarevanjem i gubljenjem sopstvenog kvaliteta,
- **LIFO**, prema ovoj strategiji materijal koji je proveo najmanje vremena u skladištu prvi se isporučuje. Održene skladišne tehnike (kanalni regali) nameću primenu ove metode sa ciljem da se izbegnu dvojne operacije pri rukovanju materijalima,



- **prilagođavanje količine**, u realizaciji svakog aktuelnog naloga (trebovanja) biraju se oni materijali čijom bi se isporukom postigla u sumi, minimizacija utroška resursa pri zahvatanju i vraćanju u skladišnu zonu,
- **isporuka sa minimalnim ostatkom materijala**, koja je ostala od prethodne isporuke isporučuje se sa ciljem postizanja koncentracije ukupnih količina određenog materijala na što je moguće manji broj paleta radi idealnog iskorišćenja kapaciteta skladišta,
- **minimalizacija broja prolaza koji se tangiraju pri izuzimanju materijala**, grupisanje to jest sortiranje zahteva za izuzimanje materijala iz pojedinih hodnika to jest regala kao što su pokretni regali sa ciljem da se minimizira obim pomeranja regala,
- **respektovanje itinerera vozila spoljnog transporta**, redosled izskladištenja definiše se na bazi itinerera, odnosno obrta vozila drumskog spoljnog transporta. Na ovaj način materijal se tako utovara da bi se izbeglo naknadno manipulisanje pri istovaru kada vozilo pristigne na planirano odredište.

Postoje drugi ciljevi i strategije, što ukazuje da svako skladište bira onu strategiju ili strategije koje odgovaraju postavljenim ciljevima i specifičnim uslovima poslovanja. Generalna preporuka o kojoj se stalno mora voditi računa je što bolje iskorišćenje raspoloživog volumena skladišta.

#### 3.7.4. Požarna zaštita u skladištu

Poštovanje propisa o požarnoj zaštiti pri gradnji skladišta ili za vreme eksploatacije nekog skladišta, predstavlja veoma ozbiljan zadatak. Cilj je da se obezbede odgovarajuće mere zaštite osoblja, opreme i materijala. Požarna zaštita se u osnovi deli na preventivne i odbrambene mere. Fokus je na preventivnoj požarnoj zaštiti. Mere požarne zaštite se raščlanjavaju na: građevinske, tehničke i organizacione. Na nacionalnom i internacionalnom nivou postoji čitav niz preporuka i propisa koji regulišu ove mere zaštite.

Prvi zadatak je da se već kod definisanja to jest izbora lokacije skladišta u okviru građevinske požarne zaštite mora odabrati adekvatno rastojanje između skladišta i objekata u okruženju. Isto tako zemljište na kojem se gradi treba da bude obezbeđeno adekvatnim pristupnim putevima za prilaz vatrogasne tehnike. Kod razrade konstrukcije skladišta, protivpožarni aspekt se uzima u obzir na više načina. Pored veličine skladišta i ograničenja koja se odnose na okruženje, od značaja je i ponašanje skladišta u slučaju požara kao i požarno opterećenje. Zidovi i krov skladišta moraju se graditi od negorivih građevinskih materijala, u skladu sa klasom „A“ prema *DIN 4101-1*, dok metalni delovi moraju imati specijalne premaze. Površine pojedinih odeljaka kod visoko-regalnih skladišta ne bi smele da prelaze površinu od 6000 m<sup>2</sup>. Proširenje ove površine na 10 000 m<sup>2</sup> moguće je samo u izuzetnim slučajevima kada je neophodna primena dodatnih mera zaštite. Horizontalno deljenje skladišta na požarne zone realizuje se požarnim zidovima, koji sprečavaju prebacivanje plamena najmanje pola metra preko krova skladišta. Razdelni protivpožarni zidovi, koji dele skladište na više požarnih zona, grade se od vatrootpornih materijala. Od ostalih elemenata zaštite građevinskih konstrukcija koriste se: ploče – zastori, prigušivači i sredstva za sprečavanje prolaska vatre, požarna vrata, razni oblici vertikalne zaštite – barijere i dr. Protivpožarne mere obuhvataju i postrojenja za odvođenje dima i toplote, ako što su: vazdušni kanali sa ili bez prigušivača, ekshaustori i dr.

Tehničke preporuke obavezuju na ugradnju poluautomatskih, automatskih ili udvojenih uređaja za dojavu požara (jonizujuć, termički, optički), čija primena ima izuzetan

značaj zbog dojava požara određenim slučajima još u ranoj fazi nastanka. Mere zaštite predviđaju i dovoljan broj priključaka za vodu, kao i sistema za prihvatanje upotrebene vode pri gašenju požara. Kod visoko-regalnih skladišta obavezna je upotreba automatskih sistema za gašenje požara. Od automatskih uređaja primenjuju se najviše dva tipa *Sprinkler*, suvi (protiv mraza) i vlažni ili *sistem postrojenja sa inertnim gasom* SO<sub>2</sub>. Pored SO<sub>2</sub>, koriste se: FM-200 i Novec 1230 i predstavljaju alternative za Halon 1301, koji pripadaju grupi čistih sredstava za gašenje požara klase B, C i E. Takođe se, u zoni tavanice, poda ili sa daljine, koriste sistemi sa teškom, srednjom ili lakom penom. Sistemi treba da budu tako izvedeni da voda ili druga sredstva za gašenje mogu da dosegnu svaku tačku visoko-regalnog skladišta.

Preventivna požarna zaštita sa organizacionog aspekta mora da sadrži definisane požarne puteve sa smerovima evakuacije, hierarhiju sistema, plan zaštite kao i raspored redovnih protivpožarnih obuka. U čitavom skladišnom sistemu požarni putevi i opasna mesta moraju da budu obeležena i jasno vidljiva određenim znacima. Takođe, sav personal mora da bude upoznat sa merama za izbegavanje požarne opasnosti, obučen za korišćenja protivpožarnih aparata kao i za pružanje prve pomoći. Upravljanje sistemom za automatsko gašenje požara definisano je kako u stanju mirovanja tako i u slučaju potrebe. Izvođenje operacija koje u sebi sadrže požarnu opasnost, smeju se izvoditi samo uz prethodno specijalno odobrenje. U skladištima je obaveno poštovanje zabrane pušenja. Kada u skladištu dođe do promene materijala, neophodno je preispitivanje o dovoljnosti postojećih mera ili ih treba promeniti, to jest proširiti ili dopuniti.

Opisane mere predstavljaju samo uvid na planu postizanja protivpožarne zaštite, bez pretenzija da su konačne i potpune. Dalje informacije na planu požarne zaštite mogu se obezbediti korišćenjem odgovarajućih preporuka i normi, pre svega na nacionalnom, a tako i na međunarodnom nivou, prema *VDI Richtlinien 3564*. Da bi se garantovala efektivna protivpožarna zaštita, u svakom konkretnom slučaju treba razraditi potpun koncept zaštite. Iskustva potvrđuju da se adekvatnom primenom protivpožarnih propisa postigne zadovoljavajuća zaštita od požara, kako osoblja, tako i opreme i materijala.

### **3.8. KRITERIJUMI ZA IZBOR I POREĐENJE SKLADIŠNIH SISTEMA**

Neke KPIs koriste se putem korespondentnih matrica koje služe kao inicijalna pomoć pri izboru mogućih varijanti elemenata skladišnog sistema. Urađeno je diferenciranje ocene za svaku određenu varijantu, kao potencijalno rešenje prema odabranom kriterijumu po sistemu: dobro (● – *pogodno*), uslovno dobro (◐ – *prosečno*) i loše (○ – *nepogodno*) ekspertna je metoda i ne može da zameni detaljniju analizu efektivnosti. Prezentirani postupak preko *data matrice* obezbeđuje samo orijentacioni izkaz o pojedinim tehnološkim varijantama kojim se obezbeđuje sistemsko tehničko razvrstavanje posmatranih varijanti, tabela 3.12.

Ocene koje su u matrici formulisane povoljno – nepovoljno, ne znači da je varijanta potpuno neprihvatljiva, već samo implicira da je primena dotične tehnologije manje svrsishodna. Tipičan primer je izetno lak materijal koji uskladištimo u regale velike nosivosti, čime nismo ugrozili odvijanje procesa, ali jednostavno funkcionalnost opisane regalne tehnike ne korespondira sa zahtevima male mase, jer ovako spariavanje zahteva i tehničkih elemenata ne obezbeđuje maksimalnu efektivnost procesa. Da bi se prepoznale prednosti i nedostaci pojedinih tehnoloških varijanti bilo bi svrsishodno da se ova matrica dopuni odovarajućim kriterijumima kao i njihovim težinskim faktorima u kontekstu konkretnog skladišta, odnosno postavljenog zadatka. Ovakav pristup u

suštini odgovara metodi *Analize korisnosti (Nutzwert-kosten-analyse)* i ne može da ima opšti karakter, naime, u svakom konkretnom slučaju subjekt odlučivanja treba da sprovede ovaj postupak uzimanjem različitih aspekta u obzir, koji odgovaraju datoj situaciji. Pri odlučivanju treba zauzeti stav da u prvom koraku treba analizirati relativno manji broj važnih kriterijuma kako bi se brzo došlo do prave orijentacije u izboru rešenja.

Tabela 3.12. Izbor skladišnih sredstava na bazi karakteristinih performansi

Regalno skladištenje		Dinamičko skladištenje		Karakteristične performanse			Broj paleta po artiklu			Broj artikla Asortimani			Masa jedinica tereta (paleta)			
				Veliki	Srednji	Mali	Veliki	Srednji	Mali	Veliki	Srednji	Mali	Veliki	Srednji	Mali	
Redno skladištenje	Dinamičko skladištenje	Pokretni regali jedinice mere	Regali na vozilu	○	○	●	○	○	●	○	○	●	○	○	●	
			Pokretni regal	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	○	●
			Opločni regali vertikalni	○	●	●	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●
			Opločni regali horizontalni	○	●	●	●	●	●	○	●	●	○	●	●	●
	Dinamičko skladištenje	Statički regali pokretne jedinice	Kanalni regali	●	●	○	○	●	●	○	○	●	○	●	○	
			Protočni regali gravitacioni	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			Protočni regali sa pogonima	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
			Regali po redovima	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	Statičko skladištenje	Regali po redovima	Visoko regalno skladište	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○		
			Paletno regalno skladište	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
			Blok regal	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		Blok regal	Skladište sa konzolnim i distribuiranim vozilom	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
Prolazni regali	●		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
Redno skladištenje	Statičko skladištenje	Redni	Sa slaganjem i bez slaganja	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○			
		Blok	Sa slaganjem i bez slaganja	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○			

**Stepen automatizacije** daje ocenu o mogućnosti integracije skladišnih sredstava u automatizovani tok materijala. Da bi se mogao oceniti moraju se uzeti u analizu pogodne skladišne tehnike za opsluživanje.

**Flaksibilnost na promenu količine materijala**, suprotno fleksibilnosti koja se odnosi na promenu u pogledu broja naloga koje treba obraditi, skladišna tehnika za opsluživanje u značajnoj meri utiče na mogućnost promene količine materijala u skladištu. Isto tako bitan je uticaj fleksibilnosti na mogućnost povećanja srednjeg nivoa zaliha, što je takođe obuhvaćeno preko kriterijuma sposobnosti proširenja.

**Mogućnost direktnog pristupa svakom materijalu**, bez dodatnih zahteva za preslaganje, to jest dodatno pretovaranje što bitno utiče na KPIs sistema, ovo svojstvo nije prisutno kod svih oblika skladišnih sredstava, kao što se moglo videti kod opisanja pojedinih skladišnih sistema. Direktni pristup svakom materijalu nije moguće kod skladišta sa podnim slaganjem u blokove, kao i kod prolaznih i protočnih regala.

Tabela 3.13. Bitni kriterijumi za vrednovanje najčešće korišćenih varijanti skladišnih sredstava

Odabrani kriterijumi	Vrednovanje najčešće korišćenih skladišnih sredstava na bazi najznačajnijih kriterijuma													
	Подало складштителје		Регално складштителје											
	Статиčno		Статиčno складштителје						Динамично складштителје					
	Блок	Ре-дови	Блок	Регали у редовима			Фиксни регали			Покретни регали				
				Покретне јединице	Фиксне јединице	Покретни регали	Фиксни регали	Покретни регали	Фиксни регали					
Са слагањем и без слагања	Са слагањем и без слагања	Улазни и пролазни регали	Складштите са каналним и без веза	Подни регали	Палеми високо регални системи	Конзолни регали	Регали облика сеча	Промоћни регали повољени	Промоћни регали гравитациони	Опозитни регали хоризонтални	Опозитни регали вертикални	Покретни регали		
Stepen automatizacije	○	○	○	●	○	●	○	●	●	●	○	○	●	○
Fleksibilnost na promenu količine materijala	●	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●
Direktan pristup svakoj jedinici tereta	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●
First-in-First-Out	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●
Haotično skladištenje	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
Pogodnost za automatizovano komisioniranje	●	○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○
Iskorišćenost prostora	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Iskorišćenost površine	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Organizacija i obrada podataka	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Sposobnost proširenja	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Investicioni troškovi (skladišni mehanizam), Skladišta i mehanizacije	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Troškovi održavanja	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Visina ili dužina ograničenja	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Učestalost otkaza i pojava udesa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Opterećenje robe pri skladištenju	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Potreba za dodatnom mehanizacijom	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Mogućnost rada pri smetnjama	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Trajanje zahvata materijala	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

**FI-FO** disciplina pristupa značajna je kao kriterijum izbora, mada njena primena analogno nije moguća kod svih oblika skladišta. U praksi se često koristi ograničen oblik ove discipline pristupa, naime, kao optimalan uslov moće da se prihvati praćnjenje skladišta onim teretima koji pripadaju istoj šarći, ili su istog datuma uskladišćenja. Primena ove ograničene strategije moguća je kod blok skladištenja kao i kod prolaznih i protoćnih regala.

**Haotično skladištenje** je specifićan oblik strategije za prostorno rasporećivanje materijala u skladištu koji obezbećuje najbolje iskorišćenje skladišnog kapaciteta, a podrazumeva potpuno slobodan izbor mesta skladištenja pri ulasku materijala u skladište. Za ovaj koncept karakteristićno je, da se u vremenskom nizu na jednom skladišnom mestu

skladište različiti artikli. Haotično skladištenje se ne može primeniti kod svih oblika sredstava za skladištenje, već može kod manuelnog opsluživanja i/ili manuelnog komisioniranja, dok kod nekih tipova skladišta primena ove strategije nije moguća.

**Sposobnost za automatsko komisioniranje** daje podlogu za ocenu mogućnosti uvođenja automatskog komisioniranja kao i mogućnost prilagođavanja različitih sredstava za primenu ovog koncepta.

**Korišćenje prostora** predstavlja odnos zapremine uskladištenog materijala i ukupne zapremine skladišta, što ukazuje koliko se postojeći objekat može iskoristiti. Iskorišćenje prostora u značajnoj meri određeno je visinom slaganja materijala koja se može postići. Kod podnih skladišta, zbog ograničene visine slaganja ostvaren je često nezadovoljavajući stepen iskorišćenja skladišnog prostora.

**Iskorišćenje površine** izražava se kao količnik površine koja je zaposednuta materijalima i ukupne površine kod podnih skladišta. Pokazuje koliko se od postojeće površine koristi za efektivno skladištenje. Na ovaj KPIs poseban uticaj ima učešće površina koje su neophodne za opsluživanje, to jest kretanje sredstava mehanizacije. Ovaj uticaj može se redukovati primenom modernijih sredstava mehanizacije, koja zahtevaju manju širinu radnog hodnika. Pogodnim razmeštanjem materijala uzimajući u obzir učestalost opsluživanja, moguća je minimizacija učešća neproduktivnih radnih prolaza za kretanja mehanizacije. Iskorišćenje površine i prostora predstavlja za planere vrlo bitnu veličinu prilikom ocene ekonomičnosti.

Kriterijum koji **se odnosi na organizaciju rada i obradu podataka**, omogućava slično stepenu automatizacije, formiranje ocene o mogućnosti integracije u automatizovane sisteme tokova materijala, kao i mogućnosti sistema za upravljanje skladištem, po pitanju primene strategije za uskladištenje i izskladištenje, kao i za prostorno raspoređivanje materijala u skladišnoj zoni.

**Mogućnost proširivanja** skladišnih sredstava važan je kriterijum koji daje mogućnost ocene sposobnosti prilagođavanja u slučaju da dođe do promene veličine srednjeg nivoa zaliha. Prilagođavanje je donekle moguće kod statičnih regala, dok je kod dinamičnih sistema veoma ograničena, a kod optočnih regala ova mogućnost uopšte i ne postoji. Ograničenja za proširenje skladišta često su povezana i sa iskorišćenjem visine slaganja. Limitiranost visine slaganja često potiče od sredstava mehanizacije, ali i osetljivosti materijala na pritisak, što posebno dolazi do izražaja kod podnog slaganja po blok sistemu.

Performansa, koja se odnosi na **potrebu za dodatnom mehanizacijom** za uskladištenje i izskladištenje, služi kao podloga za procenu koliko bi se umanjile potrebe za mehanizacijom, ili ukoliko bi se primenili dinamični sistemi za izskladištenje materijala. Kod vrednovanja posebno značajan momenat predstavlja sagledavanje mogućnosti rada, ukoliko dođe do smetnji u skladišnom sistemu, posebno kod dinamičnih sistema i da li postoji mogućnost za uskladištenje i izskladištenje.

**Trajanje procesuiranja materijala** obezbeđuje procenu o trajanju ciklusa kod uskladištenja i izskladištenja materijala. Ovaj ciklus je dosta dug kod podnog skladištenja, kod ulaznih i protočnih regala, posebno ako se moraju izvršavati operacije premaštanja materijala kako bi se došlo do željene količine.

**Investicioni troškovi i troškovi održavanja** ovi KPIs veoma su važni za ocenu ekonomičnosti sistema. Tesno vezane uz ovo su i karakteristike koje se odnose na učestalost pojave otkaza – kvarova udesa i oštećenja materijala.

U ovim matricama nisu uzimane u obzir potrebne investicije i ekonomski efekti potencijalnih rešenja, raspoloživost prostora sa aspekta primene, postojeći skladišni

sistemi i mogućnost rekonstrukcije i mnogi drugi elementi koji pored ovih tehničko-tehnoloških zahteva moć da imaju i veći značaj u analizi skladišnih sistema.

## REZIME

Skladišni sistemi u okviru intralogistike imaju poseban značaj u funkcionalnom smislu, ne samo zbog realizacije različitih tehnoloških zahteva u lancu distribucije, već i zbog različitosti u opremi i tehnologiji rada. Definisani su zadaci skladišta i njihovi tehnološki zahtevi, ukazano je na glavne tipove skladišta, različitosti tehnoloških elemenata i tehnologija rada, mesta i uslove primene određenih sistema, mogućnost primene automatizacije i dr. Uočeno je, nasuprot prečastijem konvencionalnom pristupu baziranom na sućenom (bazičnom) proizvodnom programom, da su nastale promene u smislu funkcionalne modernizacije skladišnih sistema, povećane fleksibilnosti, primene modularnih sistema sa visokim stepenom automatizacije i specijalizacije sa primenom automatizovanih sistema AS/RS, bez kojih je nemoguća realizacija povećanog nivoa usluge.

Osnov tehnologije rada u skladištu čini komisioniranje. U cilju ispunjenja postavljenih zahteva objašnjeni su tipovi komisionih sistema, koje karakteriše različita kombinacija opreme i strategija komisioniranja. Dati su uticajni faktori na izbor sistema za komisioniranje, načini organizacije i kapacitet komisioniranja. Iako su zalihе gotovo postale prošlost, njihov značaj je i dalje prisutan u mnogim preduzećima. Strategije upravljanja zalihama daju osnovu za njihovu realizaciju. U okviru organizacije rada, definisani su osnovni indikatori performansi za ocenu rada skladišta, ukazano je na značaj informatizacije i automatizacije i značajan broj gotovih softvera kojima se upravlja skladištem. Jasno su definisane strategije kojima se obezbeđuje efektivan rad skladišta. Ukazano je na zakonsku obavezu u primeni mera protivpoćarne zaštite u skladištu. Na kraju, obraćeni su različiti kriterijumi za izbor i porećenje skladišnih sistema, koji su primenljivi u praksi kao polazna ocena za ocenu skladišta.

## Pitanja za proveru znanja

1. Koji su osnovni zadaci i tehnološki zahtevi u skladišnom sistemu?
2. Kada se koristi podno skladište i koje su njegove prednosti i nedostaci.
3. Izvršiti klasifikaciju i dati tipove skladišta.
4. Objasniti razlike sistema kod skladišta sa statičnim regalima.
5. Objasniti razlike sistema kod dinamićkih regalnih skladišta.
6. Koje uslove treba da ispuni skladište hladnjaća?
7. Objasniti načine skladištenja rasutih tereta.
8. Šta je komisioniranje i koji faktori utiću na izbor sistema komisioniranja.
9. Objasniti organizacione oblike komisioniranja i kapacitet komisioniranja.
10. Objasniti sisteme za razmenu podataka i informacija kod komisioniranja.
11. Navesti razlike sortirnog sistema i postrojenja.
12. Šta sačinjava sortirni sistem i kako se vrši izbor njegovih elemenata?
13. Navesti osnovne zadatke i objasniti strategije upravljanja zalihama.
14. Šta podrazumevate pod selektivnim upravljanjem zalihama?
15. Koji su osnovni uslovi rada u skladištu.
16. Navesti i objasniti osnovne indikatore rada skladišta.
17. Navesti strategije kojima se obezbeđuje efektivan rad skladišnog sistema.
18. Koji su najbitni kriterijumi za izbor skladišnog sistema?
19. Koje je skladište napogodnije na bazi karakteristićnih performansi i zašto?
20. Koje je skladište po odabranim kriterijumima najpogodnije i zašto?

## 4. TRANSPORTNO-MANIPULATIVNI SISTEMI

Pretovar je element strukture svakog proizvodnog, skladišnog i transportnog sistema ili kombinacije bilo kojih od navedenih sistema u kojima se realizuju glavne operacije uz pomoć transportno-manipulativnih sredstava (u daljem tekstu: mehanizacija). Ukazano je na zadatke mehanizacije, odabrani su osnovni indikatori i pokazan je način određivanja tehničke i eksploatacione proizvodnosti za različite vrste materijala. Detaljnije su obrađeni zajednički elementi pretovarnog procesa, mehanizacija sa cikličnim i neprekidnim dejstvom rada i pripadajuća oprema, izvršena je njihova klasifikacija i ukazano je na njihovu konstrukciju i opšta svojstva.

Usavršavanje tehnologija rukovanja s obzirom na hemijsko-tehnološka, fizička svojstva kao i pojavni oblik materijala, zahteve u vremenu i dr., stvorilo je razna tehnička rešenja u okviru familije sredstava, počev od klasičnih mehaničkih do potpuno automatizovanih sredstava s primenom u vrlo složenim tehnološkim procesima. Pored osnovnih svojstva dati su prednosti i nedostaci pri korišćenju u određenim tehnološkim procesima kao i način određivanja troškova rada odnosno cene koštanja i prodaje. Kriterijumima za izbor i poređenje određenih tipova mehanizacije date su jasne osnove za njihovo korišćenje. Na kraju ukazano je na preduslove korišćenja sredstava mehanizacije vezano za zakonske obaveze i druge bezbednosne mere koje moraju biti poštovane pri korišćenju sredstva mehanizacije. Racionalnim korišćenjem sredstava mehanizacije, moguće je ostvariti znatno veći obim rada, kvalitetnije rukovanje, bolje korišćenje mobilnih i stabilnih tehnoloških elemenata, efikasniji i ekonomičniji transport, manje angažovanje ljudskog rada, potpunu humanizaciju rada i mnoge druge efekte koji se ostvaruju u zavisnosti od vrste TPS procesa, mesta rada, tehnologije i organizacije rada.

### 4.1. ZADACI TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SISTEMA

Generalno, u okviru društvene reprodukcije mehanizacija obezbeđuje realizaciju nekoliko osnovnih funkcija, a to su:

- prostorno i vremensko usaglašavanje zahteva mesta proizvodnje s mestima potrošnje kod promene tehnologija transporta,
- kvantitativno (količinsko) izjednačavanje proizvodnje i potreba potrošnje u realnom vremenu zbog neujednačenih kapaciteta u tzv. *višefaznom transportu*,
- podmirenje procesa proizvodnje i potrošnje kroz izjednačavanje potrebnog asortimana materijala,
- povezivanje i optimalno odvijanje čitavog procesa reprodukcije, odgovarajućim transportnim, odnosno logističkim lancem između jednog ili više korisnika primenom različitih TPS tehnologija.

Kao što se vidi iz osnovnih funkcija koje realizuje mehanizacija, primarnu ulogu i značaj ima u okviru pretovarnih procesa, čiji je cilj povezivanje različitih delova procesa reprodukcije i to preko prostorne i vremenske promene položaja materijala, bez menjanja njegovih fizičko-hemijskih svojstava. Mehanizacija čini sastavni deo TPS procesa s vrlo složenom strukturom, koja zahteva kompleksno izučavanje radi organizovanog povezivanja svih faza u kretanju materijala, od mesta proizvodnje do mesta potrošnje. U okviru pretovarnih procesa mogu se identifikovati sledeći zahtevi:

- istovar, utovar ili direktan pretovar transportnog sredstva,

- uskladištenje i izkladištenje materijala,
- transport materijala na kraćim relacijama u skladištima, rampama, terminalima, manipulativnim površinama i dr.,
- transport materijala kao ulaz, izlaz i unutar procesa proizvodnje.

Pored osnovnih, postoje i dopunski zahtevi (klasiranje, dotovar, vaganje, ispomoć, ranđiranje i dr.) koji mogu biti nezavisni u realizaciji od osnovnih zahteva.

Posebnu grupu logističkih i/ili transportnih zadataka čini pretovarni zadatak pod kojim treba podrazumevati skup tehnoloških zahteva u okviru pretovarnog procesa. Po svojoj strukturi pretovarni zadatak je složen, jer obuhvata karakteristike tehnoloških zahteva koji potiču od:

- procesa reprodukcije u kome se realizuje,
- transportnog i/ili logističkog lanca koji ga realizuje,
- osnovnih i pomoćnih pretovarnih zahteva,
- relativnih svojstava materijala u funkciji TPS procesa modeliranih transportnim zahtevom.

Sve ukazuje na to da mehanizacija ima značajnu ulogu, jer je višedimenziono strukturirana veličina i da se pretovarni proces i mehanizacija ne mogu posmatrati nezavisno od okruženja, bez obzira na to da li je reč o mikro ili makrotehnologiji rada.

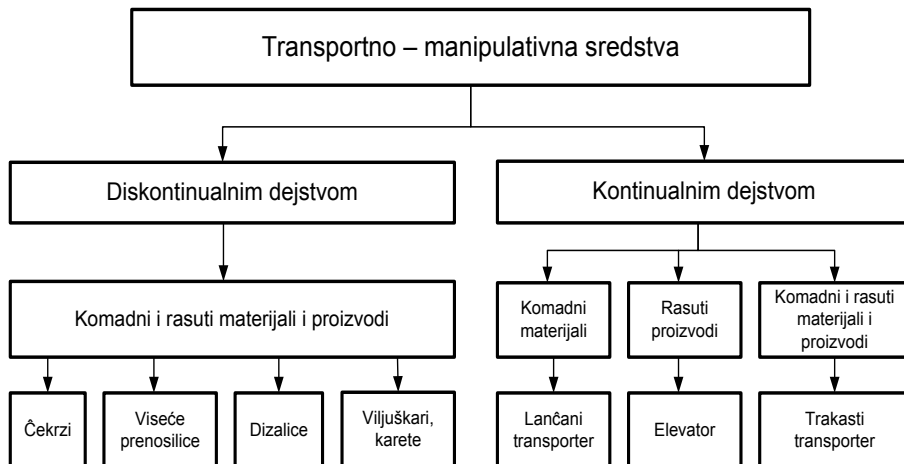
## **4.2. KLASIFIKACIJA TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SREDSTAVA**

Mehanizaciju u unutrašnjem transportu čine mobilni tehnološki elemente kojima se realizuju procesi i operacije (transport, pretovar, sortiranje, slaganje, skladištenje i komisioniranje), a to su različite familije i tehnička rešenja, koja uz infrastrukturne fiksne tehnološke elemente (rampe, skladišta, manipulativne površine, pristupne puteve i dr.), čine vrlo složenu strukturu od čijeg stepena zavisi usklađenost i efikasnost pretovarnih procesa.

Kako se u praksi pojavljuje veliki broj sredstava mehanizacije, s vrlo različitim tehnološko-eksploatacionim svojstvima, potrebno je radi izbora odgovarajućeg sredstva i najracionalnijeg korišćenja postojećih izvršiti njihovu klasifikaciju, prema:

- transportnom području (linija, površina, prostor),
- kinematici kretanja odnosno pokretljivosti (fiksna, slobodna — mobilna, pritudno vođena),
- oblik transportne putanje (horizontalna, kosa, vertikalana),
- princip rada (diskontinualan, kontinualan), slika 4.1,
- načinu prenošenja pogonske sile, mehanički (npr. od elektromotora), samokretni (pod silom težine), pneumatski i hidraulični (pod silom strujanja vazduha, mlaza vode i dr.), elektrodinamički (u metalurgiji kod prenosa uterenog metala, konvejeri za feromagnetne materijale i dr.),
- karakteru delovanja vučne sile, sa vučnim elementom (traka, lanac, ute...) i bez vučnog elementa (putni, vibrirajući, valjkasti konvejeri ...),
- vrsti materijala sa kojima manipulišu (komadnim, rasutim, tečnim ili gasovitim),





Slika 4.1. Primer klasifikacije transportno-manipulativnih sredstava prema principima rada

- broju stepeni slobode kretanja zahvatnog organa, na sredstva sa jednim stepenom slobode (linijsko horizontalno ili vertikalno kretanje), sredstva sa dva ili više (površinska), sa tri (sa slobodnim dejstvom radnog organa u prostoru) stepena slobode kao i sredstva s dejstvom radnog organa u ograničenoj prostornoj zoni,
- načinu kretanja materijala, sredstva kod kojih se materijal i vučni organ kreću u istom smeru (s prenosom materijala samo u jednom smeru, kontinualno), sredstva kod kojih se materijal kreće u suprotnom smeru od kretanja radnog organa i sredstva kod kojih se zahvatni organ kreće u mestu, a materijal ide kroz ili oko njega do mesta istovara,
- vrsti tehnoloških zahteva, sredstva za utovar, pretovar ili samo istovar,
- mestu obavljanja tehnoloških operacija i delatnosti u kojoj se koriste u: transportu, građevinarstvu, rudarstvu (podzemnu i površinsku eksploataciju) i dr.,
- transportnim relacijama: sredstva sa fiksnim putanjama (liftovi, transporteri, AGVs), sa delimično utvrđenim putanjama (dizalice, slagači) i sa slobodnim relacijama (dizalice na vozilima, roboti).

Svaka od ovih klasifikacija može se dalje dekomponovati na pod grupe u zavisnosti od karakteristika sredstava prilagođenih specifičnim uslovima rada. Sve ove i druge podele treba bliže da identifikuju karakteristike određenih sredstava, na osnovu kojih se može izučavati i projektovati odgovarajuća tehnologija rada. Kod klasifikacije transportnih sredstava može se koristiti istovremeno veći broj kriterijuma. Kod nas je nekako ustaljena podela sredstava prema kinematici kretanja radnog organa, što će u daljem delu knjige biti prikazano sa detaljnom podelom svake grupe sredstava.

### 4.3. INDIKATORI PERFORMANSI TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SREDSTAVA

U teoriji i praksi, za karakterizaciju rada sredstava mehanizacije i TPS procesa postoji veliki broj indikatora performansi (u daljem tekstu: KPIs), kod nas poznatih pod nazivima: pokazatelj, parametar (performansa) ili izmeritelj (indikator). Performansa je ono na osnovu čega možemo suditi o nečemu, npr. o transportnom ili pretovarnom procesu, odnosno, to su veličine koje karakterišu odvijanje TPS procesa u

prostoru i vremenu, korišćenje vozila i sredstava mehanizacije, transportni rad i dr., dok je indikator pojam koji se poistovećuje sa pojmom *jedinice mere*, primenjeno na karakteristike rada sredstava, potrošnju goriva (energije), materijala, novčanih sredstava i dr. Svakako da je najznačajnija performansa kapacitet, pod kojim treba podrazumevati količinu materijala koju je potrebno manipulirati i/ili preneti u određenom pravcu ili prostoru u jedinici vremena. Mnogi smatraju da je kapacitet nosivost ili samo sredstvo mehanizacije, što je suštinski i semantički pogrešno.

Sa aspekta tehnologije, indikatori performansi, mogu da se svrstaju u dve osnovne grupe, i to koji karakterišu:

A. Tehno-eksploataciona svojstva sredstava mehanizacije:

- gabaritne karakteristike (dužina, visina, širina, prepusti i prohodnost, visine dizanja radnog organa i dr),
- vučne karakteristike (nominalna snaga motora, otpori kretanju, vučne sile i sile potiskivanja),
- stabilnost (stabilnost u podužnom pravcu, pri usporenju, odnosno kočenju, kod prolaza kroz krivinu),
- eksploatacione karakteristike sredstava sa elektrobaterijskim pogonom (potrebna energija za savladavanje uspona, dužine u pravcu, punjenje baterija) i dr.

B. Realizaciju pretovarnog procesa, a to su:

- karakteristike tehnoloških elemenata (širina radnog prolaza, saobraćajnica i manipulativnih prostora, skladišta, vrata, rampi i dr.),
- kvalitet realizacije po vrstama operacija i procesa po režimima rada,
- iskorišćenost po površini, nosivosti, zapremini i vremenu,
- sigurnost (bezbednost) u radu, transportu i UIP procesima,
- cene, troškovi i dr.

Postoje i drugi kriterijumi i klasifikacije KPIs koji karakterišu sredstva mehanizacije, ali će značaj biti dat utvrđivanju kapaciteta, jer predstavlja osnovni preduslov u racionalnoj primeni sredstava. Izbor ostalih KPIs sredstava treba da proistekne iz stvarnih potreba privrednih subjekata u kojima se određena sredstva mehanizacije koriste.

#### 4.3.1. Kapacitet sredstava s cikličnim dejstvom

Prema iznetoj klasifikaciji, sredstvima s cikličnim dejstvom premeštaju se materijali u ciklusima (obrtima) komad po komad ili količina po količina.

**Tehnički kapacitet**, se odnosi na jedan sat efektivnog rada sredstava i izražava se:

- u tonama:  $Q_t = C \cdot q_m = (3600/\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \sum t_{ci}) \cdot q_n \cdot \xi$  (t/h)
- u komadima:  $Q_k = C \cdot q_m / q_k = (3600/\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \sum t_{ci}) \cdot q_n \cdot \xi \cdot 1/q_k$  (kom/h)
- u metrima kubnim:  $Q_v = C \cdot q_m \cdot 1/q_v = (3600/\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \sum t_{ci}) \cdot q_n \cdot \xi \cdot \psi \cdot 1/q_v$  (m<sup>3</sup>/h)

gde su:  $Q_t, Q_k, Q_v$  – tehnički kapacitet (t/h, komada/h, m<sup>3</sup>/h ili l/h)

$C$  – broj ciklusa sredstava, odnosno zahvatnog organa na sat

$q_m$  – masa tereta u jednom zahvatu u (t)

$q_n$  – nominalna nosivost sredstava u (kN)

$\xi$  – koeficijent korisne nosivosti ( $\xi = (q_n - q_z) / q_n \leq 1$ )

$q_z$  – masa zahvatnog organa u (t)

$q_k$  – jedinična masa tereta u jednom zahvatu u (t)

$q_v$  – zapreminska masa tereta u jednom zahvatu u (t/m<sup>3</sup>)

$\psi$  – stepen popunjenosti zahvatnog organa ( $\psi < 1$ )

$\rho_1$  – koeficijent dvojnih aktivnosti (0,75 – 0,85)

$\rho_2$  – koeficijent gubitka vremena u toku ciklusa (1,10 – 1,20)

$\sum t_{ci}$  – vreme trajanja ciklusa  $\sum t_{ci} = \sum t_{ci}^{tov} + \sum t_{ci}^{fr}$  (s)

Ciklus sredstava sastoji se iz prostog zbira vremena neophodnih za pojedinačne aktivnosti u okviru jedne tehnološke operacije, odnosno, sastoji se iz dva poluciklusa, to jest iz aktivnosti radnog organa u punom stanju tzv. produktivnog hoda ( $\sum t_{ci}^{tov}$ ) i praznom stanju kod povratka u početni položaj tzv. neproduktivnog hoda ( $\sum t_{ci}^{pr}$ ). Idealan ciklus sa oba produktivna hoda nije neostvarljiv, ali je vrlo redak u praksi. Kako je u praksi vrlo teško u potpunosti iskoristiti tehnički kapacitet mehanizacije, uglavnom se pribegava utvrđivanju eksploatacionog kapaciteta čija se vrednost koristi u raznim analizama. Određivanje kapaciteta odnosi se na jedno sredstvo mehanizacije, ili homogeni pretovarni park kao zbir pojedinačnih kapaciteta, ali ako je u pitanju više sredstava različitih nosivosti, odnosno određivanje kapaciteta heterogenog parka, problem se multiplicira određivanjem ponderisanih (srednjih) vrednosti pojedinačnih kapaciteta.

**Eksploatacioni kapacitet** razlikuje se od tehničkog, jer karakteriše rad sredstava u toku jedne smene, dana, meseca, ili bilo kog perioda dužeg od jednog sata i izražava se odnosom:

$$\begin{aligned} Q_t^{exr} &= Q_t \cdot \tau_s \cdot n_s \cdot (1-\varphi) \cdot \alpha \cdot T_r (1 - \varphi') && (t/rer.) \\ Q_k^{exr} &= Q_k \cdot \tau_s \cdot n_s \cdot (1-\varphi) \cdot \alpha \cdot T_r (1 - \varphi') && (kom./rer.) \\ Q_v^{exr} &= Q_v \cdot \tau_s \cdot n_s \cdot (1-\varphi) \cdot \alpha \cdot T_r (1 - \varphi') && (m^3/rer.), \end{aligned}$$

gde su:  $\tau_s$  – trajanje smene u h (8/12/24 h),  $n_s$  – broj smena na dan (1, 2 ili 3),  $\varphi$  – koeficijent gubitka vremena u toku sata (0,20 – 0,25),  $\alpha$  – koeficijent gubitka vremena u toku smene (0,80 – 0,90),  $T_r$  – broj nominalnih dana u periodu posmatranja rada sredstava,  $(1 - \varphi')$  – koeficijent iskorišćenja nominalnog broja dana.

Kod određivanja eksploatacionog kapaciteta treba obratiti pažnju na period za koji se utvrđuje njegova veličina, pa tako ako je u pitanju jedna smena, iz osnovnog odnosa izostaje broj smena ( $n_s$ ), gubici u toku dana ( $\alpha$ ), a takođe i deo izraza  $T_r(1-\varphi')$ , koji se odnosi na neki duži period, pri čemu kapacitet dobija dimenzije (t/cmni), (kom./cmni) ili ( $m^3/cmni$ ), ili ako je u pitanju dvo ili trosmenski rad u toku dana iz odnosa izostaje izraz  $T_r(1-\varphi')$ , pri čemu kapacitet dobija dimenzije (t/dan), (kom./dan) ili ( $m^3/dan$ ).

#### 4.3.2. Kapacitet sredstava s neprekidnim dejstvom rada

Kao i kod sredstava s cikličnim dejstvom, i kod ove grupe sredstava određuje se tehnički i eksploatacioni kapacitet. Kod ove grupe sredstava radni organ kreće se bez prekida i ostvaruje neprekidan tok materijala, što znači ne radi u ciklusima. Sredstva mehanizacije s neprekidnim dejstvom imaju veliki kapacitet, malu potrošnju energije (nejčešće elektro), jednostavnije su konstrukcije od sredstava s cikličnim dejstvom, imaju niske eksploatacione troškove i nižu cenu rada.

Tehnički i eksploatacioni kapaciteti određuju se u zavisnosti od: vrste i oblika materijala koji se manipuliše, radnih uslova i tehničko-eksploatacionih karakteristika sredstva. Kapacitet se izražava: masom, zapreminom (količinom) i ređe težinom materijala manipulisano u jedinici vremena. Za jedinicu vremena obično se posmatra sat rada, smena ili dan (12, 16, 24 sata) ili neki drugi sezonski period. U pojedinim slučajevima za neke vrste sredstava s neprekidnim dejstvom tehnički kapacitet određuje se za kraće vreme rada (minut ili sekund). Kapacitet sredstava s neprekidnim dejstvom određuje se posebnim postupcima za: čvrste, tečne i gasovite materijale.

Tehnički kapacitet za slučaj čvrstih materijala određuje se za tri slučaja:

- transport čvrstih rastresitih materijala neprekidnim tokom,
- transport čvrstih rastresitih materijala posebnim posudama,
- transport pojedinačnih komada materijala.

Tehnički (časovni) kapacitet kod pretovara rastresitih materijala neprekidnim količinskim tokom određuje se iz odnosa:

$$Q_v = \frac{3600 q_v \cdot v}{1000} = 3,6 q_v \cdot v \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_t = 3,6 \cdot q_k \cdot \rho \cdot v = 3,6 \cdot q_t \cdot v \quad (\text{t/h})$$

$$Q_{kN} = 3,6 \cdot q_k \cdot \rho_k \cdot v = 3,6 \cdot q_{kN} \cdot v \quad (\text{kN/h})$$

gde su:  $Q_v, Q_t, Q_{kN}$  – časovni kapacitet izraženi u određenim mernim jedinicama

$q_v$  – dužinsko opterećenje izraženo jedinicom zapremine (l/m)

$q_t$  – dužinsko opterećenje izraženo jedinicom zapremine (kg/m), pri  $q_t = q_k \cdot \rho$ , gde je:  $\rho$  – zapreminska masa materijala (t/m<sup>3</sup>)

$q_{kN}$  – dužinsko opterećenje izraženo jedinicom zapremine (kN/m<sup>3</sup>) za  $q_{kN} = 10 \cdot a \cdot \rho$  (kN/m<sup>3</sup>)

$v$  – brzina prenosa tereta, odnosno brzina kretanja radnog organa m/s.

Ako se tereti transportuju neprekidnim tokom nosećim organom koji ima oblik tleba (cevi) preseka  $R_0$  (m<sup>2</sup>) s koeficijentom punjenja  $\omega$ , tada je površina preseka tereta  $A = R_0 \cdot \omega$  (m<sup>2</sup>), pa zamenom slede odnosi:

$$q_v = 1000 \cdot R_0 \cdot \omega \quad (\text{l/m})$$

$$q_t = 1000 R_0 \cdot \rho \cdot \omega \quad (\text{kg/m})$$

$$q_{kN} = 1000 R_0 \cdot \rho_k \cdot \omega \quad (\text{N/m})$$

Kada se dužinske vrednosti zamene u izrazima za određivanje kapaciteta, sledi:

$$Q_v = 3600 \cdot A \cdot v \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_t = 3600 \cdot A \cdot v \cdot \rho \quad (\text{t/h})$$

$$Q_{kN} = 3600 \cdot A \cdot v \cdot \rho_k \quad (\text{kN/h})$$

Određivanje površine preseka materijala ili proizvoda predstavlja vrlo složeni problem kod određivanja kapaciteta i rešava se putem nekoliko aproksimativnih metoda, uzimajući u obzir oblik preseka materijala u radnom organu (kružni, paraboličan, trouglast).

Ako se transportuje posebnim posudama, određene zapremine  $V_0$  (l), pri rastojanju između posuda ( $l = 1$  m), dužinsko opterećenje jednako je:

$$q_v = V_0 \cdot \omega / l = V/l \quad (\text{l/m})$$

gde je  $V$  – zapremina materijala u posudi (l).

Tada je kapacitet jednak:

$$Q_v = 3,6 V / l \cdot v = 3,6 \cdot V_0 \cdot \omega / l \cdot v \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_t = 3,6 V / l \cdot v \cdot \rho = 3,6 \cdot V_0 \cdot \omega / l \cdot v \cdot \rho \quad (\text{t/h})$$

$$Q_{kN} = 3,6 V / l \cdot v \cdot \rho_k = 3,6 \cdot V_0 \cdot \omega / l \cdot v \cdot \rho_k \quad (\text{kN/h}).$$

Ako se materijal transportuje u pojedinačnim komadima, mase  $G$  (kg), ili težine  $G_n$  (kN), ili su grupisani u nekim većim jedinicama materijala ( $G_n$ ), tada je dužinsko opterećenje jednako<sup>4</sup>:

<sup>4</sup> Када се одређује технички или експлоатациони капацитет, у анализама се користи маса (kg, t) као мерна јединица, а када се израчунавају отпори, снага и др., примерено је користити силу као тежинско оптерећење (N, kN), што је посебно значајно код средстава механизације са континуалним дејством рада.

po masi:  $q_t = G/l$  (kg/m), odnosno  $q_n = G_n/l$  (kg/m)

po težini:  $q_N = G/l$  (N/m), odnosno  $q_{kN} = G_{kN}/l$  (N/m).

U ovom slučaju kapacitet se određuje iz odnosa po masi materijala:

$$Q_t = 3,6 G/l v \text{ (t/h)}, \text{ ili } Q_t^n = 3,6 G_n/l v \text{ (t/h)}, \text{ odnosno po težini materijala:}$$
$$Q_{kN} = 36 G_n/l v \text{ (kN/h)} \text{ ili } Q_{kN}^n = 36 G_{kN}/l v \text{ (t/h)}.$$

Ako se transportuju pojedinačni komadi, kapacitet se može odrediti i u broju komada u jedinici vremena  $t = l/v$  (s), odnosno preko intervala nailaska pojedinačnih materijala ili većih jedinica materijala. Proizvodnost se u tom slučaju, određuje iz odnosa:

$$Q_{kom} = 3600/t = 3600 \cdot v/l \text{ (kom./h)} \text{ ili } Q_{kom} = 3600 \cdot v \cdot n/l \text{ (kom./h)}$$

gde je:  $n$  = broj komada u grupi.

Izraženo u masi ili težini, kapacitet se može odrediti:

$$Q_t = G n/1000 \text{ (t/h)} \quad \text{ili} \quad Q_t = G_t n/100 \text{ (kN/h)}$$

Kod nekih tipova sredstava sa kontinualnim dejstvom (lančani transporter, elevator ili neki specijalni transporter), zbog njihove specifičnosti koriste se empirijska iskustva i posebne metodologije, kao što je propisala CEMA (Conveyor Equipment Manufactured Association, 1979), te se navedeni odnosi koriguju odgovarajućim korekcionim koeficijentima. Osnovni element koji utiče na kapacitet jeste radna brzina koja se definiše u zavisnosti od potreba obavljanja tehnološkog procesa rada, tipa sredstva, uslova utovara – istovara i dr. Usvojena brzina, pri zadatom kapacitetu, utiče na geometrijske dimenzije sredstva i njegove karakteristike.

Vrlo često unapred je poznata količina materijala u smeni  $Q_{sm}(t/sm)$ , trajanje smene ( $\tau_s$ ), kao i dužina trajanja rada sredstva ( $t_m$ ), tzv. *vreme mašine*. Tada se prethodno određuje prosečna (srednja) časovna količina materijala preko odnosa:

$$Q_{sr} = Q_{sm}/t_m = Q_{sm} / \tau_s \cdot \varphi \quad (\text{t/h})$$

gde je:  $\varphi$  – koeficijent iskorišćenja sredstva u vremenu smene ( $t_m/\tau_s \leq 1$ ).

Ukoliko se do transportnog sredstva materijali dopremaju u neravnomernim količinama, odnosno povećava u odnosu na prosečnu vrednost, tada se njegova količina množi sa  $\gamma_Q$ , koeficijentom neravnomernosti, tako da ukupno ponučena količina za rukovanje dobija konačan oblik:

$$Q = Q_{sr} \gamma_Q = Q_{sm} \gamma_Q / t_m \varphi \quad (\text{t/h})$$

Kako je transportni kapacitet često zadata veličina u pretovarnom zadatku kod sredstava sa kontinualnim dejstvom, cilj proračuna je utvrđivanje međusobnog rastojanja ( $l$ ) dve uzastopne jedinice, određivanje zapremina kolica ili brzine kretanja zahvatnog organa. Eksploataciona proizvodnost određuje se vrlo retko, u zavisnosti od posmatranog vremena rada, a prema postupku za slučaj sredstava s cikličnim dejstvom.

#### 4.3.3. Ostali indikatori performansi

Prethodno je navedeno da sredstva karakterišu: nosivost, brzina rada, domet, reži mi rada, visina dizanja radnog organa i drugi čije su vrednosti skoro standardizovane. Međutim, rad sredstva karakterišu KPIs u realizaciji pretovarnih procesa:

- stepen iskorišćenja korisne nosivosti:  $K_{sr} = q_{sr}/q$

gde su:  $q_{sr}$  – prosečna količina mase materijala u zahvatu ( $t$ ),  $q$  – nominalna nosivost (kN)

- stepen iskorišćenja sredstava po vremenu (efektivno radno vreme u jedinici vremena)
- iskorišćenje u toku sata:  $\varphi = \text{vreme efektivnog rada u toku sata} / 60$ ,  
iskorišćenje u toku 24 sata:  $\alpha = \text{broj sati efektivnog rada na dan} T/24$ ,  
iskorišćenje u toku godine:  $\varphi' = \text{broj efektivnih radnih dana u godini} T_{nd}/365$ ,
  - intenzitet korišćenja sredstava po vremenu (15, 25, 40 ili 60%):  
 $K_u = t_u / \sum t_{ci} \cdot 100$ , za  $t_u$  – vreme uključenog sredstva.

Realizaciju pretovarnih procesa karakterišu:

- bruto i neto rad jedne pretovarene tone:  $q_{BT} = \sum n_{ori} q_{NTi}$  (tona · operacija),  
za  $q_{BT} \geq q_{NT}$

gde su:  $q_{BT}$  – bruto rad (tona · operacija),  $n_{ori}$  – broj operacija,  $q_{NB}$  – neto rad jedne tone (t),

- koeficijent multi operacija:  $K_{mo} = q_{BT}/q_{NT}$ ,  $K_{mo} \geq 1$
- ukupan mehanizovan ( $Q_m$ ) i manuelni ( $Q_r$ ) rad, u tona operacijama  
 $Q_m = q_{BT} \cdot K_m$ , i  $Q_r = q_{NT} \cdot (1 - K_m)$  (t)
- stepen mehanizovanosti robnog rada:

$$K_m = \frac{\sum q_{mi} n_{mi}}{\sum (q_{mi} n_{mi} + q_{ri} n_{ri})}$$

gde su:  $q_{mi}$ ,  $q_{ri}$  – količina obima rada mehanizovano i manuelno,  $n_{mi}$ ,  $n_{ri}$  – broj radnika na mehanizovanom i manuelnom izvršenju u posmatranom periodu,

- stepen izmene kapaciteta rada:  $\Delta Q = Q_m - Q_r / Q_m$ ,

gde su:  $Q_m$  – kapacitet mehanizacije,  $Q_r$  – kapacitet fizičke radne snage,

- broj radnika angažovanih na manuelnom pretovaru:  $n_r = Q \cdot t_r / T_r$

gde su:  $Q$  – ponuđeni obim materijala za manuelni pretovar,

$t_r$  – ukupno potrebno vreme za izvršenje obima pretovara, ( $t_r = \sum n_{ori} t_i$ , za  $t_i$  – norma ili vreme izvršenja jedne operacije),

$T_r$  – radno vreme po radniku (h)

- broj radnika angažovanih na mehanizovanom pretovaru:  $n_{mi} = N_{sr} \cdot n_{br} \cdot n_s$

gde su:  $N_{sr}$  – broj sredstava,  $n_{br}$  – broj radnika po sredstvu,  $n_s$  – broj smena,

- potreban broj sredstava na radu  $N_{sr}$ :  $N_{sr} = \frac{Q \gamma_Q}{Q^{exp}}$

gde su:  $Q$  – ponuđena količina materijala za manipulaciju u nekom periodu,  $\gamma_Q$  –

koef.neravnomernosti,  $Q^{exp}$  – eksploatacioni kapacitet u posmatranom periodu ili  $N_{sr} = \frac{T_v}{T_u}$ , gde su:

$T_v$  – vreme potrebno jednom sredstvu da izvrši zadatak,  $T_u$  – ukupno vreme za koje je potrebno izvršiti zadatak,

- broj smena:  $n_s = \sum N_{sr} \cdot k_{sm} / N_{sr}$

gde su:  $\sum N_{sr}$  – broj sredstava sa istim ciklusom rada,

$k_{sm}$  – koeficijent izmenen ređima rada (1,2 –1,5)

- racionalna dužina prevoza vozila sa sopstvenim sredstvom mehanizacije:

$$L_t = \frac{(q_{tp} t_{c1} + q_{td} t_{c2}) V \beta}{q_{tp} - q_{td}} \quad (\text{km})$$

gde su:  $q_{tr}$ ,  $q_{td}$  – masa materijala u vozilu bez i sa sredstvom mehanizacije (t)

$t_{c1}$ ,  $t_{c2}$  – vreme rukovanja materijalom bez i sa sredstvom mehanizacije (h)

$V$  – prosečna saobraćajna brzina vozila, (km/h)

$\beta$  – koeficijent iskorišćenja prečenog puta pod materijalom (0,5–1,0)

Ovi i mnogi drugi KPIs koriste se kod određivanja kvaliteta korišćenja sredstava i neophodno je uvesti u analizu što više KPIs koji mogu dati potpunu karakterizaciju sredstava i procesa u konkretnim uslovima rada.

## 4.4. ZAJEDNIČKI ELEMENTI TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SREDSTAVA

Iako je vrlo teško precizno grupisati zajedničke elemente svih sredstava mehanizacije zbog svojih specifičnih konstrukcija, pogona, radnih uređaja, ipak se uslovno mogu izdvojiti pet osnovnih grupa. Generalno, sva sredstva imaju jedan pogonski sistem odnosno motor, kao izvor energije ili dva pogona sa različitim funkcijama. Kod sredstava koji imaju toplotne pogonske motore neizostavna je baterija koja daje početnu struju za pokretanje motora. Drugu grupu čini sistem prenosnih mehanizama (transmisija) koji povezuju radni organ sa pogonskim motorom. Treću grupu čini noseći ram sa elementima donjeg stroja za kretanje sredstva (pneumatici, gusenice...), četvrti je sistem za upravljanje i peti sistem čine pribor i uređaji kojima se neposredno realizuju tehnološke operacije.

### 4.4.1. Vrste pogonskih sistema

Vrsta pogona zavisi od oblika energetskog pretvarača (motora) za stvaranje energije potrebne za rad sredstva mehanizacije. Pogon kao ugradbena grupa, po pravilu sadrži više elemenata: motor, reduktor, transmisione elemente i upravljačke elemente. Kod sredstava mehanizacije koriste se različite vrste pogona: manuelni, gravitacioni, motorni (SUS, elektro, hidraulični, pneumatski, hibridni – kombinovani). Pogoni se ne razlikuju samo po vrsti energije koja se pretvara primarnim motorom, već i prema vrsti transmisije koja se koristi za prenos mehaničke energije proizvedene primarnim motorom.

**Manuelni pogon** koristi se samo kod sredstava sa diskontinualnim dejstvom tj, sredstava koja materijale premeštaju u ciklusima. Ovaj pogon ostvaruje se snagom radnika koji opslužuje sredstvo za transport ili podizanje materijala preko rude ili rukohvata. Sistem je pogodan za kratke transportne putanje, lake materijale, veoma male nagibe i za transporte sa malom učestalošću. Najviše se koristi u industriji kroz ručne dizalice i kolica. **Gravitacioni pogon** koristi se kod sredstava sa kontinualnim dejstvom a to su valjkasti transporteri, kliznice i kod protočnih regala u skladišnim sistemima. Ovo je najjeftiniji oblik pogona, nije pogodan za automatizovana postrojenja zbog stalnog ubrzavanja materijala, čime se teško održava kontinualna brzina transporta.

**Pogon motorima sa unutrašnjim sagorevanjem**, kao pogonsko gorivo koriste benzin, dizel i gas (propan, butan). Pored kompaktne konstrukcije i pouzdanosti, imaju i veliku specifičnu snagu u odnosu na elektromotore, kraći radni vek (5000 sati do 10000 sati) i imaju malu masu po jedinici snage (kg/kW). Poboljšanje termodinamičkog procesa danas se ostvaruje pre svega kroz bolju kontrolu sagorevanja, to jest upravljanje procesom rada motora kroz široku upotrebu elektronskih sistema. Kod uvođenja novih vrsta goriva već duže vreme pored dizel goriva u viljuškarskoj tehnici, posebno u anglosaksonskim zemljama, se koristi gas kao pogonsko gorivo, i to pre svega mešavina propana i butana. **Gasni pogon** posebno je interesantan zbog manje količine čađ u izduvnim gasovima motora. Poznati svetski proizvođači uvode i sisteme s prirodnim

gasom, a poznato je da se rade eksperimenti s mešanjem dizel goriva i prirodnog gasa, a radi se i na razvoju sistema koji se baziraju na korišćenju vodonika.

Prednosti motora SUS su velika gotovost za rad kada su dobro održavani, imaju pogonsku autonomiju, poseduju veliku snagu, veliki radijus kretanja, relativno dobru ekonomičnost, dobro savlađuju velike nagibe, posebno su pogodni za rad na otvorenom, i za rad na lošim saobraćajnicama. Nedostaci su: mala mogućnost preopterećenja, neophodna upotreba prenosnika snage, veliko opterećenje radnika koji opslužuje mašinu, posebno kod mehaničkih prenosnika snage, visok nivo buke i vibracije. Zagađenje okoline izduvnim gasovima stvara određene probleme koji se danas ublažavaju primenom katalizatora i filtera različitih konstrukcija. Zbog ovih razloga upotreba u zatvorenom prostoru moguća je samo u specifičnim slučajevima.

**Elektropogon**, koristi elektromotor koji električnu energiju pretvara u mehaničku. Kod sredstava mehanizacije koriste se motori naizmjenične i jednosmerne struje. Motori naizmjenične struje imaju napajanja od 400 (230) V i posebno se koriste gde ne postoji potreba za velikim zahtevima po pitanju regulacije brzine. Kod njih se smer obrtanja vrtila postiže jednostavnom promenom priključka. Napajanje ovih motora je sa mreže. Naizmjenična struja se ne može akumulirati, već se samo transformiše preko transformatora. Najnovije tehnologije preko specijalnih invertora omogućavaju napajanje motora naizmjenične struje iz akumulatora jednosmerne struje, ali to su specijalni slučajevi koji se koriste kod nekih tipova viljiškara. Motori naizmjenične struje rade kao sinhroni i asinhroni. U transportnoj tehnici značajnu ulogu imaju samo asinhroni motori. Razlikujemo motore sa kratko spojenim rotorom, sa prstenovima i linearne. Asinhroni motori imaju između 5-10% klizanja prema sinhronom broju obrtaja. Sinhroni broj obrtaja  $n_s$ :

$$n_s = \frac{60 \times f}{p} = \frac{60 \times 50}{1} = 3000 \text{min}^{-1}$$

gde su:  $f$  (Hz) mrežna frekvencija,  $r$  – broj pari polova,  $s$  – klizanje u %,  $s = \frac{n_s \times 1}{n_s}$

100, za  $s = 8\%$  i  $r = 1$  dobija se  $n = n_s - s n_s = 2760 \text{m}^{-1}$ . Kod asinhronih motora promenom broja pari polova može se menjati broj obrtaja  $n_s = 3000-1500-1000-750 \text{min}^{-1}$ . Ovaj princip regulacije brzine primenjuje se kod fabrikacije motora kao trajno rešenje, a preko preklopnika moguća je promena brzine u zavisnosti od potrebe.

**Asinhroni motori sa kratko spojenim rotorom** standardna su oprema transportera sa kontinualnim dejstvom. Kod ovih motora, rotor je izveden sa kratko spojenim namotajem u kome teku indukzione struje koje zajedno sa obrtnim poljem statora proizvode obrtni momenat. Motor je jednostavne konstrukcije (nema klizne prstenove ni četkice), skoro da ne zahteva održavanje, pouzdan je u radu, lak za upravljanje i što je posebno značajno ima relativno nisku cenu. Osnovni nedostatak ovog motora je velika početna struja pri startu. **Asinhroni motori sa kliznim prstenovima** poseduju u strujnom kolu rotora otpornik koji redukuje veliku početnu struju. Kod nominalnog broja obrtaja (predotpornik je isključen) motor ima karakteristike kao motor sa kratko spojenim rotorom. Postupnim isključivanjem predotpornika u strujnom kolu rotora postiže se dobro prilagođavanje momenta uslovima koji vladaju pri pokretanju sredstva. Veoma su pogodni za pogon teških sredstava sa velikim početnim otporima. Skuplji su i osetljiviji od motora sa kratko spojenim rotorom. Koriste se kod sredstava sa velikom frekvencijom uključenja, postupnim polaskom i velikim brzinama zbog čega je pogodan kao pogonski agregat kod dizalica.



**Linearni motor** je specijalne konstrukcije kod koga se magnetno polje razvija duž vodeće šine (rotor i stator imaju beskonačan prečnik). Jedan deo motora pomera se u odnosu na drugi pod dejstvom elektromagnetne sile, tako da na ovaj način nastaje kretanje. Linearni motor proizvodi potisnu silu i stoga je pogodan kao pogonski agregat. Motor ne zahteva održavanje, nema mehaničkih pokretnih delova, nema habanja, ne proizvodi buku, ima dobar stepen iskorišćenja, razvija malu količinu toplote pri radu i danas ima sve veći značaj kao pogonski sistem kod savremenih sredstava. **Motori jednosmerne struje** se po pravilu koriste kod sredstava sa cikličnim dejstvom. Prema konstrukciji mogu se svrstati u dve grupe i to: sa rednom vezom i motor sa paralelnom vezom. Jednosmerni stuja kod provodnika relativno velike dužine ima male gubitke, a kao značajno svojstvo treba istaći mogućnost akumuliranja električne energije u baterije posredstvom hemijskog procesa. Motori jednosmerne struje rade sa naponom od 230(460) V sa relativno lakom regulacijom brzine. **Motori sa rednom pobudom**, se koriste kod slagača, traktora i kareta. Rotor i pobudni namotaj su redno vezani. Motor poseduje visok početni obrtni momenat, broj obrtaja motora veoma je zavisn od opterećenja. Prespajanjem namotaja rotora lako se menja smer okretanja motora. Kod **motora sa paralelnom vezom**, rotor i namotaj statora nalaze se u paralelnoj vezi. Broj obrtaja relativno je nezavistan od opterećenja, ima mali početni momenat ali poseduje mogućnost fine regulacije brzine, to jest broja obrtaja motora. Koriste se kod liftova i uopšte postrojenja u kojima se radni organ kreće u oknima (šahovima). **Pneumatski pogon** odlikuje se postupnošću pri uključivanju brzina i promeni snage, jednostavnošću regulisanja, pouzdanošću itd. Ovi sistemi rade pod manjim pritiskom nego hidraulični, što im daje preimućstvo primene u sistemima upravljanja kočnicama i spojnicama. Pri niskim negativnim temperaturama pouzdanost pneumatskih pogona se smanjuje. **Hibridni pogon** je pogonski oblik koji omogućava zamenu energetskog nosača drugim, praktično se radi o kombinaciji različitih pogonskih sistema. Prebacivanje se realizuje bez prekida vožnje tako se npr. može zameniti elektrobaterijski pogon sa pogonom preko motora SUS u zavisnosti od zahteva to jest ograničenja okruženja u kome se vozilo kreće.

#### 4.4.2. Ostali zajednički elementi

Počev od 1995. godine, počinje postepeno napuštanje motora za jednosmernu struju i prelazak na asinhroni motor koji je znatno jeftiniji, pouzdaniji i ne zahteva posebnu negu a zasniva se na pretvaranju jednosmerne struje iz električne baterije u naizmeničnu uz primenu specijalnih pretvarača. Suština je u pretvaranju napona, jer ako bi pri pokretanju sredstva na priključcima motora bila maksimalna vrednost napona, u polasku bi došlo do velikog mehaničkog opterećenja a možda i do otkaza zahvatnog uređaja. Broj obrtaja motora može se smanjiti povećanjem termogenog otpora u strujnom kolu, promenom pobudnog fluksa. Osnovni nedostatak ovog koncepta jeste veliki gubitak električne energije koja se u otporniku pretvara u toplotnu energiju. Pri polasku, ovi gubici iznose 80%, dok se samo 20% pretvara u mehanički rad. Nedostaci konvencionalnih sistema u regulaciji napona, odnosno brzine, pospešili su razvoj novih sistema zasnovanih na principu impulsnog napajanja od kada je počela primena poluprovodničke tehnike, slika 4.2. Uvočenjem upravljačke elektronike postignut je veliki napredak, pre svega u uštedi električne energije iz baterije, kao i besprekorna kontinualna regulacija brzine. Dobra svojstva impulsnog napajanja posebno dolaze do izražaja u uslovima rada na kratkim relacijama kada se postiže ušteda električne energije u odnosu na konvencionalne sisteme i do 30%.



pogodni su za slagače koji rade na velikim usponima i kraćim relacijama. Savremeni prenosnici snage obezbeđuju niz prednosti u odnosu na konvencionalna rešenja, a oni se pre svega ogledaju u kontinualnoj regulaciji brzine, iz čega rezultira i veći učinak mašine i manje zamaranje vozača.

#### 4.4.3. Elektrobaterijska pogonska jedinica

Osnovna karakteristika baterije su njeni napon i kapacitet. U izboru kapaciteta baterije obično se polazi od kriterijuma da može da zadovolji potrebe sredstva u toku osmočasovnog rada, dok se prema nekim standardima polazi od zahteva da kapacitet baterije treba da obezbedi rad pogonskih motora u trajanju od pet sati, a da se pri tome iskoristi 80% od nominalnog kapaciteta baterije, jer dalje pražnjenje takođe izaziva smanjen kvalitet baterije. Nominalni napon jedne ćelije olovne baterije iznosi 1,2 V – 2 V, a srednji napon pražnjenja 1,8 V. Napon baterija kod slagača varira u širokom dijapazonu od 24 V, 36 V, 48 V, 72 V, 80 V i 96V, a kapacitet baterija je između 100 Ah do 1000 Ah. Niži naponi koriste se kod sredstava manje nosivosti, dok se veće vrednosti koriste kod slagača velikih nosivosti. Treba naglasiti da je uočljiv trend primene većih napona i kod sredstava manje nosivosti. Standardni oblici baterija kod sredstava su olovne baterije sa elektrolitom od razblažene suporne kiseline (2 V po ćeliji) i alkalne baterije sa naponom od 1,2 V po ćeliji, tabela 4.1.

Pri intenzivnom radu, odnosno intenzivnom punjenju i pražnjenju baterije, temperatura kod elektrolita u značajnoj meri prelazi 35°C a kritična vrednost je 55°C, tako da nakon prekoračenja, dolazi do pada kvaliteta baterije. Najefikasnija mera u rešavanju ovog problema, danas se smatra ugradnja sistema za hlađenje baterije vodom u procesu punjenja. Kod olovnih baterija, razlikuju se dva konstruktivna oblika baterije: sa rešetkastom i oklopljenom pločom. Baterije sa rešetkastom tehnikom ploča su jeftinije, sa prosečnim vekom od 700 ciklusa punjenja i pražnjenja. Baterije sa oklopljenim pločama namenjene su za teže uslove rada njihov vek je 1500 ciklusa punjenja i pražnjenja. Ako se u proseku baterija puni oko 300 puta godišnje, ove baterije imaju petogodišnji radni vek, što govori da imaju veći kapacitet za skoro 25% u odnosu na konvencionalne baterije.

Tabela 4.1. Karakteristični podaci za olovne i alkalne baterije

Vrsta baterije	Napon (V)	Radna temperatura (°C)	Gustina energije (Wh/kg)- Energetska vrednost	Gustina snage (W/kg)	Stepen iskorišćenja (%)
Olovna	2,0	30	30	100	72
Alkalna	1,2	30	40	90	70

Novu generaciju predstavljaju baterije sa cirkulišućim elektrolitom, koje zahvaljujući cirkulaciji elektrolita postižu za vreme punjenja optimalno mešanje i ravnomernu gustinu elektrolita u bateriji, što obezbeđuje sledeće prednosti, slika 4.4:

- skraćeno vreme punjenja umesto 8 h do 12 h vreme punjenja je redukovano na 6 h do 8h,
- manja potrošnja energije umesto 20 /100Ah do 25/100Ah potrošnja je redukovana na 13 A/100 Ah,
- kod trosmenskog rada potrebne su samo dve baterije.

Baterije sa cirkulišućim elektrolitom, kretanje elektrolita postižu pomoću pritiska vazduha u donjem delu baterije, koji nastaje preko vazdušne pumpe koja je integrisana sa punjačem. Bitnu pretpostavku za dug vek baterije predstavlja dolivanje vode, to jest održavanje elektrolita, jer tokom punjenja baterije dolazi do gubitka vode. Neredovno održavanje i pogrešno punjenje i to kroz česta nepotpuna punjenja, bitno utiču na skraćivanje veka baterije.



Slika 4.4. Nova generacija baterije sa cirkulišućim elektrolitom.

U cilju manjeg angažovanja radne snage na održavanju baterija, danas se koriste i baterije koje umesto tečnog elektrolita koriste gel. Ova vrsta baterija ima određene prednosti koje se ogledaju u praktičnom odsustvu štetnih i agresivnih isparenja, kao i odsustvu potrebe za kontrolom elektrolita, odnosno održavanjem. Kod ove vrste baterija pri punjenju nepotrebne su separatne stanice sa prinudnim provetravanjem. Baterije sa gelom zahtevaju duže punjenje (11 do 14 sati), zahtevaju veći kapacitet 20 do 40%, vek im je 900 do 1000 ciklusa punjenja i pražnjenja, a kao problem pojavljuje se i zagrevanje. Postoje i drugi elektrohemijski sistemi kao npr. niki-kadmijum baterije, koje se takođe koriste kod transportno-manipulativnih sredstava. Ove baterije imaju veliku energetska gustinu, dug vek, a nemaju ni veliko zagrevanje, njihova proizvodnja ne predstavlja veliko ekološko opterećenje za okolinu. Zbog malog napona po ćeliji i velikog procenta nemogućnosti korišćenja kumulirane energije, nisu našle širu primenu.

Za punjenje jedne baterije potrebna energija je:

$$E = \frac{U \times R \times 0.8 \times 1.5}{1000} (\text{KWh})$$

gde su: E – potrebna energija (kWh), U – napon baterije (kWh), K – kapacitet baterije (Ah), moguće pražnjenje baterije 0,8 (do 80%), gubici u punjaču i bateriji 1,5.

Izbor punjača baterije zavisi od uslova, odnosno rešima rada i broja sredstava mehanizacije u eksploataciji. Vreme punjenja baterije može se odrediti:

$$t_1 = \frac{1000 \times E_5}{I \times U} (\text{h})$$

gde su:  $t_1$  – vreme punjenja baterije (h),  $E_5$  – potrebna količina energije za punjenje baterije (za pet sati rada) –  $K_5$  u (kWh), I – struja punjenja baterije (A), U – napon punjenja baterije (V).

U cilju zaštite baterije struja punjenja ne bi smela da bude veća od 200% od petočasovne struje pražnjenja. Kod punjenja baterija, u praksi se primenjuju dva modela i to: punjenje baterije na vozilu i zamena prazne baterije punom dok se ispražnjena baterija ne napuni. Prednosti elektro-baterijskog pogona ogledaju se u nezavisnosti od mreže za napajanje, sistemi imaju nizak nivo buke, nizak nivo habanja elemenata, jednostavno rukovanje, jednostavna je promena smera kretanja, odsustvo reduktora sa promenom stepena prenosa, zbog čega je radnik koji upravlja vozilom manje napregnut pri radu i dug radni vek. Pri radu sredstava mehanizacije u prostorijama sa eksplozivnim gasovima, koriste se baterije sa eksplozivnom zaštitom. U budućnosti treba očekivati sisteme sa gorivim ćelijama.

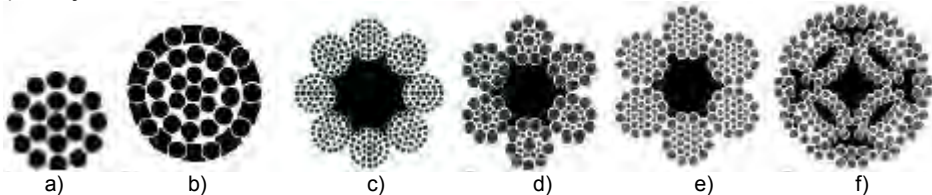
#### 4.4.4. Pribor i uređaji za rukovanje komadnim materijalima

Pribor i uređaji za zahvatanje komadnih materijala treba da zadovolje niz zahteva: efikasan i bezbedan rad, uz što manje oštećenje materijala, pouzdanost u radu, univerzalnost i sl. Raznovrsnost tehnoloških zahteva doprinela je pojavi velikog broja ovih elemenata sa diferenciranim tehnološkim funkcijama i obično se klasifikuju kao pribor i uređaji za:

- prenošenje (čelična utjad i lanci),
- pribor za zahvatanje (hvataljke, kuke, alke, uške, karike),
- uređaji za redukovanje sile pritiska (nosive grede, traverze, sprederi),
- uređaj koji privlače materijal (vakum, magnetni i elektromagnetni uređaji).

Pribor obuhvata niz relativno jednostavnih elemenata za manuelno vezivanje i prenošenje dok uređaj obuhvataju široku paletu različitih sredstava složenije konstrukcije za aktivno redukovanje sile pritiska i privlačenje a time i zahvatanje, prenos i odlaganje materijala.

**Utjad** predstavljaju osnovne elemente u prenošenju materijala i koriste se kao vučni ili noseći elementi. Mogu biti tekstilna (prirodna od kudelje i veštačka od poliestera i poliamida) i čelična. Prirodna (manila, sisal, jutana) imaju prekidnu jačinu oko 100 kg/cm<sup>2</sup>, rastegljivost 1-5%, vlažnost do 12% i specifičnu masu oko 1,5 gr/cm<sup>2</sup>. Veštačka (telon, rinilon, atlas, komovisto) imaju veliku elastičnost, težilavost, otpornost na vlagu i trajnija su i jača od prirodnih 2-3 puta. Od tekstilnih utjadi formiraju se čvorovi (jednostruki, dvostruki, mornarski i dr.) i petlje (sa jednim ili dvostrukim utjetom), kao posebni oblici pribora za zahvatanje materijala. Čelična su velike čvrstoće, do sedam puta veće od biljnih utjadi. Mogu biti spiralna (bez strukova), samo od upredenih žica i zbog svoje krutoće ne koriste se u rukovanju materijalima, izuzev ako je prečnik koturače (D) veći od prečnika utjeta (d) za  $D > 50d$  i utjad u strukovima, desnostrano ili levostrano uvijena, ukrštena i istosmerna ili paralelno pletena, za jako velika opterećenja što im određuje namenu. Najčešće se koriste utjad sa strukovima (6, 7 ili 8) u oznaci npr. 6 · 19 (6 – broj strukova, 19 broj žica u svakom struku), što je definisano standardom SRPS C.H.1.020-023.



Legenda: a. Spiralno, b. Zatvoreno, c. Obično čelično, d. Sil-čelično, e) Voringtonovo, f. specijalno

Slika 4.5. Različiti oblici utjadi

Prekidna sila utjadi sastavljenih od žica istog prečnika, određuje se iz odnosa:  $F_{min} = F_{min} \cdot k_s$ , gde su:  $F_{min}$ ,  $F_{min}$  – sile na utjetu,  $k_s$  – stepen sigurnosti (za kranke i konzolne dizalice 4,5–6, grabilice 5–6, noseća utjad 3–3,5, liftove 9–12...). Prečnik utjeta bira se iz odnosa:  $d \geq c \sqrt{F_{max}}$ , gde su: d – prečnik utjeta, s – koeficijent 0,063 – 0,159,  $F_{max}$  – maksimalna sila na utjetu. Prilikom izbora utjeta šublerom se meri najveći mogući prečnik.

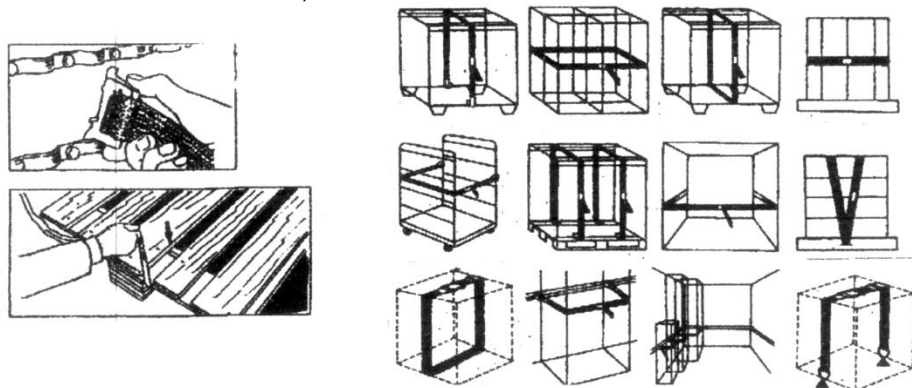
**Lanci** imaju široku primenu u TPS procesima, iako u odnosu na utjad imaju loš nemiran hod, osetljiviji su na udare, manje su elastični, teži su 7-8 puta, spori su i

imaju male brzine do 2 m/s, ali zahtevaju manje doboše, lakše i brže obuhvataju materijal, otporniji su na koroziju. Koriste se za dizanje ili vuču i prema nameni mogu biti zglavkasti (zglobni i galovi), člankasti, sa zavarenim karikama i dr. Zglobni se najčešće klasifikuju kao pogonski, materijalni ili vučni, prema SRRS M.C.1.820-850:1960. Kod lanaca ima tri vrste opterećenja: dozvoljeno (Q), na istezanje (2Q) i na kidanje (4Q) pri čemu odnos doboša i lančanika, treba da iznosi  $D > 20d$  kod manuelnog rukovanja i  $D > 30d$  kod mašinskog rukovanja. Prekidna sila isto se određuje kao kod utjadi, izuzev što je stepen sigurnosti kod manuelnog rada 3 – 6,5 a kod mašinskog rada 6 – 8. Ukoliko je nastupilo istezanje karike više od 10% od njene debljine ili najviše 5% od njene dužine, smatra se da je lanac oštećen i moć se izvršiti njegovo nastavljanje pomoću specijalnih spojnika ili škopaca (malotni). Kao urečaj za prenošenje, uz različite priključne urečaje, lanci se koriste u izradi priveznica, u svemu prema standardima SRRS C.H4.050-201:1990.

**Pribor za zahvatanje materijala** obuhvata veliku grupu dodatnih elemenata raznorodnih sredstava za zahvatanje i prenošenje, a to su: **omče** (beskrajno utje, udvojeno utje sa priveznicom), **opasači** (široki trakasti s petljom, dvojni s nosećom gredicom), **priveznice** (jednokrake, dvokrake, tro i četvorokrake, beskrajno utje), prema SRRS EN 13414-1/3:2009. Pribor se izrađuje od utjadi (čelična, sintetička, prirodna), lanaca za nošenje materijala (kalibrisani za dizalice, obični, cementirani, poboljšani) i u poslednje vreme, i od sintetičkih traka u kombinaciji sa dodatnim elementima, slika 4.6.



Sintetički materijali zbog svoje elastičnosti obezbeđuju jednostavno i brzo rukovanje, čime je bitno smanjena učestalost povreda na radu. Trake se takođe koriste samostalno uz pomoć posebnog urečaja za vezivanje traka, ili u kombinaciji s različitim veznim elementima, slika 4.7.



Sa aspekta tehnologije pretovara, pre upotrebe bilo kog pribora i uređaja za vezivanje i zahvatanje, neophodno je: imati važeće uverenje (sertifikat) o njegovom kvalitetu, poznavati dozvoljena opterećenja i pridržavati se uputstava proizvođača u vezi upotrebe i održavanja.

**Priveznice** su izrađene od tekstila, neraspletivih užadi ili lanaca na čijim se krajevima nalaze različiti uređaji (kuke, omče, prstenovi, karike), čija dužina treba da je najmanje 500 mm, slika 4.8. U praksi se retko koristi golo uže ili lanac kao pribor za vezivanje, ili zahvatanje u pretovaru ali pod određenim uslovima. Dozvoljeno opterećenje jednokrake priveznice, definisano je od strane proizvođača, a određeno je kao 1/8 računске prekidne sile užeta, s nazivnom čvrstoćom  $\sigma_{tk}$  1570N/mm<sup>2</sup>.



Slika 4.8. Vrste i oblici priveznica

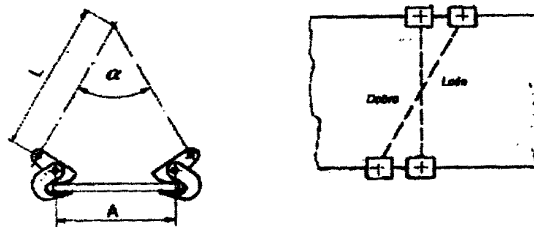
Opterećenja jednokrakih i dvokrakih priveznica od lanaca, u zavisnosti od ugla zahvatanja, dato je u tabeli 4.2, što uslovno važi i za užad. Standardima SRRS EN 1492-1/4:2009 definisane su tehničke karakteristike tekstilnih priveznica i SRRS EN 1677-1/6:2010 definisane su komponente priveznica.

Ugao zahvatanja užeta / lanca	0°	< 45°	45–90°	max 120°
Dozvoljena nosivost užeta lanca	100°	90°	70°	50°
Smanjena nosivost	0°	10°	30°	50°

Tabela 4.2. Promena opterećenja od ugla zahvatanja

Iako opterećenja propisuje proizvođač, sa aspekta tehnologije pretovara bitan je ugao zahvatanja krakova priveznice, pri čemu treba poštovati uslove:

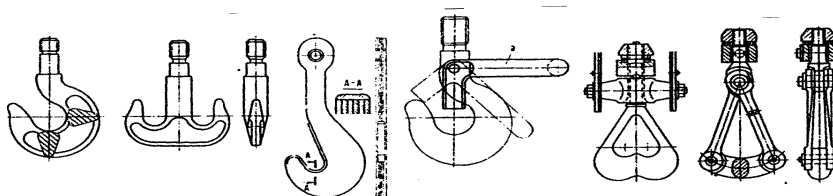
- $A = L \Rightarrow \alpha = 60^\circ$  – koristi se nazivna nosivost označena na priboru,
  - $A > L \Rightarrow \alpha > 60^\circ$  – nosivost se smanjuje s povećanjem ugla,
- gde su: A – širina materijala, L – dužina kraka priveznice, slika 4.9.



Slika 4.9. Međuzavisnost dužine tereta i pribora

**Kuke** predstavljaju najčešće korišćen uređaj za kačenje komadnog materijala. Izrađuju se shodno zahtevima tehnološkog procesa u pogonskim klasama (1 – 4 klase) kao: jednostruke, dvostruke, sa osiguračem ili bez osigurača, samostalne ili s dodatnim elementima (sa škopcem ili bez škopca i dr.). Da bi se postigla velika nosivost, uz male dimenzije, kuke se izrađuju od veoma kvalitetnih oplemenjenih čelika (St.42) visoke čvrstoće  $42 \text{ daN/mm}^2$  do  $50 \text{ daN/mm}^2$  i naprezanja  $300 \text{ daN/mm}^2$  do  $600 \text{ daN/mm}^2$ . Kuka se najčešće oslanja na aksijalni kuglični ležaj, između matice kuke na kojoj vise i gredice, koji omogućava rotaciju oko vertikalne ose, a time i rukovanje za  $360^\circ$ . Jednokraka kuka koristi se za veoma različite pojave oblike materijala, dok je dvokraka kuka posebno pogodna za rad kabastih materijala koji se vezuju na više mesta, slika 4.10. Nosivost<sup>5</sup> standardnih kuka za dizalice određuje se prema pogonskim klasama, i to: I klasa (3 kN do 25 kN), II klasa (2,5 kN do 20 kN), III klasa (2 kN do 16 kN) i IV klasa (1,25 kN do 12,5 kN). Sopstvena masa standardnih kuka iznosi 0,6 kg do 77 kg. Pored standardnih kuka u čeličanama se koriste i lamelne kuke sastavljene od više paralelno povezanih lamela, radi postizanja što boljeg hlađenja, u svemu prema standardu SRRS ISO 7597:1994. Za rukovanje materijala ekstremno velikih masa koriste se specijalne C – kuke, nosivosti do 400 kN i sopstvenih masa do 4800 kg.

**Uzengija (stremen)** kao poseban uređaj koristi se kod rukovanja materijala većih masa iz bezbednosnih razloga, jer ne može doći do otkaćinjanja pribora od ovog uređaja, slika 4.10.



Slika 4.10. Razni oblici kuka i uzengija

<sup>5</sup> Kod razmatranja nosivosti koja se izražava kao masa tereta u „tonama“ svako sredstvo se posmatra kao logistički element a ne „fizički“ tako da je teret sila koja deluje na konstrukciju sredstva i nosivost treba izražavati u kN ( $1 \text{ kN} \approx 100 \text{ kg}$  i/ili  $1 \text{ t} \approx 10 \text{ kN}$ ). U literaturi prevladavaju masene to jest težišne jedinice mere kod razmatranja i opisivanja nosivosti što nije primereno. Kod nekih sredstava nosivost se može izraziti u kNm.



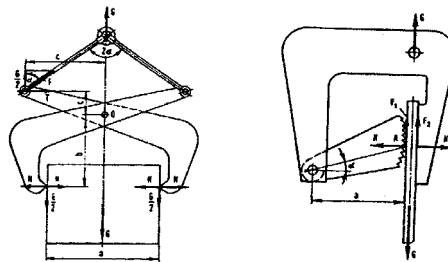
Kod dizalica često se koriste koturače radi smanjenja radne visine dizalice i lakšeg i bržeg manipulisanja. Koturača je otlebljeno vitlo (kotur) kroz koji prolazi uteg i omogućava manipulisanje materijalom. Postoje obične koturače sa jednim vitlom (nepokretna, pokretna) i slotene, s kombinovanjem više pojedinačnih koturova (do tri kotura), s različitim mestima dejstva sila.

**Klešta i hvataljke** koriste se za različite oblike materijala (burad, buntove limova, sanduke, bale, table, cevi, betonske stubove i dr.) i spadaju u grupu sofisticiranih uređaja za zahvatanje kod dizalica, u odnosu na konvencionalna sredstva, čime se obezbeđuje značajno kvalitetenija realizacija procesa rada, a time i snižavanje troškova rada. Osnovni preduslov za primenu klešta i hvataljki jeste, da materijali imaju definisan geometrijski oblik koji omogućava naleganje zahvatne papuče i zadovoljavajući nivo koeficijenta trenja na površini dodira papuče i materijala. Držanje materijala je obezbeđeno preko sile trenja koja nastaje između papuče klešta i stranice materijala, koja je izložena sili pritiska, pri čemu materijal treba da poseduje odgovarajuću mehaničku čvrstinu, a dimenzionišu se sa dvostrukim stepenom sigurnosti. Merodavna sila pritiska je:

$$N \geq \frac{v_G \cdot G_n}{2 \cdot \mu_v}$$

gde su:  $N$  – normalna sila pritiska na boku materijala, (N)  
 $v_g$  – koeficijent trenja između papuče klešta i materijala,  
 $G_n$  – težina materijala koji se zahvata, (N)  
 $\mu_v$  – stepen sigurnosti protiv proklizavanja materijala (1,5 – 2,5).

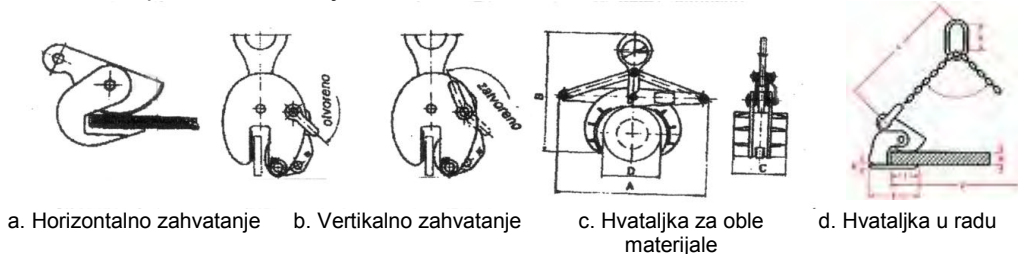
Klešta se proizvode kao polužni mehanizam kod koga se sila povećava preko povećanja kraka poluge i to tako da normalna sila bude veća dva do četiri puta od mase materijala. Klešta mogu da budu s daljinskim i bez daljinskog upravljanja, s centričnim ili ekscentričnim zahvatom, različitih nosivosti 0,5 kN do 18 kN, sopstvene mase od 400 kg do 2700 kg, širine ili prečnika materijala 580 mm do 1200 mm, slika 4.11.



Slika 4.11. Klešta za horizontalno i vertikalno zahvatanje

Hvataljke (sigurnosne stezaljke), za razliku od klešta, imaju samo jednu pokretnu papuču i relativno malu širinu otvora i kao takve predodređene su za hvatanje i prenošenje pločastih i okruglih materijala u horizontalnom i vertikalnom položaju, slika 4.12. Nosivost ove vrste zahvatnih uređaja kreće se u velikom dijapazonu i određena je, pre svega, koeficijentom trenja i sposobnošću materijala da bez deformacija podnese pritisak izazvan normalnom silom pri samom prenošenju. Hvataljke za horizontalan prenos imaju nosivost 10 kN do 60 kN, sopstvene mase

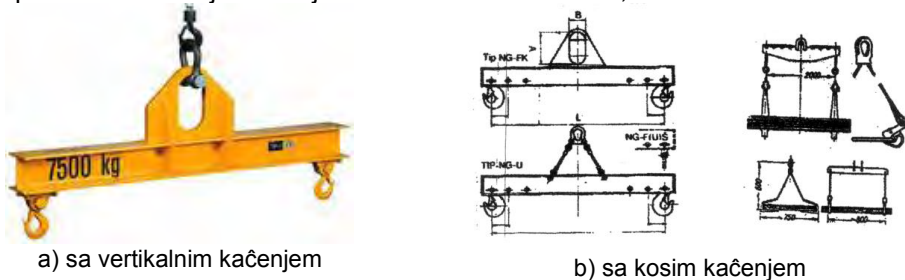
12 kg do 170 kg i raspona hvatanja 100 mm do 300 mm, slika 4.12a. Hvataljke za vertikalni prenos limova imaju nosivost 10 kN do 50 kN, sopstvene mase 5,5 kg – 120 (150) kg, raspona hvatanja 0 mm do 60 mm, slika 4.12b. Hvataljke za prenos okruglih materijala imaju nosivosti 0,5 kN do 40kN, sopstvene mase 50 kg – 150 kg i raspona hvatanja 35 mm do 600 mm, slika 4.12v. Najviše se koriste u metalurgiji i skladištima pločastih materijala.



Slika 4.12. Razni oblici hvataljki

Postoje specijalni tipovi hvataljki: sa sigurnosnim mehanizmom za prenos širokih raspona, debljina i oblika materijala: hvataljke s predstezanjem za izuzetno teške profile, nosivosti 10 kN do 90 kN, hvataljke za ťicu odnosno, hvatanje krajeva ťice kod povlaćenja, kalibrisanja i dr.

**Traverze** (nosive grede) jesu specijalan oblik alata za zahvatanje i prenos materijala u horizontalnom ili vertikalnom položaju, a koriste se kod rukovanja dugačkim i vangabaritnim jedinicama tereta čije karakteristike zahtevaju smanjenje ugla hvatanja pribora ili hvatanje materijala sa više strana i mesta, slika 4.13.

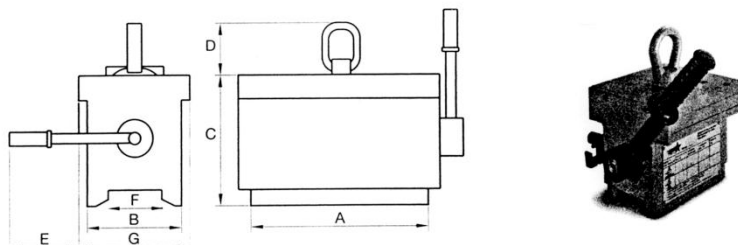


Slika 4.13. Karakteristični oblici traverzi

Traverze se koriste u kombinaciji sa kukom, omčom, petljom i hvataljkama, radi smanjenja zahvatnog ugla kraka pribora, koji se koristi pri manipulaciji. Proizvode se u dve osnovne varijante: kukaste s vertikalnim kačenjem i vešalicama i sa kosim kačenjem. Nosivosti su 5 kN do 100 kN, rasponi hvatanja 1.500 mm do 10.000 mm, sopstvene mase 250 kg do 600 kg.

**Magnetni zahvatni uređaji** koriste magnetnu silu koja potiče od stalnog ili posebnog elektromagneta slika 4.14. Osnovni preduslov za primenu ove vrste zahvatnih uređaja jeste da materijal koji se zahvata mora posedovati dobre feromagnetne svojstva. Zahvatni uređaji sa stalnim magnetom, danas se proizvode primenom magnetnih materijala neodima–gvođča i bora (NdFeB). Ova vrsta legure obezbeđuje izradu zahvatnih uređaja sopstvene mase oko 16 kg do 50 kg i velike nosivosti

do 15 kN. Magnetni uređaj direktno se kači na kuku ili na traverzu, pojedinačno ili sa višeredno povezanih magnetna. Specijalni konstruktivni oblici ovih uređaja obezbeđuju zahvatanje kako šipkastih, tako i ravnih pločastih materijala. Poslednje generacije magnetnih legura obezbeđuju ekstremno dug vek magnetna, i to bez potrebe održavanja.



A	B	C	D	E	F	G	F1	F2	F3	Ø	S	Gew.	Bestell Nr.
							[kN]	[kN]	[kN]	(min/max)	min	kg	
180	110	175	135	180	62	180	6	2	1	80 / 260	20	25	LH.103-101
235	160	225	140	230	98	228	12	4	2	160 / 280	30	54	LH.103-102
310	185	265	145	280	120	255	24	8	4	180 / 320	30	105	LH.103-103
370	220	310	170	295	130	330	36	12	6	190 / 360	30	170	LH.103-104
405	270	335	210	300	135	420	60	20	10	200 / 400	30	295	LH.103-105

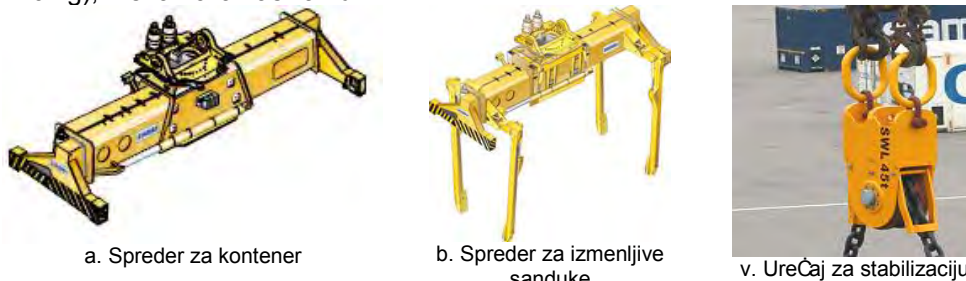
Slika 4.14. Elektromagnetni zahvatni uređaj

Kod elektromagnetnih uređaja elektromagnetna sila nastaje propuštanjem struje kroz namotaj formiran oko jezgra izračenog od odgovarajućeg feromagnetnog materijala. Telo magnetna može da bude valjkastog (cilindričnog) oblika koji su pogodniji za rukovanje kabastim materijala većih masa zbog boljeg dejstva elektromagnetne sile po dubini, dok su magneti pravougaonog oblika pogodniji za rukovanje profilima i pločama manjih jediničnih masa, zbog boljeg dejstva elektromagnetnih sila po većoj površini materijala. Elektromagneti se napajaju jednosmernom strujom 110 V do 600 V. Kod elektromagnetnih hvatača za razliku od ostalih magnetna, moguća je primena daljinske komande, odnosno, aktivnog zahvatanja i odlaganja materijala. Da bi se postigla potpuna bezbednost u radu kod slučaja prekida u napajanju, ugrađuje se posebna baterija koja obezbeđuje držanje materijala u zatečenom položaju do 20 min. U praksi, najrasprostranjeniji su elektromagnetni hvatači cilindričnog oblika sa prečnicima hvatanja 400 mm do 2.000 mm i nosivošću od 10 kN do 25 kN. Nosivost elektromagneta deklariše proizvođač u zavisnosti od reži ma rada. Tehnički podaci o nosivosti ne predstavljaju u realnim uslovima stvarnu nosivost, jer se ona određuje primenom odgovarajućeg stepena sigurnosti. Pri definisanju nosivosti magnetna, posebna pažnja posvećuje se i svojstvima materijala. Kod legiranih čeličnih materijala pri sadržaju mangana od 4%, nosivost opada za 50%, a kada sadržaj mangana pređe 12%, elektromagnet ne poseduje sposobnost zahvatanja. Pored niza pogodnosti koje elektromagnetni hvatači poseduju, njihov osnovni nedostatak jeste velika potrošnja električne energije. Potrošnja zahvatnog elektromagnetnog uređaja najmanje je jedna polovina potrebne energije da bi se realizovao jedan radni ciklus kod dizalice sa elektropogonom.

Pored ovih osnovnih uređaja i pribora, postoje i mnogi drugi koji se koriste u specifičnim uslovima rukovanja komadnim materijala, kao što su: specijalni oblici grajfera, trnovi (strele), škopac-vrtuljak ili malotna (obična, trbušasta, sidrena, lančana), zateznice odnosno zatezne spojke (sa dve viljuške, sa dva oka duga, s viljuškom i okom dugim), stezači za čeličnu utjad, pneumatski hvatači za džakove i dr.

#### 4.4.5. Uređaji za jedinice tereta višeg reda

Posebnu grupu čine zahvatni uređaji za jedinice tereta višeg reda jer u dostignutom nivou razvijenosti transportne tehnologije danas predstavljaju osnovnu pretpostavku za racionalizaciju TPS procesa. Kod sлагаča, dominantne su viljuške, međutim, postoji veliki broj različitih zahvatnih organa koji imaju određenu specijalnost, kao što su: hidraulična klešta za opeke i bale (nosivosti do 20 kN, sopstvene mase 400 kg do 700 kg, sa 4 do 8 ruku), hidraulična rotaciona konzola-ploča (nosivosti do 20 kN, sopstvena masa 380 kg, broj okretaja ploče 10 obrt./min), klešta za betonske blokove (nosivost 7 kN do 8 kN, sopstvena masa 450 kg, dužina viljuški 2000 mm), klešta za bačve i roto papir (nosivost 16 kN do 18 kN, sopstvene mase 410 kg do 710 kg), mehanička kašika i dr.



Slika 4.15. Osnovni tipovi spredera

Konteneri, izmenljivi sanduci i poluprikolice se manipulišu različitim zahvatnim uređajima, koji se obično dele u dve grupe:

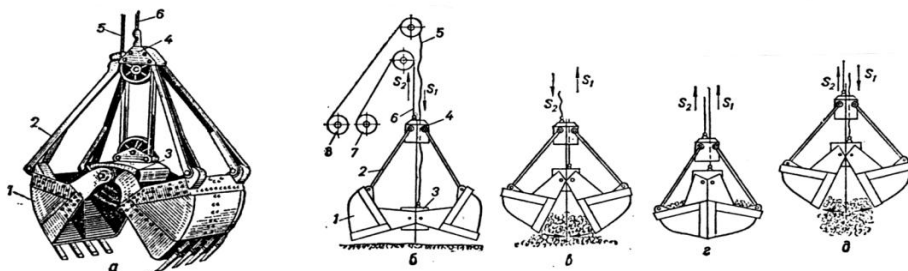
- noseći ramovi (traverze), sa manuelnim postavljanjem i neposrednim zahvatanjem kontenera preko čeličnih priveznica za gornje ili donje nauglice, slika 4.13,
- noseći ramovi (sprederi), sa elektrohidrauličkim (samopodešavajući) postavljanjem za zahvatanje kontenera preko automatskih obrtnih čepova koji se (prema ISO UIC 599-OR) postavljaju u eliptične otvore na gornje nauglice kontenera ili s mehaničkim pogonom (s klasičnim obrtnim čepovima), slika 4.15a.

Zahvatni uređaji iz prve grupe koriste se u procesima u kojima se pojavljuje relativno mali broj kontenera, pri rukovanju praznim kontenerima i uglavnom kontenerima srednjih veličina (1E, 1F, 2A, 2B i 2S). U logističkim centrima s velikim protokom kontenera, po pravilu se koriste sofisticirani teleskopski sprederi sa mogućnošću prilagođavanja (samo podešavajući) dužini kontenera od 20, 30, 40 i više stopa, jer omogućavaju aktivno zahvatanje i odlaganje kontenera s daljinskom komandom. Mase spredera iznose 7 t do 11t. Postoje i sprederi za bočno hvatanje kontenera. Kombinovani sprederi s kleštima za *Riggyback* (*Huckeracke V i S*) tehnologije, zahvaljujući pločastom obliku uređaja za zahvatanje, imaju povoljnije funkcionalne karakteristike od klasičnih spredera, jer ostvaruju rukovanje kontenerima, polupriko-

licama i izmenljivim sanducima, slika 4.15b. Mase ovih spredera iznose do 12,7 t, brzina teleskopiranja (20-40") iznosi oko 10 s, maksimalni raspon klešta 3.740 mm, brzina obrtanja za 90° oko 43s. Sve karakteristike ove vrste spredera definisane su standardom ISO UIC 599 OR. Pored opisanih spredera, u velikim pomorskim lukama sa ekstremno velikim prometom, koriste se i sprederi (platforme) koji mogu da zahvate jednovremeno dva do četiri kontenera od 20 stopa, a koriste se kroz tzv. "LUF" (*Lift Unit Frame*) tehnologije. Kod rukovanja kontenerima u sprezi se koriste gravitacioni centralizeri, čija je funkcija podešavanje dužine uđadi, brzine spuštanja i podizanja, kontrole uglova zahvatanja čime se teret stabilizuje putem izjednačavanja masa po zahvatnim mestima slika 4.15c. Takođe, između pribora i jedinice materijala mogu se stavljati i specijalni dinamometri za precizno merenje sile u uđetu ili mase materijala na kuki ili uđetu radi izbegavanja prekoračenja nosivosti sredstva i kontrolnog vaganja.

#### 4.4.5. Pribor i uređaji za rukovanje rasutim materijalima

Grabilica je specifičan oblik zahvatnog uređaja za dizalična sredstva namenjena za rukovanje rasutim materijalom. Primena grabilice moguća je kod raznih konstruktivnih oblika dizalica za gotovo sve poznate vrste rasutih materijala. Materijali se zahvataju otvaranjem čeljusti, zabijanjem u materijal pod dejstvom sile gravitacije i zatvaranjem čeljusti dok su u materijalu. U zavisnosti od načina zatvaranja, grabilice se dele na: grabilice s: više uđadi, jednim uđetom i motornim zatvaranjem. Grabilice sa dva para uđadi i dve čeljusti najrasprostranjenije su u eksploataciji, slika 4.16.

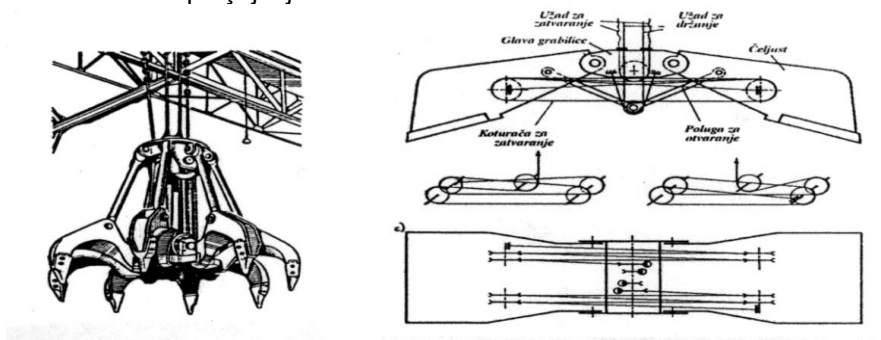


Slika 4.16. Prikaz rada grabilice sa dve čeljusti

Zatvaranje čeljusti kod ove vrste grabilica nezavisno je od mehanizma za dizanje materijala. Sistemi sa jednim uđetom zatvaraju se preko relativno komplikovanog mehanizma. Grabilice s motornim zatvaranjem, takođe su obešene na jedno uđe, dok im je zatvaranje izvedeno obično preko elektromotora s prenosom na čeljusti mehaničkim, hidrauličnim ili pneumatskim putem. Grabilice s više uđadi ne mogu se zarotirati tako da pravac otvaranja u odnosu na strelu dizalice mora da bude određen u fazi projektovanja, u zavisnosti od vrste zadatka koje dizalice treba da realizuju. Shodno tome, otvaranje može da bude u poduđetom ili poprečnom pravcu. Zapremina čeljusti zavisi od vrste materijala i nosivosti dizalice i kreće se do 12 m<sup>3</sup>. Stepenn punjenja grabilice zavisi od više faktora: nasipne mase materijala, veličine čestica (komada), kohezije i adhezije materijala i karakteristika grabilice. Da bi se postigla zadovoljavajuća efektivnost pri radu, grabilica svojim oblikom i masom mora da bude usaglašena sa fizičkim svojstvima materijala za koji je namenjena. Iz pomenutih razloga grabilice su razvrstane u četiri klase, shodno nasipnoj masi materijala:

Klasa 1	$\gamma_m = \text{do}$		$1,2 \text{ t/m}^3$
Klasa 2	$\gamma_m = \text{preko}$	$2 \text{ t/m}^3$ do	$2,0 \text{ t/m}^3$
Klasa 3	$\gamma_m = \text{preko}$	$0 \text{ t/m}^3$ do	$2,6 \text{ t/m}^3$
Klasa 4	$\gamma_m = \text{preko}$		$2,6 \text{ t/m}^3$

Grabilice su predmet stalnog istraživanja i kao rezultat stalnih poboljšanja sve češće se koriste grabilice sa više čeljusti tzv. *trim* grabilice. Grabilice s više čeljusti (polip grabilice) namenjene su za rukovanje teškim, sabijenim i komadnim materijalima, kao što su: ugalj, staro gvožđe i dr. Kod polip grabilice čeljusti su na vrhovima špicastog oblika, obešene o glavu grabilice kružnog oblika. Vrhovi čeljusti tako su konstruktivno izvedeni da se mogu lako zameniti kad se ishabaju. Trim grabilica je poboljšana varijanta grabilice sa dve čeljusti, sa ekstremno velikim uglom otvaranja (do  $180^\circ$ ), slika 4.17. Veliki ugao otvaranja obezbeđuje veću širinu grabljenja, odnosno, bolje zahvatanje pri relativno maloj debljini sloja materijala, što je posebno važno pri kraju procesa istovara vozila ili praćenju skladišta.



Slika 4.17. Grabilica sa više čeljusti

Sav pribor i uređaji standardizovani su: tipom, prečnikom uŕeta u mm, duŕinom u mm, brojem, nazivnom veliĉinom ili drugim oznakama, sve radi njihove kvalitetne proizvodnje i upotrebe.

#### 4.5. SREDSTVA SA CIKLIĀNIM DEJSTVOM

Sredstvima s cikličnim dejstvom rada premeštaju se materijali i/ili proizvodi u ciklusima, pri ĉemu se sredstvo i/ili zahvatni organ, mogu kretati pravolinijski (horizontalno, vertikalno, koso), kruŕno i u prostoru (slobodnim putanjama). Vrstu kretanja definiše kinematika rada zahvatnog organa, odnosno, konstruktivne karakteristike sredstva mehanizacije. Premeštanje se vrši periodiĉnom smenom radnog i povratnog (neradnog) hoda zahvatnog organa ili sredstva, odnosno, odvojenim kretanjima u tovaenom i praznom stanju ili preko oba kretanja u tovaenom stanju. Osnovna je karakteristika koja naglašava razliku izmeĉu ovih i sredstava s neprekidnim dejstvom, što je kapacitet kod sredstava sa cikličnim dejstvom obrnuto srazmeran visini, duŕini i brzini prenošenja materijala, dok je kod sredstava s neprekidnim dejstvom konstantan u odnosu na visinu i duŕinu prenošenja, a promenljiv u odnosu na brzinu. Vrlo široko polje rada i specifiĉni uslovi eksploatacije stvorili su razliĉite konstrukcije sredstava s cikličnim dejstvom, koja se mogu podeliti u tri osnovne grupe:

- transportno-manipulativna sredstva (traktori i vuĉni sastavi, kolica, slagaĉi), koja se slobodno kreću po operativnoj površini,

- dizalice i dizalična postrojenja, koja su vezana za kretnu stazu ili se slobodno kreću po operativnoj površini,
- specijalna sredstva s fiksno definisanom kretnom stazom (AGVs, sredstva za istovar masovnih i specijalnih materijala i dr).

Svaka od ovih grupa može se dalje podeliti na podgrupe prema raznim obeležjima, tako na primer, dizalice i dizalična postrojenja klasifikuju se prema:

- mestu lokacije (industrijske, metalurške, građevinske, plovne, železničke i druge),
- konstrukciji voznog postroja (na gusenicama, na metalnim točkovima, na pneumaticima na baržama – pontonima),
- vrsti tehnološke operacije (utovarne, istovarne, utovarno–istovarne),
- vrsti materijala (za komadne, rasute, tečne i gasovite) i dr.

Tako na primer, industrijske dizalice mogu se klasifikovati na: zidne, dizalice bez gornjeg oslonca (dizalice na stubu), stubne sa strelom (derik kran), čekić kran, mosne, skladišne i dr., dok se npr. građevinska mehanizacija u zavisnosti od vrste radova može klasifikovati na: dozere točkaše ili guseničare (buldožeri, anglodozeri, tiltdozere, gurače – *rusch* dozere), bagere (s neprekidnim i prekidnim radom, s visinskom i dubinskom kašikom), skrepere (moto i vučne skrepere, male, srednje i velike, sa elevatorom ili bez njega), grejdere (lake i teške, moto grejdere, sa elevatorom ili bez njega), utovarivače (s kašikom, korpom ili lopatom, guseničare ili točkaše, sa obrtnom kupolom, kranove i mosne ili stubne građevinske dizalice malih nosivosti i velikih raspona kojima se isključivo manipuliše građevinskim materijalima. Rudarska mehanizacija se takođe može podeliti prema klasama: mašine za otkopavanje i utovar jalovine i rudne supstance, mašine za odlaganje jalovine, mašine i uređaji za transport jalovine i rudne supstance, mašine za dubinsko bušenje, mašine za pomoćne radove (dozeri, rijači, grejderi, dizalice i sl.).

Sve ove i druge podele ukazuju na to da se u osnovi kao konstruktivno rešenje većine sredstava sa cikličnim dejstvom koristi dizalični mehanizam, a da su radni organi i tehničke karakteristike prilagođene zahtevima tehnološkog procesa i da se ista ili slična sredstva mehanizacije koriste u više delatnosti.

#### 4.5.1. Transportno-manipulativna sredstva

Ovu vrstu transportnih sredstava karakteriše intermitirajući transport. Transportni proces realizuje se u ciklusima koji se sastoje iz radnog (opterećenog) i povratnog (neradnog) hoda, retko kad oba opterećena. Vreme trajanja radnog ciklusa pri rukovanju za najvažnije oblike transportno-manipulativnih sredstava je definisano preporukama od strane Saveza nemačkih inženjera Odbora za transportnu tehniku *VDI Richtlinie 2391*. Transportno-manipulativna sredstva poseduju izvanrednu sposobnost prilagođavanja različitim transportnim zadacima, izborom odgovarajućeg zahvatnog uređaja čime se mogu realizovati najrazličitiji transportni zadaci, tako da se definišu kao univerzalna sredstva. Spadaju u grupu sredstva sa cikličnim dejstvom, slobodno se kreću, mogu da rade na relativno širokom prostoru i zahvaljujući zahvatnom uređaju poseduju veoma važno svojstvo aktivnog zahvatanja i odlaganja materijala, to jest rad bez pomoći radnika ili neke druge tehničke jedinice.

Zahvaljujući ovom svojstvu ona mogu da opslužuju više izvorišnih i ciljnih tačaka u sistemu tokova materijala i veoma su fleksibilna na promenu *Layout-a*. Odnos sopsstvene mase kod pojedinih konstruktivnih oblika i korisne nosivosti nije povoljan što

posebno važi za varijante sa tzv. slobodno nošenim teretom, zbog neophodne primene protivtega kojim se obezbeđuje stabilnost na prevrtanje. Zahvaljujući napretku automatizacije i raznim oblicima senzora za bezbednosti, to jest sprečavanje kontakta sa regalima i drugim transportno-manipulativna sredstva postala su efikasnija i znatno lakša za opluštavanje.

*Transportno-manipulativna sredstva  
koja se slobodno kreću po operativnoj površini*

Ova sredstva se slobodno kreću bez strogo definisane putanje, vođena šinom ili senzorskom stazom. U intralogistici predstavljaju najdominantniji oblik transportne tehnike, jer ih posebno karakteriše velika fleksibilnost, sa velikom primenom u različitim industrijskim oblastima, pre svega zbog dobrih manavarskih sposobnosti. Upravljanje njima izaziva veliko psiho-fizičko naprezanje rukovalaca, a zahtevaju i intenzivno održavanje. Mogu da budu sa uređajem za podizanje (slaganje) ili bez njega. Upravljanje je obično manuelno, ali se danas razvijaju i sistemi sa automatskim upravljanjem.

Što se tiče pogona, može da bude manuelan, elektro, dizel i gasni. Kod transporta u zatvorenim objektima dominantna je primena elektro-pogonskih sistema. Kod kombinovanog rada u zatvorenom i otvorenom prostoru, široku primenu imaju sistemi sa gasnim pogonom. U uslovima rada na otvorenom dominira dizel pogon.

U zavisnosti od konstrukcije ova grupa transportno-manipulativnih sredstava klasifikuje se prema različitim kriterijumima: pravcu kretanja, sposobnosti za podizanje tereta, vrsti pogona, broju točkova kojima se oslanjaju na podlogu, načinu upravljanja, sposobnosti zahvatanja, slaganja i odlaganja tereta i poziciji opslužioca (rukovalaca sredstvom). Pojedini proizvođači, distributeri sredstava i šira javnost, koriste različite nazive za ista sredstva, ali i iste nazive za različita sredstva i uređaje. Različitost u definisanju i označavanju ove vrste mehanizacije stvorio je inhomogenitet, što dovodi do ne slaganja u stručnoj i naučnoj javnosti. Standardom SRPS ISO 5053:2001 (DIN ISO 5053:1994) definisane su klase transportno – manipulativnih sredstava, čime je uspostavljen svrsishodan sistem klasifikacije, koji je preporučen za dalje korišćenje, tabela 4.3. Dati su tipični konstruktivni oblici, nezavisno od oznaka i naziva koje koriste proizvođači i ostali već je u prvi plan stavljena funkcionalnost u intralogističkim sistemima. Po funkciji neka sredstva samo nose materijal sa vozačem ili bez njega, neka samo vuku teret, a neka i nose i vuku teret, sa vozačem ili bez njega. U našoj zemlji iz oblasti sredstava unutrašnjeg transporta saglasno sa ISO standardima postoji 50 standarda od kojih su neki za potvrđivanje, povlačenje ili usvajanje u narednom periodu.

Transportno manipulativna vozila koriste se za horizontalan i vertikalni transport i slaganje komadnih tereta u proizvodnim sistemima, skladištima, otvorenim radnim zonama, rampama, manipulativnim površinama i robnim terminalima svih vrsta. Ona su predodređena za transport na kratkim i srednjim rastojanjima, pre svega u uslovima tokova materijala malog i srednjeg intenziteta i to materijala koji je postavljen na palete, boks kutije, male kontenere, ili druge nosače, ili se transportuje u pojavnom obliku.



Tabela 4.3. Klasifikacija transportno /manipulativnih vozila prema SRPS ISO 5053:2001

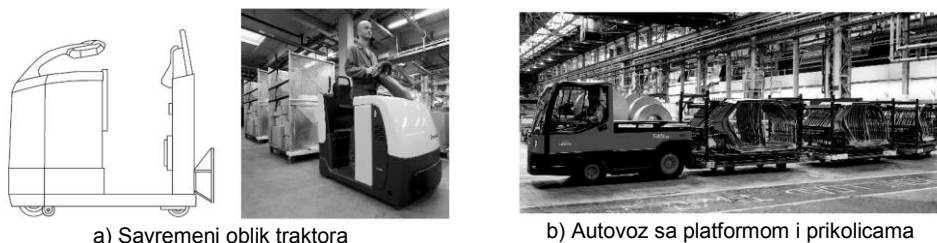
Kodirana transportno – manipulativnih sredstva (ekvivalentan DIN-ISO 5053)		
ISO kod	Srpski naziv	Engleski naziv
3.1.1	Kolica sa fiksnom visinom platforme	Fixed platform truck
3.1.2.1	Vučni industrijski traktor	Industrial towing tractor
3.1.2.2	Potiskujući traktor	Pushing tractor
3.1.3.1.1	Viljuškasti slagač (viljuškar) sa tri ili četiri točka	Counterbalanced lift truck (FLT)
3.1.3.1.2	Potiskujući slagač (Mast/Gabel) sa izvlačenjem uređaja za dizanje i nosačem viljuški	Reach truck (mast /fork)
3.1.3.1.3	Slagač sa podupiračima. Opkoračni viljuškar	Straddle truck
3.1.3.1.4	Viljuškasta kolica za visoko podizanje. Slagač paleta	Pallet stacking truck
3.1.3.1.5	Kolica za visoko podizanje	Platform stracking truck
3.1.3.1.6	Kolica za visoko podizanje sa komandnim mestom (čovek gore)	High-lift man-up truck
3.1.3.1.7	Bočni slagač (sa jedne strane)	Side loading truck
3.1.3.1.8	Terenski slagač	Rough terrain lift
3.1.3.1.9	Bočni regalni slagač sa dve strane	Lateral stacking truck (SL)
3.1.3.1.10	Regalni trostrani slagač	Lateral and front stacking truck
3.1.3.1.11	Portalni slagač	High-lift straddle truck
3.1.3.2.1	Viljuškasta paletna kolica	Pallet truck
3.1.3.2.2	Kolica sa podiznom platformom	Stilago (platform) truck
3.1.3.2.3	Portalni slagač za nisko podizanje bez slaganja	Low-lift straddle carrier
3.1.3.3	Slagač za komisisoniranje	Order picking truck

### Industrijski traktor

Služi za horizontalnu vuču prikolica, ne poseduje platformu za nošenje tereta i nema direktan kontakt sa teretom, slika 4.18a. Ako traktor ima platformu za transport onda se klasifikuje kao kolica za platformom slika 4.18b. Konstrukcija traktora sastoji se od rama, pogonskog sistema, posebnog nosača (trn) za vuču specijalnih kontenerskih/LUF niskopodnih prikolica, poteznice (kvačilo za mehaničko kvačenje prikolica), ili automatsko kvačenje, točkova i baterije sa odgovarajućim upravljačkim sistemom. U poređenju sa drugima sredstvima, poseduje dobre vučne karakteristike, okretan je i ne zahteva posebna proširenja saobraćajnica u krivinama. Najčešće se koristi u zatvorenom prostoru, po pravilu je izveden sa elektrobaterijskim pogonom, mada postoje i verzije sa termičkim motorom. U poslednje vreme sve veću primenu u nekim tehnološkim procesima nalaze traktori u vidu AGVS vozila, što se posebno koristi u auto industriji. Spajanjem više prikolica formira se *autovoz*. Prikolice su obično u obliku platforme koje se često koriste i kao puferi. Koristi se za transport na većim distancama, sa malim brojem stanica u zatvorenom i otvorenom prostoru. Nalazi široku primenu u industriji, avio i drugim saobraćajnim terminalima, poštama.

Zbog male instalisane specifične snage kod elektrobaterijskih pogona brzina kretanja traktora relativno je mala 4 km/h do 12km/h, a vučna sila iznosi 50 daN do 250 daN. Traktori s termičkim motorom zbog veće specifične snage imaju bolje performanse u odnosu na elektrotraktore i brzine 15 km/h do 20 km/h, izuzetno 35 km/h, a vučna sila 500 daN do 1000 daN. Navedene vrednosti za vučnu silu kod elektrobaterijskih vozila, u skladu sa standardima, odnose se na kretanje traktora na ravnom i suvom kolovozu u trajanju od najmanje 60 min, dok se pri kretanju na usponu snaga bira tako da vozilo može razvijati minimalnu brzinu od 2 km/h u trajanju od

najmanje 30 minuta. Napon baterija je 24 V do 80V, kapacitet je obično 150 Ah do 560 Ah. Kod novijih konstrukcija dominiraju veće vrednosti napona zbog niza prednosti koje iz toga proizilaze. Traktori s termičkim motorima imaju veću nominalanu snagu od 18 kW do 45kW i bolje performanse.

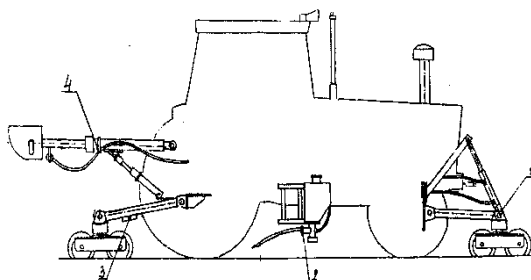


a) Savremeni oblik traktora

b) Autovoz sa platformom i prikolicama

Slika 4.18. Vučno sredstvo – industrijski traktor

Pored opisanih traktora, u TPS procesima koriste se i konvencionalni traktori opremljeni specijalnim uređajima za kretanje po železničkim kolosecima, koji se koriste za potiskivanje, to jest ranđiranje železničkih kola na industrijskim kolosecima.



Legenda: 1. Prednja kolicica, 2. Pumpa visokog pritiska, 3. Zadnja kolicica, 4. Elastična ruda s glavom i kočionim crevima

Slika 4.19. Traktor za ranđiranje izveden modifikacijom poljoprivrednog traktora



Ranđirni loko traktor nastao je adaptacijom klasičnog poljoprivrednog traktora, koji se može nesmetano kretati po šinama i drumskoj saobraćajnici, prelaziti s koloseka na kolosek, odnosno s koloseka na drumsku saobraćajnicu i obrnuto, pomoću posebnog uređaja *TWIN ROLLER-a*. Osnovna namena je manji manevarski rad na manipulativnim staničnim i industrijskim kolosecima na kojima se postavlja i izvlači manji broj kola radi realizacije određenih tehnoloških procesa, slika 4.19. Kretanje loko traktora po koloseku ostvaruje se preko točkova posebnih kolicica, punjenom gumom na prednjim i zadnjem delu, kojima se neposredno stvara otpor trenja kotrljanja guma-metal, odnosno točak-šina. Vočenje loko traktora u pravcu, skretnicama i krivinama ostvaruje se vodećim točkovima (prednjim i zadnjim kolicima). Kolicica se podižu i spuštaju posebnom hidroinstalacijom preko pumpe visokog pritiska. Železnička kola kvače se vuku ili guraju preko posebno ugrađene glave, koja se nalazi na kraju elastične rude bez odbojnika. Određeni broj kočionih osovina koči se dovođenjem vazduha u sistem za kočenje kola iz dodatnog ugrađenog kompresora. Ovakvo rešenje našlo je široku primenu na našoj železnici i privredi, pod nazivima IMKN 560 DB ZOVS i IMKN 577 DB ZOVS.

Osnovne tehničke karakteristike ranđirnih traktora jesu: maksimalna dozvoljena brzina kretanja traktora kao šinskog vozila je 10 km/h, masa sastava šinskih vozila u pokretu, kada nije uključena vazдушna kočnica, iznosi do 25 t a kada je uključena, dozvoljeno opterećenje zavisi od: broja uključenih kočenih osovina, otpora pruge, vučne sile i dr. i određuje se za svaki slučaj posebnim postupkom, tabela 4.4. Zbog svoje univerzalne primene i niske cene rada, ovo sredstvo je našlo značajnu primenu u TPS procesima, posebno na železnici i priključnim industrijskim kolosecima.

Tabela 4.4 Karakteristike ranđirnih traktora

Tehnička karakteristika		IMKN 560	IMKN 577
Ukupna dužina	mm	5.070	6.000
Visina iznad GIS-a	mm	2.310	2.500
Masa traktora i dodatnog dela	kg	2.560 + 480	4.045 + 1.010
Snaga motora pri 2250 <sup>o</sup> /min	kW	42,60	51,50
Maks.brzina kretanja	km/h	28,30	26,86
Dozvoljena brzina	km/h	5 – 10	
Min.radijus krivine	m	35	38
Dozvoljeno opterećenje	kN	34 – 413	59 – 1.240
Nagib pruge za pokretanje	%	2,5 – 4,0	

Postoje i drugi specijalni uređaji za manevarski rad kolima, kao što su Zagro ranđirni uređaj, koji imaju sopstveni pogon (a-mini, b-maksi) ili rade uz pomoć dizel motornih sлагаča (v-tip WRG) kao pogonskog sredstva. Uređaji (a) i (b) su nezavisni u radu dok je kod uređaja (v) potrebno da sлагаč prenese uređaj i postavi na kolosek ispred kola koja se pomeraju; spusti mehaničku rampu radi nailaska viljuškara na uređaj slika 4.20.



a) Zagro uređaj za manuelno rukovanje



b) Uređaj na daljinsko pravljanje



v) Tip WRG pogonjen viljuškaom

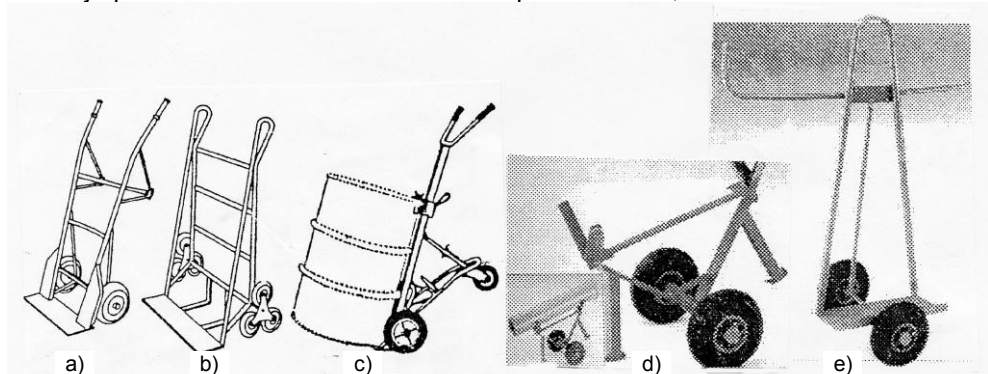
Slika 4.20. Loko ranđirni uređaji

Snaga se prenosi preko točkova sлагаča na četiri oslona valjka i dalje preko osam pogonskih točkova do šine, čime se ostvaruje kretanje. Dozvoljeno opterećenje za vuču, guranje i kočenje iznosi 15 t za verziju (a), 20 t za verziju (b) i do 60 t za WRG uređaj. Uređaji mogu da guraju 7 – 10 teretnih kola (WRG do 30 kola). Brzine kretanja 2,5 km/h do 5,0 km/h, ukupna masa uređaja 1.200 kg do 1.600 kg, nagib sopstvene rampe 9%, put kočenja za opterećenje od 30 t iznosi 1.000 m, širina uređaja 2.515 mm (odbojnika 2.070 mm), dužina 4.000 mm, sopstvena masa 1.050 kg. Osnovni preduslov manevarskog rada s ovim uređajem jeste postojanje upuštenih koloseka u nivou drumske saobraćajnice. Za manji manevarski rad u svetu se koristi tzv. gurač vagona JLO WGS 2 koji ima sopstveni pogon sa dvotaktnim jednocilind-

dričnim motorom, snage 8,5 kW pri 3000 °/min i zapremine 250 cm<sup>3</sup>. Dozvoljeno opterećenje iznosi do 80 t odnosno do 5 praznih ili dvoje punih kola, brzina kretanja (hoda radnika) iznosi oko 4,5km/h, dužina urečaja 2000 mm, širina 900 mm, visina 800 mm, sopstvena masa 250 kg, visina glave potiskujuće poluge 750 mm do 960 mm iznad GIŠ-a. Urečaj je jednostavan za rukovanje i vrlo ekonomičan u radu. Prelaz sa koloseka na kolosek zahteva pomoćno sredstvo mehanizacije.

### *Ručna kolica*

Konstruktivno, ručna kolica su najjednostavnije sredstvo u ovoj grupi transportno-manipulativnih sredstava. Budući da ne poseduju motorni pogon, kolica su predodrečena za transport lakih materijala na kratkim rastojanjima i to u procesima u kojima su zahtevi za transportom relativno retki, malih količina i pojedinačno upakovanih materijala. Uobičajeni kriterijumi za klasifikaciju kolica jesu: broj točkova preko kojih se oslanjaju na podlogu, način upravljanja i način zahvatanja, odnosno odlaganja materijala. Prema broju točkova, kolica se razvrstavaju na kolica sa: jednim, dva, tri i četiri točka; a prema načinu upravljanja na kolica kod kojih se upravljanje realizuje preko slobodno vođenih točkova i pomoću rude, slika 4.21.



Legenda: a. Standardna konstrukcija kolica sa dva točka, b. Specijalna kolica za kretanje preko stepenica, c. Kolica za burad, d. Kolica za transport rolni (cevastih oblika), e. Kolica za transport pločastih materijala

Slika 4.21. Karakteristični konstruktivni oblici kolica za različite namene

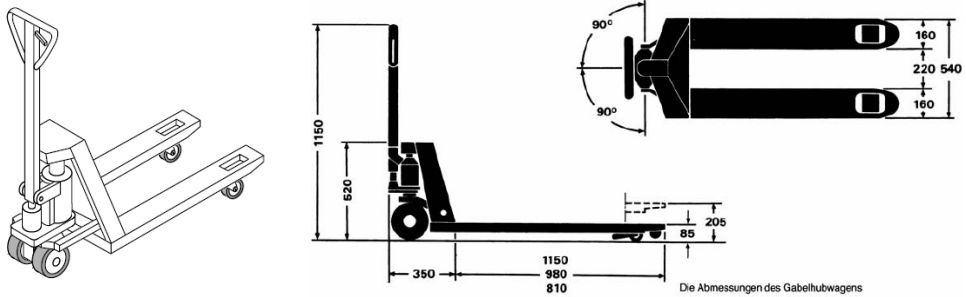
Točkovi za kolica izrađuju se sa čeličnim i plastičnim naplatkom, pri čemu obloga može da bude od tvrde gume ili pneumatika. Nosivost kolica iznosi 1 kN do 2 kN. Kolica s manjom nosivošću prilagođena su za manuelno potezanje, a kolica (prikolice) s većim nosivostima po pravilu se vuku traktorima.

### *Viljuškasta podizna kolica*

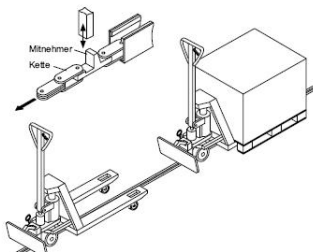
Viljuškasta podizna kolica su pretovarno sredstvo sa naglašenom transportnom funkcijom pre svega za horizontalan transport jedinica tereta (paleta, boks kontenera) koji leže na tlu. Zahvaljujući posebnom mehanizmu kojim se zahvatanje realizuje podizanjem jedinice tereta od tla na visini od 100 mm ostvareno je svojstvo aktivnog zahvatanja tereta. Pošto se podizanje obično ostvaruje primenom hidraulike, odlaganje tereta ostvaruje se jednostavnim spuštanjem viljuški otvaranjem hidrauličnog ventila. Sastoje se, od dve viljuške školjkastog oblika na čijem se prednjem kraju nalaze rolne

(valjci) za kretanje sa polužnim mehanizmom, koji je povezan sa hidrauličnim mehanizmom, a koji je u direktnoj vezi sa rudom slika 4.22. Kada se ruda podiže i spušta upumpava se ulje preko pumpe u hidraulični cilindar. Viljuškasta podizna kolica isključivo se izvođe kao sredstva sa tri točka kojim se upravlja preko rude i dva udvojena točka relativno velikog prečnika.

Pored manuelnog pogona mogu se opremiti i elektrobaterijskim pogonom. Ova vrsta transportnog sredstva veoma se uspešno povezuje sa automatizovanim vučnim sistemima sa podpodnim ili visećim vučnim lancem, ili autonomnim pogonskim jedinicama koje se kreću po šinama iznad operativne površine, slika 4.23.

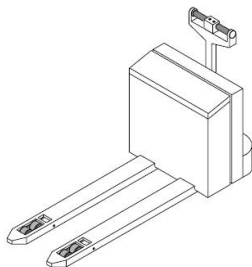


Slika 4.22. Viljuškasta podizna kolica sa manuelnim pogonom



Slika 4.23. Automatizovan sistem sa podnim vučnim lancem sa mogućnošću formiranja pufera kombinovani sa viljuškastim podiznim kolicima

Kod varijanti sa elektropogonom mogu se postaviti i platforma za vozača, slika 4.24.



Slika 4.24. Niska viljuškasta podizna kolica sa elektropogonom sa i bez i platforme za vozača

Viljuškasta kolica kreću se u oba smera, po pravilu nose jednu paletu, a kod produženih viljuški nose i dve što se praktikuje kod komisioniranja. Ovaj sistem karakteri-

šu niski investicioni troškovi. Često se koriste za transport između radnih mesta, posebno su pogodna za rad u uskim prostornim uslovima, tako da se koriste i za rad na pretovarnim rampama za utovar i istovar vozila, slika 4.25. Varijante sa manuelnim pogonom su pogodne za kratka transportna rastojanja i srednje transportne frekvencije, a varijante sa elektro pogonom uspešno se koriste u radno intenzivnim procesima za transport na dužim rastojanjima.

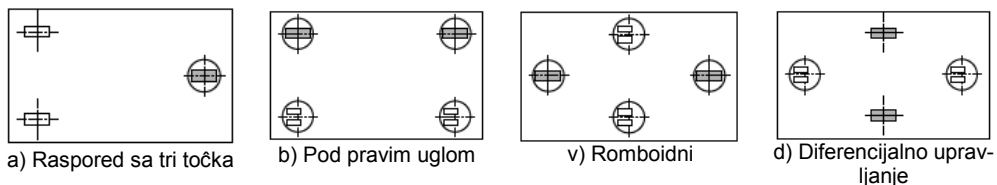






Slika 4.25 Viljuškasta podizna kolica sa elektropogonom na utovaru vozila

Značajan korak u proširivanju funkcionalnih mogućnosti kod paletnih kolica jeste razvoj tzv. četvorostranih paletnih kolica, koja su predodređena za transport i rukovanje materijalima velike težine. Imaju nosivost 7,5 kN do 25 kN.

#### *Slagači – opšte osnove*

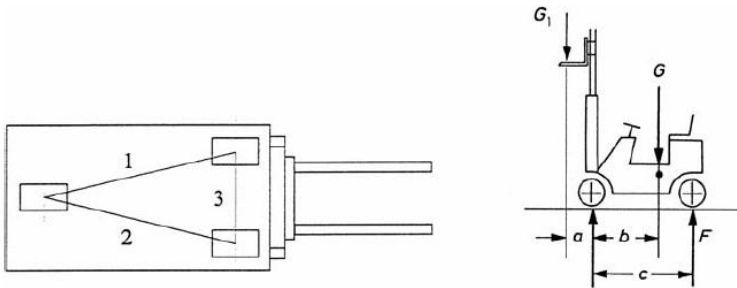
Slagači su transportna sredstva sa funkcijom rukovanja koji pomoću zahvatnog uređaja zahvataju, prenose i odlažu u različite oblike tereta, uz izvesne izuzetke sredstava, kako sa poda tako i sa bilo koje visine. Kao najrasprostranjeniji oblik transportno-manipulativnog sredstva sa slobodnim kretanjem, slagači realizuju najrazličitije zadatke u intralogističkim procesima, kako na frontu pretovara tako i u skladišnim zonama i robno distributivnim centrima. Kod nas je poznat pod nazivom viljuškar. Nosivost slagača kreće se u zavisnosti od konstruktivnog oblika, u vrlo širokom dijapazonu 0,6 kN do 500 kN i više. Laku kategoriju, čine slagači nosivosti do 1,2 kN, srednju 12 kN do 32 kN, srednje tešku 32 kN do 80 kN, tešku 80 kN do 500 kN i supertešku preko 500 kN. Nosivost je shodno standardima definisana za određeno udaljenje težišta tereta od čela viljuške. Tako je za lake, srednje i srednje teške kategorije nosivost deklarirana za udaljenje do 600(500) mm, kod teške klase za 1200 mm, i kod super-teške klase za 2300 mm. Nosivost slagača je definisana od strane proizvođača i deklarirana na stubu katarke, pločicom to jest dijagramom opterećenja i važi pravilo što je težište dalje to je nosivost manja i obrnuto, slika 4.28a. Takođe, treba uzeti u obzir da i vrsta obloge točka ima značajnu ulogu kod pritiska na površinu saobraćajnice. Slagači sa pneumatskim točkovima imaju manji pritisak na podlogu za oko 2,5 puta u odnosu na one sa točkovima obloženih tvrdom gumom.



Legenda:  – Pogonski točak,  – Slobodno vođen,  – Pogonjen i upravljački točak,  – Oslanjajući točak

Slika 4.26. Primeri rasporeda točkova kod slagača

Slagač može da poseduje tri ili četiri točka u voznom postroju, slika 4.26. Varijante sa tri točka su veoma okretni ali zahtevaju glatke saobraćajne površine i pogodniji su za rad u zatvorenom prostoru. Slagači sa četiri točka poseduju bolju stabilnost i pogodniji su za rad na otvorenom prostoru i za veće nosivosti. Slagače sa četiri točka karakteriše kruta prednja osovina na kojoj se po pravilu nalaze pogonski točkovi, a upravljanje je izvedeno preko točkova zadnje osovine koja je vezana za ram slagača u jednoj tački oko koje osciluje radi boljeg prilagođavanja podlozi po kojoj se sredstvo kreće.



Slika 4.27. Ose prevrtanja kod slagača  
1,2 - bočna stabilnost, 3- poduž na stabilnost

Varijante sa tri točka imaju krutu prednju osovinu i jedan točak pozadi koji je po pravilu pogonski i upravljački. Stabilnost na prevrtanje definiše se iz odnosa ( $v$ ), slika 4.27.

$$v = \frac{G \times b}{G_1 \times a} \geq 1,4$$

Gde su:  $v$  – Stepen sigurnost na prevrtanje,  $G_1$  – Masa tereta,  $G$  – Sopstvena masa slagača,  $a$ ,  $b$  – udaljenost težišta,  $s$  – MeĀosovinski raspon. Vrednost  $v \geq 1,4$  garantuje stabilan rad slagača u normalnim okolnostima.

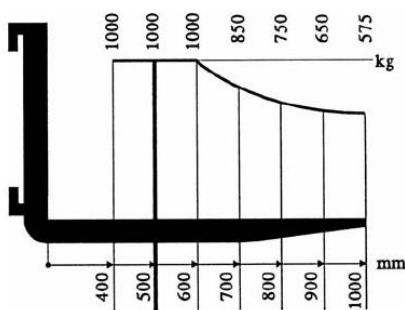
Osnovni uslov za postizanje dinamiĀke stabilnosti jeste da svi toĀkovi tokom voĀnje imaju stalan kontakt s podlogom, odnosno, da se ne prekoraĀi tzv. *graniĀna brzina prevrtanja*. Pod graniĀnom brzinom prevrtanja podrazumeva se maksimalna dozvoljena brzina kretanja sredstva kroz krivinu, pri Āemu se toĀkovi u unutrašnjoj strani krivine nalaze na granici odvajanja od podloge, odnosno tada je normalna sila u taĀki dodira toĀkova i podloge pribliĀno jednaka nuli. Brzina sredstva ne moĀe dalje da raste, zbog Āega se pogonska sila (zbog odsustva adhezije) ne moĀe preneti na podlogu. Ukoliko se sredstvo kreĀe velikom brzinom u krivinama malog radijusa, dolazi do prekoraĀenja navedene brzine prevrtanja. Drugim reĀima, *graniĀna brzina prevrtanja jeste ona brzina sredstva koju karakteriše graniĀni sluĀaj stabilne voĀnje za krivinu odreĀenog radijusa*. Ova brzina ne sme se prekoraĀiti, jer ukoliko jedan ili više toĀkova, usled naginjanja slagaĀa u krivini, izgube kontakt s podlogom, poĀinje boĀno prevrtanje, ŀto je karakteristiĀno za neoptereĀene slagaĀe pri kretanju kroz krivine zbog relativno visokog teĀiŀta. Do prevrtanja najĀeŀe dolazi zbog nepaĀnje rukovaoca sredstvom, ili uticaja spoljnih (neoĀekivanih) faktora, kao ŀto su: iznenadne prepreke, neuoĀljiva oŀteĀenja i zaprljanost podloge, vremenski uslovi i dr.

Problemi rešavanja stabilnosti u poslednje vreme, realizuju se kroz tri pravca<sup>6</sup>:

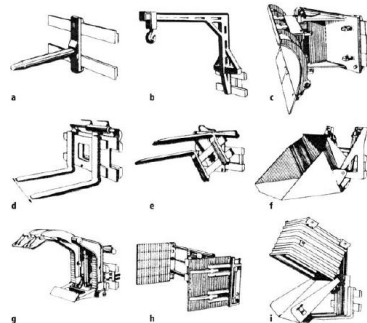
- razvojem novih konstruktivnih mera u domenu pasivne bezbednosti, preko analize tzv. trougla stabilnosti, pri čemu se menjaju granične vrednosti brzine u zavisnosti od promene tehničko-konstruktivnih karakteristika slagača,
- uvođenjem automatike u upravljački sistem slagača, gde je osnovni zadatak uređaja signaliziranje rukovalacu da se približava graničnoj brzini,
- uvođenjem sistema aktivne bezbednosti (SAS) koji se pojavio u Japanu (Toyota), 1999. godine, gde osnov ovoga sistema čini primena elektronike preko senzora i mikroprocesora, koji postavljeni na određenim mestima u slagaču utiču na njegov rad u raznim uslovima eksploatacije.

Sistem aktivne bezbednosti spada u grupu inteligentnih sistema, jer funkcioniše pomoću elektronskih tehnologija sa unapred zadatim indikatorima bez volje i uticaja vozača. Ovim sistemom mogu se ograničiti: visina podizanja, mase materijala, brzine kretanja, uslovi zaokretanja točkova, stabilizacija upravljačke osovine transformacijom *trougla stabilnosti* u trapez stabilnosti i svih drugih regulacionih sistema koji utiču na stabilnost, a time i na bezbednost rada.

Evropska federacija za manipulisanje FEM (*Federation Euroreenne de la Manutention*) i posebno Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO, preko Tehničkog komiteta ISO/TC 110 Industrijska vozila, donela je veći broj standarda iz oblasti bezbednosti rukovanja sredstvima mehanizacije. Kod nas, postoji veći broj preuzetih standarda a čine ih SRPS ISO 10658:2001, koji je vezan sa SRPS ISO 1074:1999, SRPS ISO 3184:2001 i dr.



a) Dijagram opterećenja kod viljuškastog slagača



b) Dodatni zahvatni uređaji

Slika 4.28. Nosivost i zahvatni uređaj kod viljuškastog slagača

Karakteristično svojstvo mnogih slagača je uređaj za vertikalano podizanje tereta sa zahvatnim uređajem u obliku viljuški. Pored viljuški za specijalne slučajeve koristi se i široka gama različitih zahvatnih uređaja (VDI 3615), slika 4.28b. Uređaj za podizanje često puta označen kao katarka (teleskop), predstavlja značajan deo transportno-manipulativnog sredstva, koji obezbeđuje svojstvo slaganja tereta. U praksi egzistira nekoliko konstruktivnih oblika uređaja za podizanje (VDI 3586):

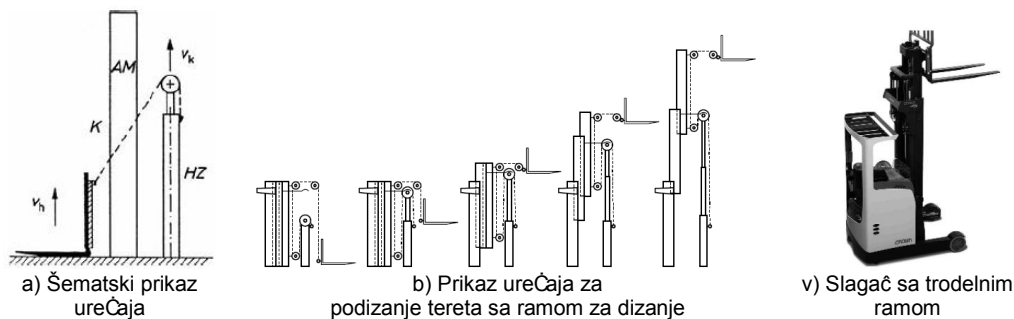
- jednodelni teleskop za podizanje bez ili sa malom slobodnom visinom podizanja,
- dvodelni teleskop bez ili sa malom slobodnom visinom podizanja,

<sup>6</sup> M. Sretenović; M. Miljuš: Osnovne karakteristike novih sistema za povećanje dinamičke stabilnosti viljuškara", Saobraćajni fakultet, Beograd, 2000.



- trodelni teleskop bez ili sa malom slobodnom visinom podizanja,
- dvodelni teleskop sa punom slobodnom visinom podizanja,
- trodelni teleskop sa punom slobodnom visinom podizanja,
- četvorodelni teleskop bez ili sa malom slobodnom visinom podizanja,
- četvorodelni teleskop sa punom slobodnom visinom podizanja.

Da bi se ostvarila velika visina podizanja sa malom visinom vozila (što je bitno zbog visine vrata, unutrašnje visine vozila i kontenera, kao i zbog drugih prepreka, uređaj za podizanje izvodi se u obliku teleskopa, koji se sastoji od spoljnog rama i dva ili tri segmenta (*Duplex* ili *Triplex* teleskopa). Kretanje po visini realizuje se kombinacijom podiznog hidrauličnog cilindra i lančanog pogona, koji je izveden kao koturača. Šematski prikaz uređaja za dizanje sastoji se iz jednodelne katarke i koturače na vrhu hidrauličnog cilindra, spoljnog rama (AM), hidrauličnog cilindra (HZ), slika 4.29a.



Slika 4.29. Šema uređaja za dizanje i slagača sa trodelnim ramom

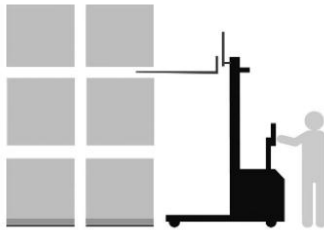
Uređaj za podizanje poseduje pored ramova, hidrauličnog cilindra i specijalna kolica za nošenje ploče na koju se kači zahvatni uređaj, a koja se kreću po unutrašnjem ramu. Kod uređaja za podizanje tereta posebno je karakteristična tzv. slobodna visina dizanja kojom je određena visina podizanja viljuški, ali bez uzvlačenja unutrašnjeg rama teleskopa. Kod teleskopskih sistema normalna slobodna visina dizanja je 150 mm. U određenim slučajevima kada slagač radi u vozilu ili konteneru zahteva se velika slobodna visina podizanja bez izvlačenja rama, da ne bi došlo do oštećenja vozila, to jest probijanja krova. U ovakvim slučajevima koriste se specijalne konstrukcije kod kojih je slobodna visina podizanja 100 mm do 270 mm.

Kolica (sanke) koje nose viljuške kada su na vrhu jednodelnog rama, hidraulični cilindar ima dvostruko manju visinu što je ostvareno primenom sistema koturače. Ovim rešenjem je takođe postignuto da je brzina podizanja viljuški dvostuko veća od brzine ( $v_k$ ) izvlačenja klipa. Visina podizanja kod jednodelnog rama (katarke) je 75% od visine rama i kreće se 150 mm do 170 mm. Kod savremenih konstrukcija slagača napuštena je koncepcija postavljanja jednog centralnog hidrauličnog cilindra kod uređaja za podizanje, već se primenjuje rešenje sa dva bočna cilindra, čime je znatno popravljena preglednost vozača slagača. Visina podizanja kod *Duplex* sistema je 230 mm do 500 mm pri visini rama 200 mm do 400 mm. Konstruktivni oblik je najčešće korišćen u gradnji slagača kao dvodelni sistem ramova kod uređaja za podizanje tereta. Varijante sa više ramova imaju uređaj za naginjanje rama radi lakšeg zahvatanja, pri čemu je dozvoljeni ugao naginjanja na prednju stranu  $5^\circ$  do  $8^\circ$ , a na zadnju stranu  $5^\circ$  do  $12^\circ$ . Slagač sa trodelnim ramom za dizanje je sličan dvodelnom, slika 4.29 b i v. Visina uvučenog rama je između 180 mm do 340

mm dok je maksimalna visina podizanja 1200 mm. Četvorodelni sistemi uređaja za podizanje retko se proizvode ali imaju primenu uglavnom u hladnjačama.

### Kolica za visoko podizanje

Kolica za visoko podizanje su mehanički pogonjena (elektrobaterijski) sredstva sa slobodnim kretanjem po operativnoj površini sa uređajem za podizanje, koji omogućava slaganje tereta na većim visinama, slika 4.30.



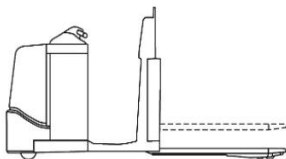
<b>Kolica za visoko podizanje (Apedestrian pallet stacker)</b>			
Brzina kretanja	6 km/h	Visina podizanja	do 550 mm
Brzina podizanja	0,03 m/s do 0,07 m/s	Nosivost	10kN do 32 kN
Pogonska snaga	2kW do 6 kW	Visina slaganja	3 do 6 paleta

Slika 4.30. Kolica za visoko podizanje

Konstruktivno rešenje kolica za visoko podizanje sadrži mnogo sličnih elemenata kao kod viljuškastih podiznih kolica. Upravljanje se realizuje preko rude, a mogu da poseduju i platformu za vozača. Tehnički indikatori dati su u gornjoj tabeli. Uređaj za podizanje je isti kao kod slagača. Visina viljuški je tako podešena da se mogu podvući pod paletu. Pogonski sistem je posebno izveden za kretanje i posebno za podizanje tereta i isključivo koristi elektrobaterijski pogon kao i kod čitave game vozila iz ove familije.

### Slagač za horizontalno komisioniranje

Ova vrsta transportno-manipulativnog sredstva takođe poseduje elektrobaterijski pogonski sistem. Vozač može da stoji na kolicima, a može i da prati kolica kao pešak, dok je upravljanje u oba slučaja preko rude, slika 4.31.



Slika 4.31. Slagač za horizontalno komisioniranje



Slika 4.32. Slagač za visoko komisioniranje

Ne poseduje mogućnost slaganja paleta po visini ali zahvaljujući jednom tehničkom rešenju ili sistemu za podizanje, vozač može da realizuje komisioniranje iz dva reda

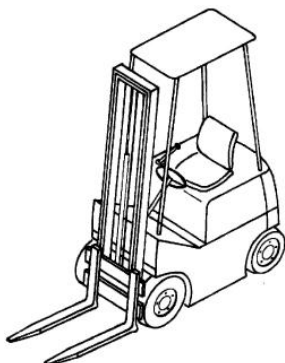
paleta po visini. Viljuške se izvode u dve dužine za transport jedne i dve palete u koje se odlaže materijal koji je komisioniran. Fokus pri razvoju ovog sredstva je obezbećenje optimalnog komisioniranja u tzv. brzim komisionim zonama (to su zone sa preferentnim materijalima), uz mogućnost brzog premeštanja između mesta zahvatanja i odlaganja.

#### *Slagač za vertikalno komisioniranje*

Ova varijanta komisionog vozila sa visokim slaganjem je kombinacija kolica za visoko slaganje i vozila za horizontalno komisioniranje, slika 4.32. U poređenju sa varijantom za horizontalno komisioniranje ovde je instalisan uređaj za podizanje palete i komisionera. Visina podizanja kreće se od 6 do 10 paletnih redova po visini. Viljuške ne mogu da realizuju funkciju uskladištenja i izskaldištenja paleta iz regala. Komisiono vozilo realizuje samo zadatke izuzimanja materijala u komisionoj zoni, dok se popunjavanje realizuje viljuškastim slagačem.

#### *Viljuškasti slagač*

Viljuškasti slagač zahvata jedinicu tereta i nosi tako da je težište tereta izvan baze koju formiraju dodirne tačke točkova sa tlom. Sa čeon strane postavljen je uređaj za podizanje tereta, slika 4.33.



<b>Slagač sa protivtegom (Fork lift truck/counterbalanced lift truck)</b>			
Brzina kretanja	9km/h do 35 km/h	Visina podizanja	do 900 mm
Brzina podizanja	0,23 m/s do 0,65 m/s	Nosivost	10 kN do 160 kN
Pogonska snaga	4 kW do 120 kW	Visina slaganja	5 do 8 paleta

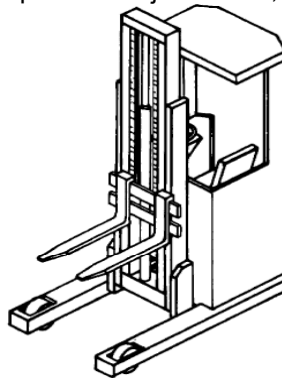
Slika 4.33. Slagač sa protivtegom sa četiri i tri točka

Da bi se olakšalo zahvatanje tereta kao što je već naglašeno, uređaj za podizanje naginje se na prednju i zadnju stranu. Naginjanje na prednju stranu je u funkciji lakšeg zahvatanja, a na zadnju stranu je u funkciji obezbećenja stabilnosti tereta i vozila. Teret koji se nalazi ispred prednjih točkova zahteva ugradnju protiv tega radi obezbećenja stabilnosti na zadnjem kraju slagača. Kod slagača nosivosti do 50 kN češće se ugrađuje elektrobaterijski pogon, a za veće nosivosti koristi se gasni i dizel pogon. Veliki kontenerijski slagači imaju nosivost i do 520 kN, sa visinom dizanja do 1500 mm. Za specijalne potrebe u velikim svetskim brodogradilištima i za potrebe specijalnih projekata rađeni su viljuškasti slagači i sa znatno većim nosivostima (u Libiji za izgradnju specijal-

nog sistema vodosnabdevanja izgrađen je slagač nosivosti od 720 kN). Viljuškasti slagač nalazi široku primenu u intralogističkim sistemima kao veoma fleksibilno sredstvo korišćeno, često u kombinaciji sa sistemima za horizontalan transport.

#### *Slagač sa podupiračima*

Ova vrsta slagača zahvata teret viljuškama koje su kruto vezane za ram, obično bez mogućnosti nagnjanja kod kojih je i sam ram za podizanje tereta takođe fiksiran za osnovnu konstrukciju sredstva. Osnovna pozitivna karakteristika je da težište tereta leži u bazi slagača, što pozitivno utiče na odnos mase slagača i korisne nosivost, slika 4.34. Ovaj tip slagača ima veoma povoljan položaj sedišta vozača. Naime, sedište je poprečno postavljeno u odnosu na podužnu osu sredstva, što vozaču obezbeđuje dobru preglednost pri rukovanju teretom, pri hodu napred i nazad.

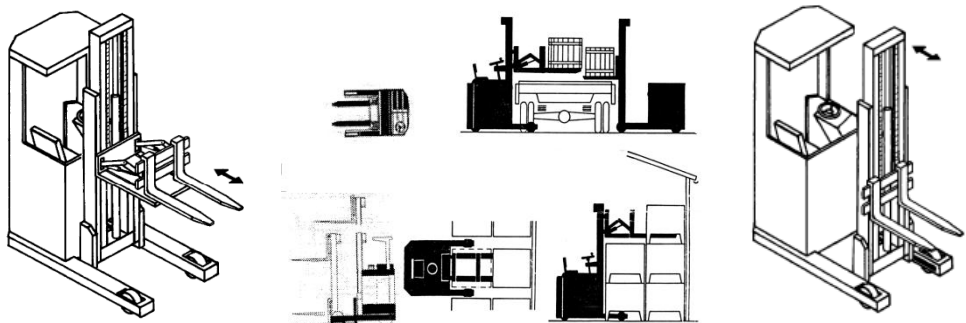


Slika 4.34. Slagač sa podupiračima

Prednji točkovi su ugrađeni na prednji kraj podupirača a razmak podupirača je obično: 900 mm, 1100 mm ili 1300 mm. Ovi točkovi nisu pogonski i preko njih se ne upravlja vozilom. Zbog opisane koncepcije ne postoji mogućnost zahvatanja sa poda poprečno postavljene euro-paleta. Kod zahvatanja paleta iz regala, prvi nivo paleta mora da se podigne na nosač iznad tla na visinu do 200 mm. Ovaj konstruktivni oblik koncipiran je kao vozilo sa tri točka. Zadnji točak je pogonski i upravljački. Ovaj oblik slagača danas se retko proizvodi, ali ih ima u upotrebi.

#### *Slagač sa potiskujućom viljuškom*

Ovaj tip slagača sličan je slagaču sa podupiračima, naime, ista je konstrukcija voznog postroja i rama, to jest uređaja za podizanje tereta. Razlika je u tome što umesto krute viljuške ima teleskopske viljuške koje se izvlače i uvlače preko hidrauličnog cilindra, slika 4.35a. Nešto je lakše zahvatanje i odlaganje jedinice tereta, ali su neki limiti ostali kao i kod slagača sa podupiračima. Osnovna prednost je što su izvlačenjem viljuške poboljšane funkcionalne sposobnosti pri radu u skladišnim zonama, a pri transportu težište tereta je u bazi slagača, što je veoma povoljno sa aspekta stabilnosti vozila. U evropskim zemljama relativno je retka primena ovakvih slagača.



a) Slogač sa potiskujućom viljuškom  
(Šema levo i srednja slika gore)

b) Slogač sa potiskujućim ramom  
(Šema desno i srednja slika dole)

Slika 4.35. Slogači sa potiskujućim uređajima

### *Slogač sa potiskujućim ramom za podizanje tereta*

Ovaj tip slogača pripada istoj porodici prethodno opisanih slogača osnovna razlika a i prednost u odnosu na njih je što se kod njega ram za podizanje tereta potiskuje to jest izbacuje i uvlači preko rolni koje se kreću po vođicama smeštenim u podupirače koji nose prednje točkove, slika 4.35b.

<b>Slogač sa potiskujućim ramom za podizanje tereta (Reach mast truck)</b>			
Brzina kretanja	7 km/h do 14 km/h	Visina podizanja	do 12 m
Brzina podizanja tereta	0,15 m/s do 0,5 m/s	Nosivost	10 kN do 25 kN
Snaga pogona	5 kW do 20 kW	Visina slaganja	7 do 12 paleta

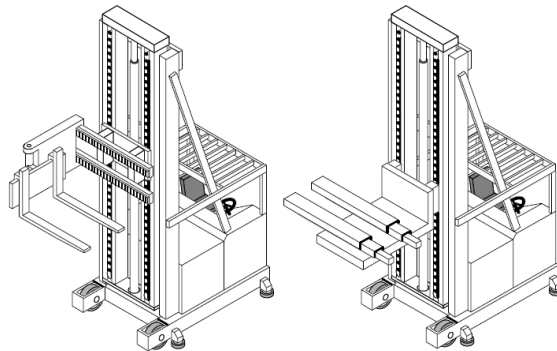
Ram može kod određenih varijanti da se naginje, ali se to često zamenjuje sistemom za naginjavanje viljuški. Ovakav konstruktivan oblik objedinjava dobra svojstva dva osnovna koncepta gradnje slogača sa slobodno nošenim teretom, kada je težiste tereta van baze i koncepta sa podupiračima kod koga težiste tereta leži u bazi slogača. Zahvaljujući svojim dobrim svojstvima veoma je rasprostranjen u intralogističkim sistemima.

### *Visokoregalni slogač*

Ovaj oblik slogača posebno je prilagođen po svojim funkcionalnim karakteristikama za rad u skladišnim zonama u visoko regalnim skladištima. Posедуje teleskopski ram za podizanje, ali koji se ne naginje zbog stabilnosti sistema. Može da koristi različite oblike zahvatnih uređaja. Zahvaljujući svojim konstruktivnim karakteristikama ovaj oblik slogača je u mogućnosti da opslužuje regale visine do 13 m. Karakteristično za način rada ovog slogača je da se ne okreće u radnom hodniku, već operacije zahvatanja i odlaganja jedinica tereta realizuje posebno prilagođenim zahvatnim uređajem koji bočno prilazi jedinici tereta u regalu. Zbog opisanog načina rada širina radnog prolaza je veoma uska (do 1.700mm), skoro je dvostruko manja širina radnog prolaza u odnosu na konvencionalne slogače sa slobodno nošenim teretom. U cilju povećanja bezbednosti i rasterećenja vozača ova vrsta slogača u radnom hodniku ima prinudno vočenje, koje može da bude mehaničko preko bočnih šina ili elektronsko preko induktivnog vočenja, slika 4.36. Da bi se olakšalo pozicioniranje kod manualnog opsluživanja primenjeno je markiranje, kako horizontalne saobraćajnice (radnog hodnika) tako i regala. U upotrebi su i sistemi sa elektronskim pozicioniranjem po visini,

jednostavnim pritiskom rukovalaca na odgovarajući taster, zahvatni uređaj se pozicionira primenom analognog ili digitalnog signala na željenu visinu. Usled velike visine otežano je uskladištenje i izskladištenje, radi čega se koriste i druga pomoćna sredstva kao što su kamere ili sistemi koji naginju kabinu u poziciju iz koje on može relativno lako da prati proces rada.

Pored ovih mera koje obezbeđuju povećanje bezbednosti i ubrzavaju proces rada koristi se i dijagonalno kretanje zahvatnog uređaja preko kontrole brzine podizanja i kretanja slagača. Pri velikim visinama ograničene su brzine i ubrzanje. Rukovalac se pri radu stalno nalazi praktično u nivou hodnika radi čega se visokoregalni slagač klasifikuje kao „Man-Down“ sistem.



Visokoregalni slagač (Narrow-aisle truck, Bi-and-lateral stacker)			
Brzina kretanja	9 km/h	Visina podizanja	do cca.13 m
Brzina podizanja	0,3 m/s do 0,4 m/s	Nosivost	10 kN do 12,5 kN
Snaga pogona	15 kW do 17 kW	Visina slaganja	7 do 13 paleta

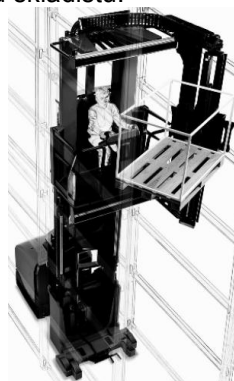
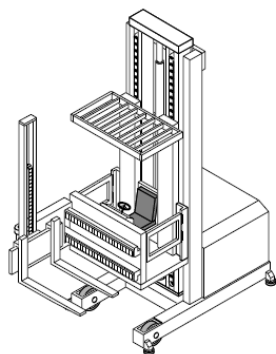
Slika 4.36. Visokoregalni slagač

Visokoregalni slagač koristi se u skladišnim zonama sa regalima postavljenim u redove. Sama manipulacija podrazumeva rukovanje sa celim jedinicama tereta višeg reda bez njihovog rasformiranja. Nosivost im je mala do srednja oko 12,5 kN, zbog čega imaju relativno mali pretovarni kapacitet. U cilju povećanja kapaciteta sistema visokoregalni slagači kombinuju se sa konvencionalnim slagačima, koji realizuju rukovanje u prijemnoj i otpremnoj zoni skladišta. Najznačajniji oblici zahvatnih uređaja su teleskopske i rotirajuće viljuške. Kada je opremljen sa rotirajućim, viljuškom visokoregalni slagač označava se kao trostrani slagač. Rotirajuće viljuške bočno se okreću za 90° iz srednjeg položaja (kada su viljuške u pravcu kretanja slagača). Omogućavaju zahvatanje jedinice tereta sa tri strane i sa poda skladišta, kao i prebacivanje u hodniku iz jednog u drugi regal, postavljen na drugoj strani hodnika. Teleskopske viljuške ne mogu da zahvataju je sa poda i paletu zahvataju i odlažu samo sa dve bočne strane vozila. Iz tog razloga na čelu regalnih redova postavljaju se konzolni nosači za odlaganje paleta.

#### Komisioni slagač

Osnovna karakteristika ovog sistema je što poseduje kabinu za komisionera pored uređaja za zahvatanje paleta. Kabina i zahvatni uređaj kreću se zajedno vertikalno. Glavno kretanje radi podizanja po vertikali se označava kao *primarno* a podizanje paleta koje se ostvaruje dodatnim sistemom koji je vezan za kabinu, definiše se kao *sekundarno* podizanje, odnosno spuštanje, slika 4.37. Kao i visokoregalni slagač, i

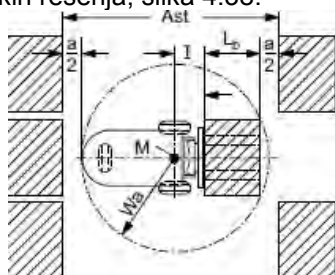
komisioni slagači pri radu u radnom prolazu imaju prinudno vočenje izvedeno mehaničkim sistemom ili induktivno. Pogonski sistem je po pravilu elektrobaterijski. Zbog zaštite komisionera lanac u sistemu za podizanje je ojačan. Glavna prednost ovog sistema je ušteda u vremenu, jer se pri komisioniranju ne mora spuštati i vraćati paleta da bi se izkomisionirala određena količina materijala, a takođe i mogućnost uskladištenja materijala. Ovaj koncept primenjuje se kod materijala koji nemaju veliki obrt, naime, ovakav sistem predinsticiran je za materijale koji imaju mali do srednji obrt, to jest broj izmena u strukturi materijala u skladištu.



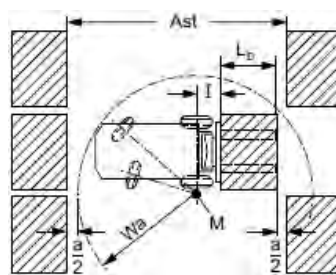
Komisioni slagač	Brzina kretanja	Visina podizanja	Nosivost	Snaga pogona	Visina slaganja
	9 km/h do 11 km/h	Do 14,5 m	10 kN do 15 kN	15 kW do 27 kW	8 do 14 paleta

Slika 4.37. Komisioni slagač

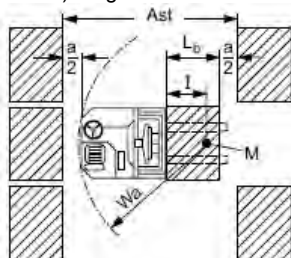
U postojećem layout-u širina radnog prostora može da predstavlja ograničavajući element u korišćenju nekih slagača, što zahteva određene analize kod izbora tehnoloških rešenja, slika 4.38.



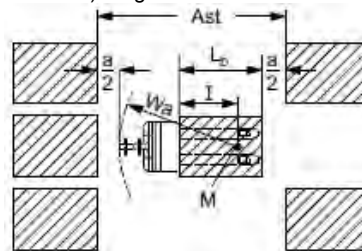
a) Slagač sa tri točka



b) Slagač sa četiri točka



c) Slagač sa pomerenim težištem



d) Slagač sa težištem u viljuškama

Slika 4.38. Širine prolaza kod opterećenih slagača

Potrebna širina radnog prostora ( $A_{st}$ ) kod čeonih slagača određuje se izrazom:

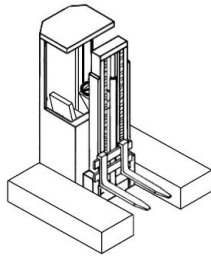
$$A_{st} = a + W_a - I + Lb \quad (mm)$$

gde je:  $a$  – zaštitna zona (200 mm),  $W_a$  – spoljni radius okretanja u mm,  $I$  – udaljenje od tačke oslonca prednjeg točka do čela viljuške (deklariše proizvođač – okretanje oko težišta) u mm,  $L_b$  – širina ili dužina materijala (palete, sanduka, boks kutije) u mm.

### Četvorostrani slagač

Ovaj konstruktivan oblik slagača ima slična tehnička rešenja uređaja za dizanje kao slagač sa potiskujućim ramom. Veoma je karakterističan sistem za upravljanje vozilom na sva četiri točka, koliko ih po pravilu ima, rotiraju se za  $90^\circ$  čime se obezbeđuje okretanje u mestu kao i bočno kretanje bez potrebe za manevrisanjem kao kod konvencionalnih sistema, što mu obezbeđuje izvanredne manevarske mogućnosti. Ovakvom rotacijom slagač se bez dodatnog manevra kreće bočno, levo-desno ili napred-nazad, slika 4.39.

Pogon je po pravilu izveden kao elektrobaterijski. Nosivosti iznose 2 kN do 10 kN. Princip rada četvorostranih slagača zasniva se na rotaciji nosača točkova oko vertikalne ose. Prve konstrukcije nisu bile dovoljno sofisticirane, a danas su kod savremenih slagača ugrađeni upravljački sistemi kojima se reguliše rad preko mikoprocссора, čime je postignuto optimalno kretanje u različitim uslovima.

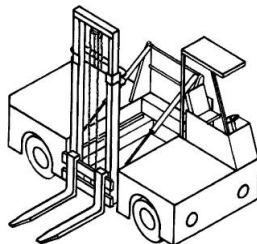


Slika 4.39. Četvorostrani slagač

Ova vrsta se slagača proizvodi sa sedištem za vozača ili s rudom i bez mesta za vozača. Zbog visoke cene retko se koristi za transport paleta već je prvenstveno namenjen za transport profila, građe i uopšte materijala velike dužine.

### Bočni slagač

Bočni slagač je kombinacija kolica sa platformom sa uskom kabinom za vozača i potisnog rama za dizanje tereta, kakav je već prethodno opisan kod pojedinih konstrukcija slagača. Uređaj za podizanje postavljen je na sredinu vozila i kreće se poredno pri zahvatanju i odlaganju tereta upravno na podu u osu vozila, slika 4.40.

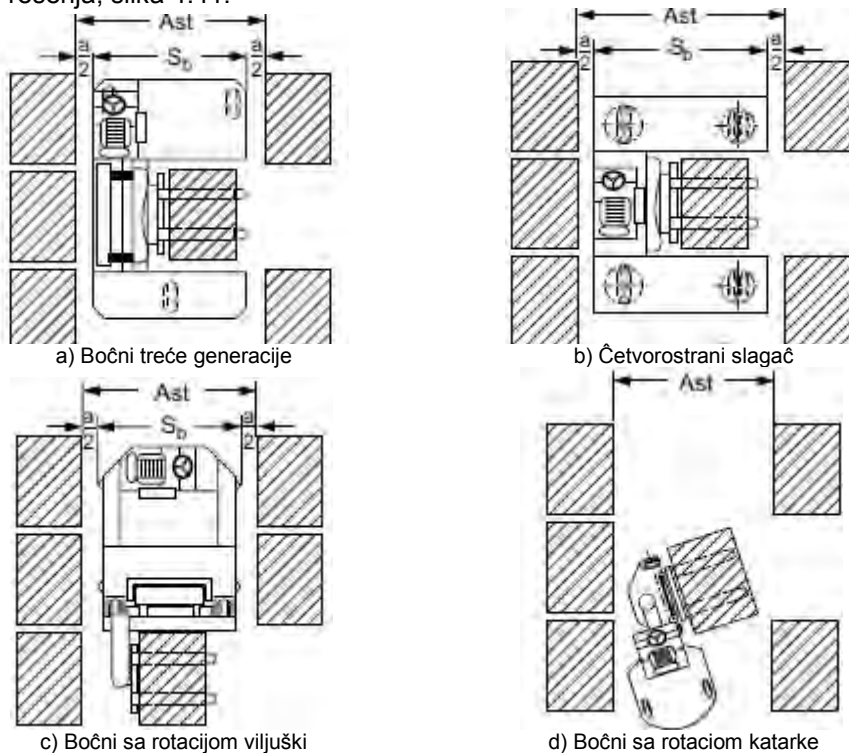


Slika 4.40. Bočni slagač



Kada se teret zahvati odnosno kada se uređaj za zahvatanje vrati nazad, teret ne leži na zahvatnom uređaju, već na platformi (šasiji). Zahvatanje se realizuje samo sa jedne strane. Bočni slagač je po pravilu izveden sa četiri točka. Pogon mu je po pravilu izveden sa termičkim motorom, mada u poslednje vreme ima varijanti sa elektrobaterijskim pogonom. Utovar drumskih vozila, železničkih kola i u opšte pretovar dugih materijala (metalnih profila, građe i dr.), vrši se isključivo sa bočne strane vozila. Varijante sa velikom nosivošću koriste se u pretovaru ISO kontenera. Prema nosivosti (TEREX), mogu biti: laki 30 kN do 40 kN, srednji 50 kN do 60 kN i teški 80 kN do 550 kN.

Širina radnog prostora kod bočnih slagača, takođe može da predstavlja ograničavajući element u korišćenju, što zahteva određene analize kod projektovanja tehnoloških rešenja, slika 4.41.



Slika 4.41. Širine prolaza kod bočnih slagača

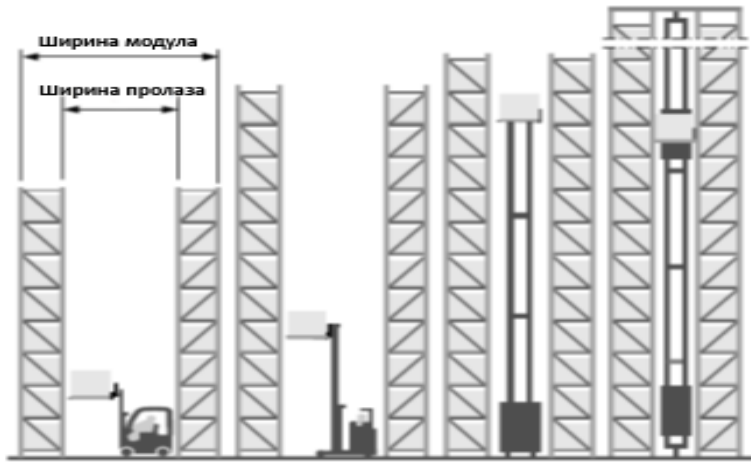
Potrebna širina radnog prostora ( $A_{st}$ ) kod opterećenih bočnih viljuškara određuje se izrazom:

$$A_{st} = a + S_b \text{ (mm)}$$

gde su:  $a$  – zaštitna zona (200 mm),  $S_b$  - maksimalna širina viljuškara sa materijalom u mm

Treba znati da veće širine radnih prolaza obezbeđuju veće radne učinke i umanjuju oštećenja materijala, tako da je izbor širine radnih prolaza u suštini kompromis između kapaciteta i angažovane površine. Upoređujući osnovne indikatore performansi najviše korišćenih sredstava mehanizacije u skladišnim tehnologijama može se uočiti da regalni liftovi imaju najmanje širine prolaza i modula a najveće visine

dizanja, što ukazuje na njihovu sposobnost velikog kapaciteta na malom prostoru najviše zahvaljujući trećoj dimenziji, slika 4.46.



Sredstvo	Čeonu slagач (1)	Slagač sa potiskujućim ramom (2)	Visoko regalni slagач za uske prolaze (3)	Regalni lift (4)
Visina dizanja	8,5 m	12 m	13 m	55 m
Širina prolaza	> 3000 mm	2700-2800 mm	1500-1700 mm	750-1500 mm
Širina modula	> 5000 mm	5100-5200 mm	3900-4100 mm	3150-3900 mm

Slika 4.46. Širine prolaza i modula različitih sredstava

### Kapacitet slagача

Transportno-manipulativna sredstva izraziti su predstavnici grupe sredstava sa tzv. cikličnim dejstvom. Ciklična sredstva premeštaju materijale u ciklusima, pri čemu se ciklus definiše kao vreme između dva uzastopna zahvata materijala. Prost ciklus sadrži dve faze, i to deo transportnog procesa u kome se materijal premešta između dve tačke, u tovarnom stanju i deo vremena u kome se sredstvo vraća, to jest premešta na početno mesto radi novog zahvatanja materijala u praznom stanju. Složen ciklus ne sadrži prazan hod, već se u obe faze kretanja sredstva prenosi materijal. U realnim procesima pojavljuje se kao moguća opcija, ali u mnogim slučajevima nema uslova za njegovu primenu, uz napomenu da je primena ovog koncepta veoma poželjna. Bazična formula za proračun tehničkog (časovnog) transportnog kapaciteta kod sredstava sa cikličnim dejstvom izgleda:

$$Q_t = \frac{1}{3600} G_{KN} C \text{ t/h}$$

gde su:  $G_{KN}$  – prosečna masa koja se premešta u jednom ciklusu t,  
 $C = 3600/t_c$  – prosečan broj ciklusa koje vozilo može da realizuje u toku sata,  $t_c$  – vreme trajanja jednog ciklusa s.

Vreme ciklusa slagача složen je i sastoji se iz skupa tehnoloških vremena. Slagač ima šire funkcionalne mogućnosti, tako da se u opštem slučaju efektivno trajanje ciklusa tehnološke operacije utovara može prikazati kroz sledeće intervale:

- $t_1$  – vreme potrebno da se ram postavi u vertikalni položaj, eventualno spusti ili podigne viljuška, zahvati jedinicu tereta i izvuče hodom nazad, iznosi 10 s do 15 s,
- $t_2$  – vreme okretanja slagača po zahvatanju jedinice tereta, pri okretanju za  $90^\circ$  iznosi 6 s do 8 s, a ukoliko je okretanje za  $180^\circ$ , tada iznosi 10 s do 15 s,
- $t_3$  – vreme kretanja slagača sa jedinicom tereta  $t_3=L/V_{st}+t_g$ , gde su:  $L$  – srednja dužina prenosa,  $V_{st}$  – srednja brzina kretanja slagača u tovarenom stanju i  $t_g$  – vreme gubitaka u vožnji, u s,
- $t_4$  – vreme postavljanja rama u vertikalni položaj, 2 s do 3 s,
- $t_5$  – vreme podizanja jedinice tereta,  $t_5=H_d/V_d$ , gde su:  $H_d$  srednja visina dizanja i  $V_d$  brzina dizanja, u s,
- $t_6$  – vreme odlaganja (slaganja) jedinice tereta, 5 s do 8 s,
- $t_7$  – vreme naginjanja – vraćanja rama u vertikalni položaj radi izvlačenja viljušaka ispod jedinice tereta, 2 s do 3 s,
- $t_8$  – vreme spuštanja neopterećenih viljušaka, odnosno zahvatnog organa,  $t_8=H_s/V_s+t_g$ , gde su:  $H_s$  – visina spuštanja i  $V_s$  – brzina spuštanja, u s,
- $t_9=t_2$  – vreme okretanja slagača u s,
- $t_{10}$  – vreme kretanja slagača bez materijala do početnog mesta zahvatanja materijala,  $t_{10}=L/V_{sr}+t_g$ , gde su:  $V_{sr}$  – srednja brzina kretanja slagača u praznom stanju u s.

Na kraju ciklusa može se dodati i  $t_{11}$  – vreme vraćanja mehanizma u početni položaj u s. Ukupno vreme ciklusa nije prost zbir prethodno opisanih parcijalnih vremena, zato što slagač pojedine operacije izvodi paralelno i mora se uzeti u obzir odgovarajući korektivni faktor koji se definiše kao koeficijent dvojnih aktivnosti  $\rho_1 = 0,85$ . Tako će se u toku ciklusa javljaju uvećana zadržavanja slagača na pojedinim aktivnostima, čime se produžava trajanje tih aktivnosti, a time i ukupno vreme ciklusa, koje se definiše koeficijentom gubitka vremena u toku ciklusa  $\rho_2 = 1,20$ . Konačno vreme ciklusa utvrđuje se preko izraza:

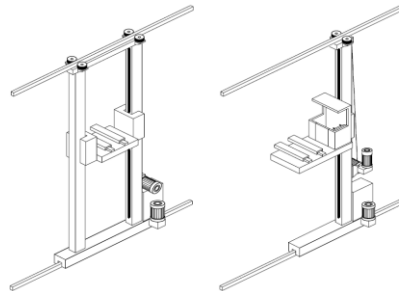
$$t_c = \rho_1 \rho_2 \sum_1^{10} t_i \text{ (s)}$$

Ukoliko se umesto viljušaka nalazi neki drugi radni organ (hvatači za oble materijale, mehanička ruka ili kašika, trnovi i dr.), tada se u okviru ciklusa javljaju dodatne tehnološke aktivnosti u radu tim organom: vreme otvaranja radnog organa, vreme zahvatanja tim organom, vreme okretanja materijala u položaj pogodan za prenos, vreme okretanja materijala radi ostavljanja na mesto istovara i dr. Trajanje ovih aktivnosti zavisi od tehničkih karakteristika radnih organa, odnosno slagača. Ako slagač prilikom utovara, pretovara ili istovara obavlja aktivnosti unutar transportnog sredstva, javljaju se dodatne aktivnosti u vezi sa njegovim manevrisanjem. Prilikom formiranja transportnog ciklusa neophodno je uzeti u obzir specifičnosti mesnih uslova rada, vrstu tehnološke operacije (utovar, pretovar, istovar), redosled izvođenja aktivnosti. U svetu postoji veliki broj proizvođača ovih sredstava od kojih su najpoznatiji: *Linde, Yungheinrich, Kalmar (Gargotec Austria GmbH), Yale, Hyster, Mitsubishi, Cat Lift Truck, Crown, Toyota*, i dr.

#### 4.5.2. Regalni liftovi

Regalni liftovi (VDI 2361) su transportno-manipulativna sredstva sa manuelnim ili automatskim upravljanjem za opsluživanje visokoregalnih skladišta. Proces prenosa podataka u upravljačkom sistemu realizuje se radio putem, kablom ili preko kliznog provodnika, infracrvenim zracima i izuzetno induktivno. Kabina rukovalaca je opremljena terminalom koji kod sistema za komisioniranje ima izuzetan značaj. Oni se po pravilu kreću po podu i to voćeni šinama. Izuzetak čine stare verzije koje su bile okaćene o regalnu konstrukciju, ali je danas taj koncept napušten. Posmatrajući evoluciju transportnih sistema može se zaključiti da su regalni liftovi izvedeni iz kрана slagača.

Regalni lift (Stacker crane, Storage retrieval system -S/RS)	
Vrsta tereta	Paleta, konteneri, komadni materijali
Nosivost	15 kN (do 400 kN)
Brzina kretanja	4 do 6 m/s (pal./boks.kut)
Brzina podizanja	2 do 3 m/s (pal./boks.kut)
Visina	15 m do 55 m
Ubrzanje	3 m/s <sup>2</sup>
Širina prolaza	750 mm do 1500 mm



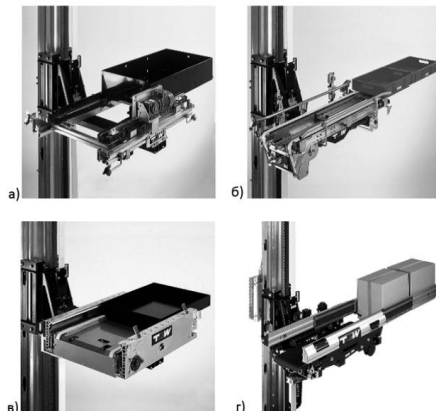
Slika 4.47. Regalni lift sa dva i jednim vertikalnim nosačem

Regalni lift se kreće po hodnicima između redova regala. Primenom ove tehnike stvoreni su uslovi za veliko povećanje visine regala, a time je postignuto i bolje iskorišćenje površine i zapremine skladišta. Visokoregalna skladišta danas se grade sa visinama do 55 m i dužinom do 150 m. Regali su u visokoj meri integrisani u građevinski objekat, odnosno oni često čine i kostur objekta koji nosi panele i predstavlja spoljne zidove skladišta. Regalni liftovi se grade sa jednim i dva vertikalna nosača, slika 4.47. Vertikalni nosači izvedeni su kao kutijasti profili, dok se kod lakih varijanti za boks kutije koriste presovani aluminijumski nosači. Pogon je po pravilu izveden sa elektromotorima, napajanje je preko kabla ili kliznog provodnika. Regalni liftovi sastoje se od sledećih glavnih grupa: vertikalnih nosača, voznog postroja, kolica za dizanje, zahvatnog uređaja i upravljačkog sistema.

Vozni postroj sastoji se od trčućih i vodećih točkova i pogonskog sistema. Kolica za dizanje kreću se vertikalno po vertikalnim nosačima, dok je upravljački sistem smešten u unutrašnjost vertikalnih nosača. Na kolica za dizanje kači se zahvatni uređaj, a kod manualnog upravljanja dodatno se postavlja i kabina za opsluživanje. Regalni lift je pre svega predviđen za skladištenje i izskladištenje standardizovanih jedinica tereta (paleta, boks kutije-kontenera), takođe se može koristiti i za druge oblike komadnih tereta a to su uglavnom specijalni oblici malih kontenera, tableri i kartonske kutije. Značajna primena je u sistemima za komisioniranje po principu *čovek ka teretu*.

Za uskladištenje i izskladištenje koriste se različiti oblici zahvatnih uređaja. Vrsta i broj zahvatnih uređaja koji se postavljaju na kolica za dizanje zavisi u velikoj meri od kapaciteta i načina rada sistema, kao i od uređaja prijemne i otpremne zone.

Osnovni princip predaje tereta je određen oblikom i masom jedinice tereta. Kod paleta mase do 300 kg se koriste teleskopske viljuške. Primenom ove tehnike ne dolazi do relativnog kretanja između jedinice tereta i faha (regalne ćelije) u kojoj leži jedinica tereta, tako da nema pojave horizontalnih sila u regalnoj konstrukciji. Ovaj proces zahteva sekvencijalno odvijanje kretanja (pozicioniranje pored faha gde leži paleta, izvlače se viljuške, kratko podignu i viljuške se uvuku).



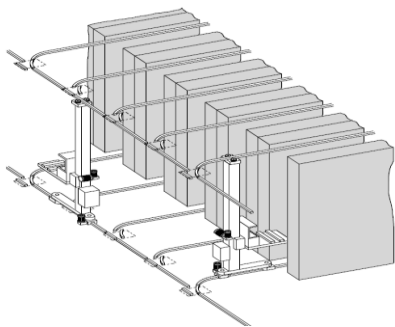
Legenda: a) Sistem sa potezanjem, b) Varijanta sa teleskopom, v) Gumeni kaiševi, g) Grafer  
Slika 4.48. Uređaji za zahvatanje malih boks kontenera i tablara

Kod specijalnih skladišnih jedinica velike mase, kao što su rolne papira za grafičku industriju ili palete u vazдушnom transpotu (*Unit Load Devices*), ne primenjuju se teleskopske viljuške. U ovakvim okolnostima se koriste valjkasti transporter. U oblast lakih komadnih tereta (malih boks kutija, tablara, kartonaž e) koriste se različiti oblici zahvatnih uređaja. Jedan od načina je povlačenje jedinica, što se odvija bez problema, jer imaju glatko dno i malu masu. Različiti oblici ovih uređaja su prezentirani na slici 4.48. Uobičajena nosivost je do 10 kN, mada postoje varijante za specijalne slučajeve gde je nosivost 50 kN, pa i preko 400 kN. Standardni uređaj za rukovanje paletama imaju obično brzinu kretanja 240 m/min, a kod nošenja boks kutija ta brzina je veća i kreće se do 360 m/min. Brzina kretanja kod rukovanja paletom limitirana je zbog opasnosti klizanja tereta na paleti. Brzina podizanja je 80 m/min kod nošenja palete, a kod boks kutija je i do 120m/min. Granično ubrzanje je takođe limitirano opasnošću od klizanja tereta na nosaču tereta.

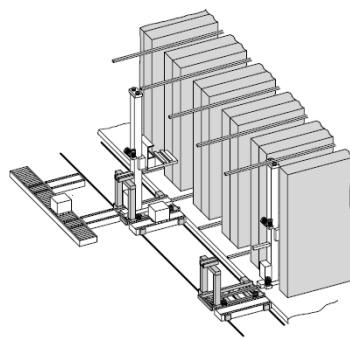
U standardnim slučajevima kapacitet regalnog sistema i regalnog lifta dimanzionalno su usaglašeni, tako da se u jedan hodnik najčešće instalise jedan lift. Ovaj koncept pripada počecima razvoja ove tehnologije. U realnim situacijama potrebe u jednom hodniku su znatno manje od stvarnog kapaciteta jednog regalnog lifta, što je pospešilo razvoj sistema koji omogućavaju rad jednog regalnog lifta u više hodnika, što se postiže primenom dva sistema, sistem sa skretnicama i tzv. sistem sa prebacivačem.

#### *Regalni liftovi sa skretnicama*

Ova vrsta regalnih liftova suprotna je konceptu kada u jednom hodniku opsluživanje realizuje jedan lift. Ovaj koncept se zaniva na mreži i šinskih vođica koje su opremljene krivim segmentima i skretnicama. Lift se jednostavno preko opisanih elemenata prebacuje iz hodnika u hodnik, slika 4.49.



Slika 4.49. Regalni lift sa skretnicama



Slika 4.49. Regalni lift sa prebacivačem

Ovo rešenje, pored prednosti koje obezbeđuje na planu iskorišćenja lifta, skuplje je produženo je vreme ciklusa. Zbog cele instalacije prisutni su i određeni gubici u prostoru. Regalni liftovi sa prebacivačem je još jedna mogućnost koja obezbeđuje bolje iskorišćenje regalnih liftova kroz prebacivanje liftova iz jednog hodnika u drugi. Prebacivač je specifična konstrukcija izvedena u obliku kolica, koja se kreće po šinama u čeonom delu regalnog skladišta, slika 4.45. Sve što je rečeno za prethodni slučaj po pitanju dobrih i loših svojstava, važi i za ovu regalne liftove sa prebacivačem, slika 4.49.

Ako bi se poredili ključni indikatori pojedinih transportno-manipulativnih sistema, došli bismo do značajnih saznanja u vezi sa izborom sredstava za rad u skladištima. Poređena su četiri najčešće korišćena sistema, pri čemu regalni lift ima najveću visinu slaganja, najmanje potrebnu širinu prolaza i najmanju širinu modula, što svakako ima uticaja na troškove gradnje skladišta i drugih proizvodnih površina.

#### 4.5.3. Dizalice

Sa aspekta tehnološkog značaja, u realizaciji TPS procesa dizalice su najznačajniji predstavnik grupe pretovarnih mašina s cikličnim dejstvom. Primarni zadatak dizalica jeste vertikalno podizanje i spuštanje materijala, kao i horizontalno prenošenje u okviru ograničene zone, koja je određena konstruktivnim karakteristikama dizalice. U skladu sa opštim tehničko-tehnološkim razvojem, došlo je i do razvoja dizalično-transportnih sredstava, tako da se danas u realizaciji TPS procesa koristi relativno veliki broj različitih konstruktivnih oblika dizalica. Pri razvrstavanju dizalica postoje različiti kriterijumi: namena u procesu proizvodnje, vrsta pogona, konstrukcija, veličina, mobilnost, prema dohvatu strele (kolicima ili teleskopom), i dr.

Sa aspekta konstrukcije dizalice se razvrstavaju na: mosne, ramne (portalne), auto-dizalice i specijalne.

Prema vrsti pogona, dizalice se razvrstavaju u nekoliko grupa, sa: manuelnim, električnim, termičkim i kombinovanim pogonom.

Pojedini konstruktivni oblici iz prethodno navedenih grupa, često se razvrstavaju prema nameni, odnosno mestu lokacije: industrijske, livacke, lučke portalne, plovne, na gusenicama, dizalice ugrađene na drumska vozila i dr. Sve su one izvedene iz neke od prethodno navedenih grupa, jer se koriste u specifičnim uslovima, što je uslovalo različite noseće konstrukcije. Prema mobilnosti mogu biti: stabilne i mobilne. Stabilne su fiksirane za jedno mesto rada: stubne bez gornjeg oslonca, stubne s

promenljivim dohvatom (derik kranovi), zidne s korpom i sl. Mobilne su sve one koje nisu vezane za jedno mesto rada i po potrebi menjaju svoju lokaciju.

Usled razlika u radnom opterećenju, standardima su definisani i odgovarajući sigurnosni indikatori, neophodni za dimenzionisanje elemenata dizalice na bazi radnog reţima, odnosno pogonske klase dizalice. Za definisanje pogonske klase dizalice koriste se dva indikatora:

- učestalost korišćenja (A – povremen rad, B – redovan rad, C – intenzivan rad sa kraćim prekidima, i D – teţak višesmenski rad),
- stanje opterećenosti (lako – diţe manje materijale od nominalne nosivosti, srednje – diţe materijale 1/3 nominalne nosivosti, teško – diţe materijal 1/3 do 2/3 nominalne nosivosti, vrlo teško – diţe materijale blizu nominalne nosivosti).

Učestalost korišćenja, je performansa koja uzima u obzir broj radnih ciklusa dizalice u jedinici vremena, odnosno u toku čitavog radnog veka ( $6,3 \cdot 10^4$ ,  $2 \cdot 10^5$ ,  $6,3 \cdot 10^5$ ,  $2 \cdot 10^6$ ). Stanje opterećenosti pokazuje koliko dizalica prosečno manipuliše maksimalnim ili nekim materijalima manje mase ( $K=0,125$ ,  $0,25$ ,  $0,50$  i  $1,00$ ). Postoje četiri pogonske klase dizalica:

- prva klasa – laki reţim (mosne dizalice sa manuelnim pogonom, montaţne dizalice u energetskim postrojenjima, industrijske dizalice za povremenu upotrebu, mosne za odrţavanje i druge za povremeno dizanje materijala),
- druga klasa – srednji reţim (dizalice u radionicama, skladištima, livnicama),
- treća klasa – teški reţim (dizalice sa čestim uključivanjem i visokim opterećenjem, za rad u čeličanicama, valjaonicama, livnicama),
- četvrta klasa – veoma teţak reţim (dizalice sa kontinualnim radom u livnicama, sa grabilicom i magnetom, pri velikoj učestalosti rada).

Pogonske klase, koriste se kod izbora nominalne nosivosti i glavnog pogona dizalice. Bez obzira na podele, vrstu i tip, svaka dizalica ima određene tehničko-tehnološke performanse, koje je karakterišu: tip, vrstu pogona i nosivost, stepena slobode, domet i raspon rada, sopstvenu masu i teţinu, masu prateće opreme, brzinu rada, broj okretaja, instalisanu snagu i dr., na osnovu čega se određuju uslovi korišćenja.

#### *Dizalice sa manuelnim pogonom*

U grupi ovih sredstava nalaze se uređaji kojima se rukuje manuelno a to su: ručne lančane (flašecung), dizalice sa sajlom (trifor), vitla i dvošinska prenosna kolica koja sluţe kao pomoćna sredstva u proizvodnim procesima, slika 4.50.



Slika 4.50. Manuelni podizni uređaji

Ručne lančane dizalice lake su dizalične mašine pogodne za široku primenu u industriji, a naročito na poslovima montaže. Glavne svojstva ovih dizalica su kompaktnost i laka konstrukcija, što ih čini jednostavnim za instalaciju, upotrebu i održavanje. Mogu se koristiti zajedno sa kolicima kao pokretne lančane dizalice. Materijal se rukuje jednostavnim povlačenjem ručnog lanca ili specijalne poluge (lančane, sa poliesterskom trakom ili sajlom). Sigurnost dizanja i spuštanja materijala na željenu visinu (do 30 m) garantuje kočioni sistem, koji je zajedno sa ostalim delovima dizalice testiran sa 25% preopterećenja korisnog materijala (4:1). Pored standardnih tipova lančanih dizalica, na zahtev isporučuju se i specijalni EX tipovi dizalica, namenjeni za rad u prostorijama gde su prisutni zapaljivi gasovi. Korisna nosivost ručnih dizalica iznosi 2,5 kN do 50 kN, broj nosećih lanaca 2-10, broj prenosnika 1-2. Potrebna sila na ručnom lancu za korisnu nosivost 28 kN do 2x30 kN, Podizna visina materijala pri 30 m ručnom lancu 83 mm do 860 mm, najmanje rastojanje između kuka 420 mm do 1400 mm, masa za visinu dizanja do 4 m, iznosi 14 kg do 376 kg, masa za dodatni 1m dizanja 3 kg do 40 kg. Tirfor ima nosivost 8 kN do 32 kN.

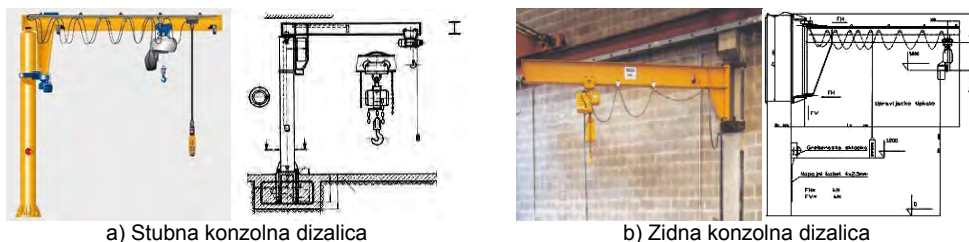
### Mosne dizalice

Mosne dizalice su najrasprostranjeniji oblik dizalice u intralogistici, pri čemu treba imati u vidu da se kod njih u zavisnosti od vrste zadatka pojavljuju različiti oblici, to jest konstruktivne varijante. Mogu se svrstati u nekoliko grupa:

- konzolne (stubne i zidne fiksne ili pokretne),
- slagači sa kabinom i bez kabine,
- viseće ili ležajuće na monošinskim sistemima (modulima),
- specijalno namenske, prilagođene posebnim zahtevima u industriji.

### Konzolne dizalice

Konzolna dizalica pripada grupi specifičnih mosnih dizalica koje se koriste u proizvodnim halama, remontnim radionicama ili skladištima gde je potrebno translatorno prenošenje materijala. Po konstrukciji mogu biti stubne ili zidne sa posebnim čeličnim nosačem, slike 4.51. Stubna konzolna dizalica, sastoji se iz jednog vertikalnog nosećeg stacionarnog stuba na kome je postavljen jedan ili dva nosača (horizontalne grede) po kojima se nezavisno kreću, daljinski upravljani, viseći uređaj za zahvatanje materijala i/ili kolica za dizanje – spuštanje i prenošenje materijala. Horizontalne grede mogu biti građene u obliku šine (I-profla) ili posebno izvedenih profila. Stubne imaju različite dužine konzola a time i raspon rukovanja 2 m do 10 m i nosivosti 1 kN do 100 kN, sopstvene mase od 100 kg do 700 kg. Rade u radijusu do 360 stepeni ukoliko su sa jednom konzolom ili 230 do 270 stepeni sa dve konzole.



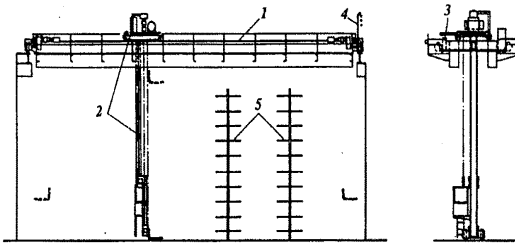
Slika 4.51. Konzolna dizalica



Zidna (okretna) konzolna dizalica je najprostiji tip dizalica. Sastoji se iz dva glavna konzolna nosača, povezana čeonim čeličnim nosačem ugrađenim (ankerovanim) u zidnu konstrukciju. Nosivost zidnih konzolnih dizalica iznosi 0,8 kN do 10 kN. Raspon rukovanja 2 m do 7 m i sopstvene mase 38 kg do 250 kg. Rade u radijusu do 180 stepeni.

### Mosna dizalica – slagač

Uvočenjem unificiranih i standardizovanih materijala (ravne i boks-palete, boks kutije) uočene su potrebe korišćenja treće dimenzije i to modifikovanjem klasičnih mosnih dizalica. Postizanje pomenutih ciljeva podrazumevalo je modifikaciju klasičnih mosnih dizalica uvočenjem sredstava koji omogućavaju aktivno zahvatanje, prenošenje, odlaganje i precizno vočenje pri dizanju i spuštanju materijala primenom teleskopskog uređaja, iz kojih su nastali slagači, slika 4.52. Kao zahvatni uređaj najčešće se koriste viljuške, dok je sistem za dizanje i spuštanje izveden u obliku teleskopskog stuba po kome se kreću kolica koja nose zahvatni uređaj sa kabinom rukovaoca ili bez nje. Dizalice slagači uspešno se koriste za rukovanje logističkim jedinicama u skladišnim zonama i manipulativnim površinama, to jest frontovima pretovara. Za razliku od drugih tehnologija koje se koriste za rukovanje materijalima u uslovima gde se materijalne jedinice slažu u na veliku visinu, kod dizalica slagača lakše se ostvaruje velika nosivost, koja varira u širokom dijapazonu od nekoliko kN do 500 kN.



Legenda: 1. Dvogredni most, 2. Kolica sa rotacionim stubom za viljuške, 3. Elektronapajanje, 4. Zaštitna mreža za napajanje, 5. Skladišni regali

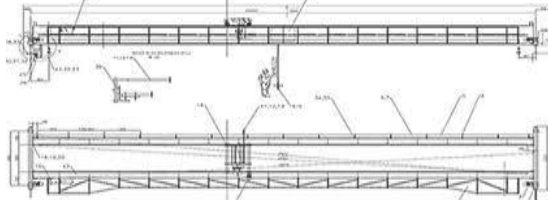
Slika 4.52. Dizalica slagač bez kabine

Značajno je da ovaj oblik dizalice ne zahteva veliki prostor za instalisanje i smešta se u tzv. *mrta* prostor koji se ne može koristiti u druge svrhe ili ispod krovne konstrukcije, a pri rukovanju materijalima nisu potrebni radni hodnici velike širine. Rukovalac dizalice ima dobre radne uslove, jer se kabina nalazi na stubu koji nosi zahvatni uređaj, čime je obezbeđen precizan rad vozača s male distance, uz potpunu preglednost radnog polja dizalice. Posebna prednost dizalice slagača jeste u tome što se pri gradnji skladišta ne moraju graditi skupi industrijski podovi idealno ravne površine, što je karakteristično za sisteme skladišta s velikim visinama slaganja koji se zasnivaju na primeni viljuškarske tehnologije.

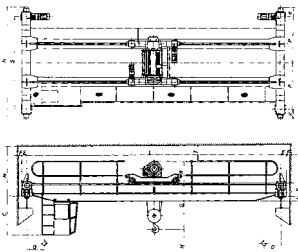
### Mosne viseće na monošinskim sistemima (modulima)

Ova specifična grupa mosnih dizalica predstavlja automatizovan transportni sistem koji se koristi u proizvodnim halama za transport komadnih materijala sa jednog na neko drugo radno mesto, što mosnoj dizalici daje veliku fleksibilnost. Strukturu ovog

sistema čine: jednogredni ili dvogredni nosač sa šinom za vočenje i kolica za nošenje materijala sa zahvatnim uređajem, slika 4.50 i 4.51. Kretna staza može da bude postavljena pravolinijski, krivolinijski i kombinovano u horizontali, ili pod maksimalnim uzdužnim nagibom do 6%. Ugao i radijusi krivina mogu da budu različiti, što zavisi od dužine rastojanja mesta ( $l=1,6$  m do 14,0 m) preko kojih se kolica oslanjaju na šinu. Promena pravca kretanja ostvaruje se preko posebnih skretnih elemenata: manuelno, elektro ili pneumatskim.



Slika 4.50. Mosna jednogredna dizalica sa visećim kolicima



Slika 4.51. Mosna dizalica sa dva nosača i ležećim kolicima



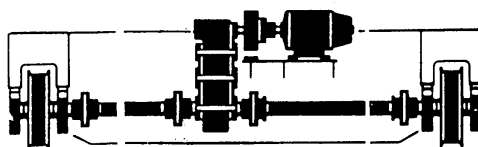
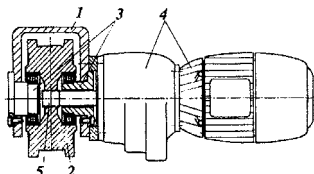
Prosečna nosivost ovih sistema se kreće 5 kN do 320 kN po posebnim zahtevima i više, a brzina prenosa materijala 6,3 m/min do 40 m/min, raspona (domen rada) 4 m do 20m, uz napomenu da se izbor nosivosti i raspon moraju bazirati na standardizovanim vrednostima. Pored visećih postoje i ležeći klasični monošinski sistemi kod kojih se kolica oslanjaju na stazu odozgo. Primena zavisi od raspoložive manipulativne površine.

Na čeonim nosačima nalaze se pogonski i slobodni točkovi preko kojih se dizalica oslanja, to jest kreće po visoko podignutim šinama iznad operativne površine, ili po nosećem zidu objekta. Broj točkova zavisi od mase, odnosno nosivosti dizalice. Kod većih nosivosti radi smanjenja i postizanja ravnomernog pritiska na stazu (šinu), točkovi se nalaze na tzv. balanserima. Nosači savremenih dizalica izrađuju se od čeličnih profila i limova kao varena konstrukcija sandučastog oblika. Duž glavnih nosača kreću se kontrolisano jedna ili dvoje kolica, tzv. vitlo (ili mačka). Na samim kolicima nalazi se mehanizam za horizontalno kretanje kolica i mehanizam za dizanje, odnosno spuštanje materijala. Kao noseći element kod mehanizma za dizanje, najčešće se koristi čelično uđe, dok se za hvatanje, to jest kačenje materijala, koriste razni oblici zahvatnih uređaja postavljenih na kolica: kuka, elektromagnet, pneumatski uređaj, klešta, priveznice u kombinaciji alka, škopac ili malotna sa kukom, klešta obešena na traverze, lančane hvataljke, dok se za hvatanje rasutih materijala koriste razni oblici grabilica. Tri su osnovna pogonska sistema kod dizalica:

- mehanizam za kretanje mosta, koji služi i za premeštanje dizalice sa materijalom ili pri praznom hodu (pogonom kretnih točkova po šinama ili putu bez šina),
- mehanizam za kretanje kolica, i

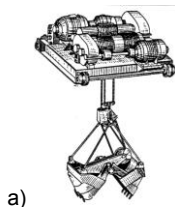
- jedan ili dva nezavisna mehanizma za dizanje i spuštanje zahvatnog organa, odnosno materijala (glavni i pomoćni).

Pogonski mehanizam za kretanje mosta i kolica izvodi se u dve varijante: s centralnim ili pojedinačnim pogonima. Kod sistema s centralnim pogonom mehanizam se nalazi na sredini glavnih nosača, dok se obrtni momenat do pogonskih točkova prenosi preko sistema vratila, slika 4.52a, dok je na slici 4.52b prikazana kompaktna konstrukcija kod pojedinačnog pogona. Kod pogona kolica koriste se analogna rešenja kao i kod mosta, to jest pogoni mogu biti s centralnim i odvojenim pogonom.

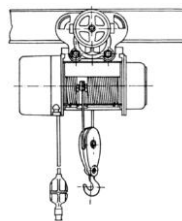


Legenda: a) Centralni pogon preko sistema vratila, b) Odvojena pogonska jedinica  
Slika 4.52. Pogonski sistemi za kretanje dizalice

Konstruktivni oblik kolica bitno zavisi od konstrukcije nosača. U praksi dominiraju dva oblika kolica: ležuća i viseća, slika 4.53.



a)



b)

Slika 4.53. Ležuća (a) i viseća kolica (b)

Rukovanje mosnom dizalicom može se vršiti: manuelno preko komandnog daljinskog uređaja sa operativne površine (radnog hodnika) sa kablom ili bez kabla, manuelno iz pokretne i/ili nepokretne kabine i automatski preko komputera. Izbor načina upravljanja zavisi od karakteristika toka materijala. Koncept tzv. *fleksibilnog toka materijala* doprinosi sve intenzivnijem uvođenju automatskog upravljanja u TPS procese. Prethodno dati opis mosne dizalice pre svega odnosi se na njihov konvencionalni oblik. Permanentna potreba za racionalizacijom procesa u intralogistici uslovlila je razvoj niza specijalnih oblika mosnih dizalica koji su posebno prilagođeni zahtevima procesa koje opslužuju, ali u određenim tehničkim detaljima koji se bitno razlikuju od konvencionalnih.

#### *Specijalne sa posebnim zahtevima u industriji*

Specijalne dizalice obuhvataju specijalno konstruisane za: komisioniranje u automatizovanim skladištima profila i cevi, slika 4.54a, procesnu integraciju u vidu jednošinskih sistema 4.54b, mosne dizalice za avio industriju, slika 4.54c, papirnu, reciklažnu, livačku i proizvodnju čelika. Ova grupa dizalica vrši premeštanje materijala (rasutog, komadnog) na podiznoj platformi sa specijalno oblikovanim posudama u obliku kade i kaveza, teleskopskih viljuški ili posebnih nosača rolni papira, čelika ili nekim drugim zahvatnim uređajem u zavisnosti od primene. Platforma se kreće horizontalno kod nekih može i vertikalno, duž krutih šina – vođica, postavljenih u modu-

larno skladišnom ili drugom proizvodnom sistemu. Kada se rukuje paletizovanim jedinicama viljuške su postavljene u obliku trostepenog teleskopa. Komisioniranje se vrši manuelno, automatski ili kombinovano. Nosivost platformi kreće se 50 kg do 5000 kg, visine dizanja od 6 m do 40 m u širini prolaza 700 mm do 1500 mm.

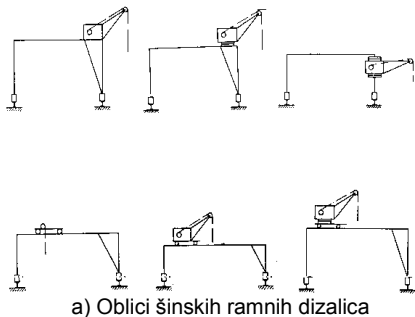


Slika 4.54. Prikaz varijanti mosnih dizalica u industriji

Posebnu grupu čine specijalne dizalice za rukovanje šipkastim materijalima koje zahtevaju širinu radnog prostora 8m do 12 m. Nosivost ovih dizalica je do 100 kN, a visine dizanja do 30 m. Svaka od dizalica ima individualni elektro pogon za pokretanje dizalice (1-2 motora) i poseban pogon za kretanje kolica, spuštanje i podizanje zahvatnog organa putem elektrovitla.

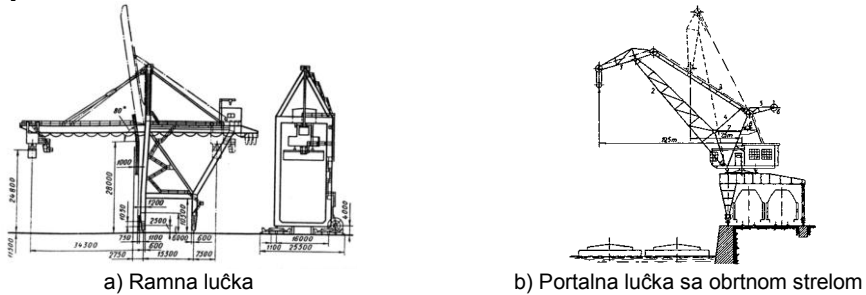
#### *Ramne – portalne dizalice*

Portalne dizalice, za razliku od mosnih, imaju šinsku stazu u ravni operativne površine ili su na poliuretanskim, retko na punim gumenim točkovima. Koriste se za rukovanje komadnim i rasutim materijalima u industriji pri remontu, logističkim terminalima i šire. Osnovni element ove vrste dizalica po kome je i dobila ime jeste noseća konstrukcija izvedena u obliku rama to jest portala. Ram se izvodi sa četiri ili dve noge (nosača) sa prepustom i bez njega. Dizalica koja ima noseću konstrukciju izvedenu sa četiri noge, definiše se kao ramna, a model sa dve noge definiše se kao poluramna. Na ramu se mogu nalaziti različite konstrukcije sa: električnim vitlom, obrtnom dizalicom, dizalicom sa strelom i dr., slika 4.45. Noseća konstrukcija izvodi se kao rešetkasta i/ili zatvorena, to jest sandučasta, s rasponom 12 m do 50 m, uz napomenu da rasponi mogu da budu znatno veći kada se ovaj oblik dizalice označava kao pretovarni most. Nosivost se takođe kreće u veoma širokom dijapazonu 50 kN do 500 kN.



Slika 4.45. Oblici ramne-portalnih dizalica

Posebnu klasu portalnih dizalica čine ramne dizalice velike nosivosti za istovar materijala iz velikih brodova, slika 4.56a.

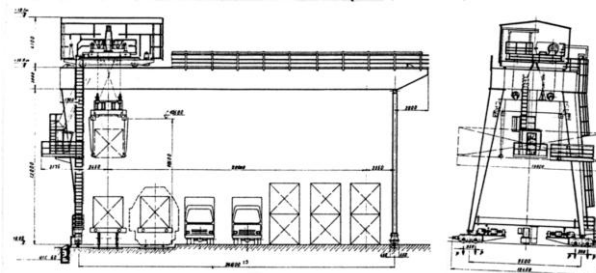


a) Ramna lučka

b) Portalna lučka sa obrtnom strelom

Slika 4.56. Ramna i portalna dizalica

Portalno-lučke dizalice sa obrtnom strelom nesumnjivo su najstariji oblik dizalice, čije je intenzivno uvođenje započelo početkom dvadesetog veka, slika 4.56b. Noseća konstrukcija – portal kreće se po šinskoj stazi koja je u ravni operative površine, na koju je vezan obrtni deo dizalice koji čine mašinska kućica i pokretna strela. Strela se izvodi kao jednostruka i dupla. Pri projektovanju konstrukcije strele osnovni uslov je obezbeđenje horizontalnog kretanja zahvatnog organa s materijalom pri promeni dohvata strele, u protivnom pojavljuju se dodatni otpori podizanja materijala. Rešenje sa duplom strelom konceptijski i tehnološki povoljnije je, to jest jednostavnije iz aspekta zadovoljenja prethodno pomenutog uslova. Nosivost se kreće 30 kN do 650 kN, brzina kretanja portala je do 20 km/h, brzina promene dohvata strele 40 m/min do 90 m/min, brzina obrtanja nadgradnje 1 obrta/min do 2 obrta/min, a brzina dizanja zahvatnog organa pri radu rasutim materijalima od 40 m/min do 80 m/min, dok je kod komadnih materijala brzina 40 m/min do 63 m/min, širine propusta do 30,5m, visine do 110 m, ukupne širine do 138 m i dužine i kapaciteta do 2000 t/h. Poseban impuls u razvoju ove vrste dizalica predstavljala je masovna pojava velikih ISO-kontenera. Zbog svojih dobrih tehničko-tehnoloških karakteristika, ramne dizalice postale su osnovni strukturni element ne samo u pomorskim kontenerskim terminalima, već i u kopnenim, to jest drumsko-železničkim terminalima, slika 4.57.



Slika 4.57. Portalna kontenerska dizalica u kopnenim terminalima

Portalne dizalice koriste se za pretovar kontenera u lukama. Po svojoj koncepciji slične su dizalicama za istovar rasutih materijala iz velikih brodova, što podrazumeva pokretnu strelu to jest njen otklon – prepust na vodnoj strani kako bi se omogućilo lakše, kvalitetnije rukovanje materijalom iz velikih brodova.

## Određivanje snage za pogon mosnih i portalnih dizalica

S obzirom na princip rada pojedinih konstruktivnih oblika dizalica, problem određivanja otpora, to jest snage koja treba da savlada te otpore generalno se svodi na određivanje snage:

- motora za pogon mehanizma za dizanje materijala,
- motora mehanizma za translatorno kretanje noseće konstrukcije i kolica.

Opšti princip određivanja snage za pogon mehanizama kod dizalice zasniva se na utvrđivanju otpora, to jest snage za ustaljeno kretanje i otpora inercije, koji nastaju u periodu ubravanja, to jest pokretanja odgovarajućeg mehanizma. U zavisnosti od odnosa ove dve veličine, to jest faktora preopterećenja motora, određuje se merodavna snaga za pogon.

Snaga motora mehanizma za dizanje izračunava se preko sledećeg izraza:

$$N_d = \frac{(G_t + G_{zu}) \cdot v_d}{1000 \cdot \eta_U} \times kW$$

gde su:  $G_{KN}$  – težina materijala (N),  $G_{zu}$  – težina zahvatnog uređaja (N),  $v_d$  – brzina dizanja (m/s),  $\eta_U$  (0,8 - 0,9) – ukupni stepen iskorišćenja mehanizma za dizanje.

Ovako utvrđena snaga predstavlja snagu koja je potrebna za stacionaran režim rada. Prilikom ubravanja, to jest puštanja u rad mehanizma za dizanje, potrebna je dopunska snaga za savlađivanje otpora inercije. Kako se elektromotor u kratkom intervalu može preopterećivati i kako je snaga za savlađivanje otpora inercije relativno mala za uobičajene brzine dizanja u odnosu na snagu za ustaljeno kretanje, ona se može zanemariti, što znači da se snaga za ustaljeno dizanje može prihvatiti kao merodavna za dimenzionisanje motora.

Snaga motora za kretanje noseće konstrukcije, odnosno kolica, takođe se određuje uz prethodno određivanje otpora. Otpor ustaljenog kretanja, to jest vožnje noseće konstrukcije, odnosno kolica, obuhvata više parcijalnih otpora:

- $W_1$  otpor kotrljanja točka po šini i trenja u lež ištima točka,
- $W_2$  otpor usled nagiba šinske staze,
- $W_3$  otpor vetra.

Otpor kotrljanja točka po šini i trenja u lež ištima točka izračunava se preko izraza:

$$W_1 = G_u \left( \mu \times \frac{d}{D} + 2 \times \frac{f}{D} \right) \quad N$$

gde su:  $G_u$  – težina koja opterećuje točkove mehanizma za kretanje i obuhvata težinu materijala, kao i sopstvenu težinu noseće konstrukcije, odnosno kolica, N  
 $\mu$  – koeficijent trenja za kotrljajuće ležajevе, 0,0015-0003,  $f$  – koeficijent trenja kotrljanja, 0,05 cm,  $d$  – prečnik osovine točka, cm i  $D$  – prečnik točka, cm.

Pri kretanju noseće konstrukcije, odnosno kolica, postoji i otpor trenja oboda točka o šinu. Ovaj otpor nastaje usled ukleštenja ili poprečnih sila ubravanja. Kako na nastajanje i veličinu ovog otpora utiče niz okolnosti, on se teško egzaktno utvrđuje. Iz pomenutih razloga, a radi uprošćavanja proračuna, njegov uticaj obično se uzima preko dodatnih koeficijenata „ $k_2$ “ i „ $\beta$ “. Ukoliko postoji nagib staze po kojoj se kreće noseća konstrukcija, uticaj tog otpora u proračunu uzima se u obzir obično kroz uvećanje sile pritiska točkova za  $G_u/300$  do  $G_u/500$ , tako da sledi:

$$W_1 + W_2 = G_u \left[ \left( \mu \cdot \frac{d}{D} + 2 \cdot \frac{f}{D} \right) + k_z \right] \cdot \beta \quad [N]$$

gde je :  $k_z = 0,005$  za klizne leđ ajeve,  $k_z = 0,00$  za valjkaste leđ ajeve kada primaju i bočne sile,  
 $k_z = 0,005$  za valjkaste leđ ajeve i točkove sa obodom i  $\beta = 1,7$  do 4 koeficijent zakoćenja.

Otpor vetra uzima se u obzir kod dizalica koje rade na otvorenom prostoru. Veličina ovog otpora zavisi od oblika dizalice i brzine vetra. Otpor vetra određuje se preko sledećeg obrasca:

$$W_3 = p_v \cdot S \quad [N]$$

gde su:  $r_v$  – specifični pritisak vetra  $N/m^2$  i  $S$  – stvarna površina izloženjena udaru vetra  $m^2$ .

Površina dizalice koja je izloženjena uticaju vetra određuje se na osnovu stvarnih dimenzija površina na koje deluje vetar, uključujući i površinu materijala. Pritisak vetra određuje se približno preko izraza  $r_v = 1,22 V_v^2$ . U sledećoj tabeli prikazane su karakteristične vrednosti za brzine, odnosno pritisak vetra.

Slab vetar	5,8 m/s = 21 km/h	4,1 N/m
Jak vetar	15 m/s = 54 km/h	280 N/m
Bura	25 m/s = 144 km/h	755 N/m

Na osnovu otpora ustaljenog kretanja i odabrane brzina translatornog kretanja, snaga potrebna za ustaljeno kretanje noseće konstrukcije, odnosno kolica, određuje se preko sledećeg izraza:

$$W_{uv} = W_1 + W_2 + W_3 \quad N$$

$$N_u = \frac{W_{uv} \cdot v}{1000 \cdot \eta_u} \quad kW$$

gde su:  $W_{uv}$  – otpor ustaljene vožnje (N) i  $v$  – brzina ustaljene vožnje (m/s).

Takođe je potrebno odrediti otpor, odnosno snagu potrebnu za savlačivanje inercijalnih sila. Prethodno je naglašeno da pri pokretanju odgovarajućeg mehanizma za kretanje pored otpora ustaljene vožnje, postoje i otpori inercionih sila od masa koje se translatorno kreću ili rotiraju. Otpori inercije mogu se izraziti na sledeći način:

$$W_i = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \frac{v}{t_b} \cdot \theta \quad N, \quad \text{i snaga} \quad N_i = \frac{W_i \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad kW$$

gde su:  $m_i$  – mase koje se translatorno kreću kg,  $v$  – brzina translatornog kretanja m/s,

$KN_b$  – vreme ubrzanja s,  $\eta$  – stepen korisnosti mehanizma,  $\theta$  – 1,1-1,2 faktor koji uzima u obzir mase koje rotiraju.

Snaga motora za kretanje noseće konstrukcije, shodno prethodno utvrđenim parcijalnim otporima, izračunava se preko sledećeg izraza:

$$N_{uk} = \frac{N_u + N_i}{\psi} \quad kW$$

gde su:  $N_u$  – snaga neophodna za ustaljeno kretanje, kW,  $N_i$  – snaga kojom se savlačuju otpori inercije u toku ubrzanja, kW i  $\psi$  – koeficijent preopterećenja elektromotora (1,7-2,0).

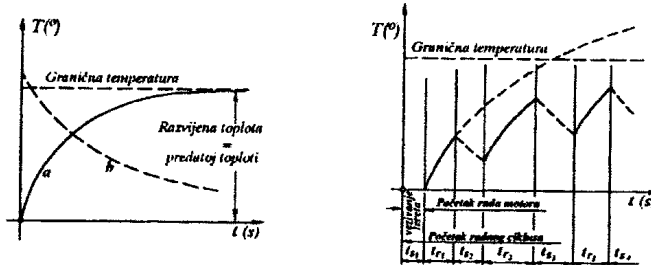
### Izbor elektromotora

Kod izbora elektromotora neophodno je da se zadovolje sledeća dva uslova:

- temperatura motora pri radu ne sme da prekorači propisanu vrednost, to jest granicu,

- snagu motora treba tako odabrati da motor bez negativnih posledica mođe da savlada povećane otpore pri pokretanju mehanizma.

Temperaturni nivo kod elektromotora pre svega zavisi od rešima rada. Krive zagrevanja motora jasno ilustruju temperaturni nivo elektromotora, u zavisnosti od rešima rada, slika 4.58.



Slika 4.58. Krive zagrevanja elektromotora pri neprekidnom i prekidnom radu

Uočeno je da kod neprekidnog rada temperatura postepeno raste dok ne dostigne ustaljenu graničnu vrednost pri kojoj je količina predate toplotne energije jednaka novo nastaloj. Pri intermitentnom pogonu u kome se smenjuju intervali rada ( $t_r$ ) i mirovanja ( $t_s$ ) motora u periodu rada temperatura raste, dok u periodu mirovanja ona opada. Ova zakonitost ukazuje na to da se u intermitentnom rešimu rada mođe odabrati motor manje snage, a time i jeftiniji. Da bi se ova osobina mogla iskoristiti na kontrolisan, to jest egzaktan način, uveden je pojam relativno trajanje rada  $ED_U$  (%). Relativno trajanje rada definiše se kao:

$$ED_U = \frac{\sum t_r}{\sum t_r + \sum t_s} \cdot 100 \%$$

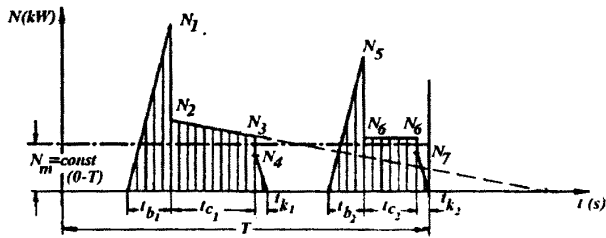
Relativno trajanje rada motora izražava vreme rada motora u odnosu na trajanje jednog ciklusa dizalice. Motori sa intermitiranim pogonom isporučuju se sa sledećim standardizovanim vrednostima 25 %, 40%, 60%.

Budući da dizalica radi po pravilu s promenljivim opterećenjem, pri izboru motora mora se proveriti da li on radi u propisanim temperaturnim granicama. Ova provera zasniva se na utvrđivanju srednje kvadratne snage. Srednja kvadratna snaga ( $N_m$ ) definiše se kao snaga motora koja je angažovana na čitavom intervalu, to jest ciklusu ( $KN_C$ ), pri kojoj se razvija ista količina toplote  $W_m = W_{AB}$  kao pri stvarnom opterećenju ( $N_i$ ) u intermitentnom rešimu rada, slika 4.59. Da bi se izabrao motor, potrebno je prethodno odrediti količinu toplote pri stvarnom opterećenju ( $W_m$ ) i snagu ( $N_m$ ):

$$W_m = C \cdot N_m^2 \cdot T = W_{AB} = C \sum_{i=1}^n N_i^2 \cdot t_i$$

odakle je: 
$$N_m^2 \frac{T}{T} \cdot 100 = \frac{\sum_{i=1}^n N_i^2 \cdot t_{ri}}{T} \cdot 100$$
 i konačno: 
$$N_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n N_i^2 \cdot t_{ri}}{T}} \quad kW$$





Slika 4.59. Radni dijagram dizaličnog postrojenja sa srednjom kvadratnom snagom

Nazivna snaga motora bira se na osnovu utvrđene srednje kvadratne snage za  $ED = 100$ . Da bi se prevela odgovarajuća vrednost nominalne snage motora, iz kataloga proizvođača za bilo koju vrednost  $ED$  koristi se sledeći izraz:

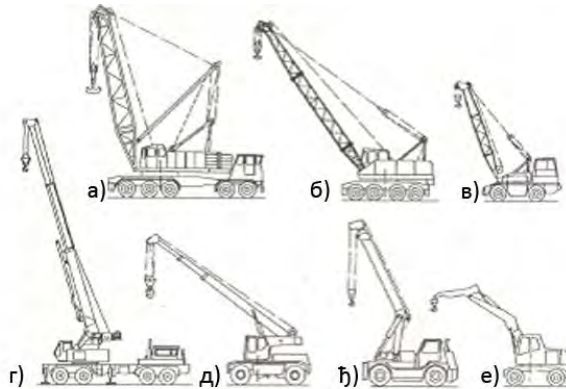
$$N_2 = N_1 \sqrt{\frac{ED_1}{ED_2}} \text{ kW}$$

gde su:  $N_2$  – odgovarajuća snaga za standardizovanu vrednost relativnog trajanja uključenja  $ED_2$ , kW  
 $N_1$  – odgovarajuća snaga za standardizovanu vrednost relativnog trajanja uključenja  $ED_1$ , kW.

#### Auto i polužne dizalice

Za razliku od konvencionalnih oblika, kod auto-dizalica kao noseća konstrukcija koristi se vozni stroj materijalnih drumskih vozila, ili posebno prilagođena konstrukcija izvedena od elemenata koji se koriste u gradnji materijalnih drumskih vozila. Ovako koncipirana vozna konstrukcija auto-dizalicama omogućava kretanje po javnim druskim saobraćajnicama, ali i po građevinski neobraćenim podlogama. Nosivost auto-dizalica kreće se u veoma širokom dijapazonu, od nekoliko kN pa do 1000 kN, brzine kretanja između 50 km/h i 70 km/h, broj osovin preko kojih se noseća konstrukcija oslanja na podlogu u zavisnosti od nosivosti kreće se u širokom dijapazonu od 2 do 10 osovin. Dizalice velike nosivosti prevashodno se koriste za specijalne materijale, a dizalice male i srednje nosivosti imaju znatno širu primenu u realizaciji pretovarnih zadataka kod TP.

U procesu razvoja auto-dizalica kao kriterijum za klasifikaciju korišćena su različita svojstva: broj kabina, broj pogonskih motora, putne karakteristike i konstrukcija strele kao osnovni kriterijum. Po ovom kriterijumu mogu biti sa: teleskopskom, rešetkastom i kombinovanom strelom. Dizalice sa teleskopskom strelom danas su dominantan oblik u proizvodnji dizalica kako za manje, srednje, tako i velike nosivosti. Konstrukcije s rešetkastom strelom su napuštene u proizvodnji, ali ih ima jako veliki broj u eksploataciji, slika 4.60 a,b,v. Teleskopska strela izvodi se kao višedelna, s tendencijom napuštanja pravougaonog preseka nosećih elemenata i prelaska na eliptičan presek s pogonom preko jednog teleskopskog cilindra, uz veliku primenu elektronskih komponenti koje omogućavaju jednostavnost pri rukovanju i visok stepen bezbednosti, slika 4.60 g,d,Č. Strela je sastavni deo posebnog obrtnog postolja postavljene na šasiji auto-dizalice, s mogućnošću rotacije, pri čemu se pogon izvodi preko hidrauličnog motora. Bazni segment strele zglobovno je vezan za obrtno postolje, uz mogućnost promene nagiba preko hidrauličnih cilindara. Broj segmenata strele određuje radijus dohvata i visine dizanja.

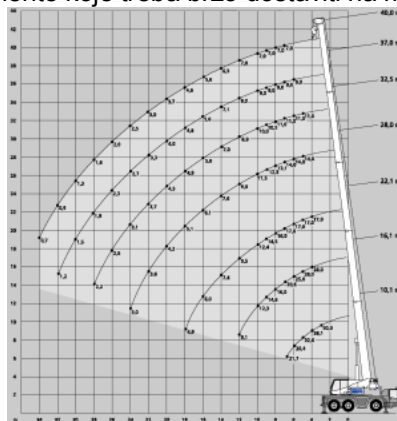


a) Rešetkasta strela sa dve kabine, b) Rešetkasta strela sa kabinom na kupoli, v) Rešetkasta strela na ramu dizalice, g) Teleskopska strela sa dve kabine, d) Teleskopska strela sa kabinom na kupoli, Ć) Teleskopska strela sa kabinom na ramu, e) Teleskopska sa lomljenom strelom

Slika 4.60. Oblici auto dizalica

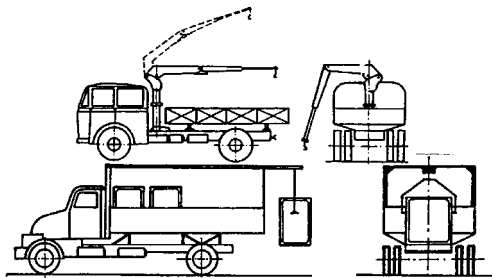
U relativno velikoj porodici raznih konstruktivnih oblika auto-dizalica često se sreće i varijanta sa strelom člankaste konstrukcije, tzv. polužne, slika 4.51e. Za ovaj oblik pre se može reći da je u pitanju modifikovan bager koji umesto kašika kao radnog organa koristi kuku ili grabilicu, u zavisnosti od vrste materijala koji pretovara.

Kao glavna tehničko-eksploataciona karakteristika auto-dizalica figurira tzv. bazna nosivost, koju dizalica postiže pri minimalnom dohvatu strele. Nosivost dizalice s porastom dohvata strele opada, slika 4.61. Kod dizalica je jasno uočljiva tendencija povećanja nosivosti, kao i visine dizanja. Ovu tendenciju treba posmatrati u kontekstu zahteva koji proizilaze iz savremene proizvodnje, koja često proizvodi velike, kabaste i veoma masivne komponente koje treba brzo dostaviti na mesto korišćenja.



Slika 4.61. Dijagram nosivosti kod auto-dizalica

Pored opisanih konvencionalnih konstrukcija auto-dizalica, primenjuju se i razni oblici specijalnih dizalica: dizalice za ugradnju na drumska vozila, lučke-plovne, železničke i dr. U grupi ostalih dizalica svakako najveći značaj imaju dizalice za ugradnju na drumska vozila. One se najčešće ugrađuju na klasična drumska materijalna vozila, a u određenim slučajevima i na poljoprivredne traktore, slika 4.62.



Slika 4.62. Oblici nadgradnje auto-dizalica sa: hidrauličkom rukom i hidrauličnim mosnim prenosnikom

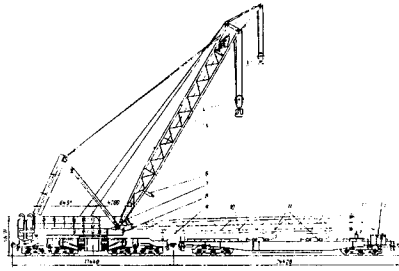
Uprkos činjenici da uvočenje ovakvih dizalica dovodi do redukcije nosivosti zbog uticaja sopstvene mase, ovako opremljena vozila postaju znatno fleksibilnija, obezbeđuju veće ubrzanje i humanizaciju procesa rada. Dizalica je s nosećim ramom vozila povezana preko centralnog stuba, koji se u radnom položaju dizalice preko hidrauličnih stabilizatora oslanja na podlogu radi ostvarivanja stabilnosti pri radu. Rotacija dizalice takođe se realizuje preko centralnog stuba pomoću zupčaste letve. Pogonski sistem kod ove vrste dizalica izvodi se kao hidrostatički. Komande za upravljanje radom dizalice izvode se dvojako: na vrhu centralnog stuba kada rukovalac sedi u specijalnoj korpi, ili se nalaze u nivou nosećeg rama vozila. Nosivost ovih dizalica kreće se najčešće u rasponu 0,5 kN do 10 kN s dohvatom strele 3 m do 12 m i sopstvenom masom u zavisnosti od nosivosti 0,2 kN do 0,4 kN. Zbog tesne povezanosti nosivosti i dohvata strele, nosivost se kod ovih dizalica izražava preko korisnog momenta podizanja. Razvoj ove vrste dizalica veoma je intenzivan, tako da se danas na tržištu nudi veoma širok asortiman, s tendencijom povećanja nosivosti i dohvata, uz različite opcije ugradnje na razne oblike vozila i radnih mašina.

#### *Ostale vrste dizalica*

Telesničke i plovne dizalice, kao i dizalice na gusenicama ubrajaju se, u grupu ostalih specijalnih kranskih dizalica jer je dizalični mehanizam postavljen kao nadogradnja na noseću šasiju i namenjen je različitim sredinama kretanja. Osnovna je razlika u elementima za kretanje (točkovi, pontoni, gusenice), nameni korišćenja, nosivosti, broju stepeni slobode kretanja i većoj ili manjoj stabilnosti.

**Telesničke dizalice** koriste se, za rukovanje materijalima velikih masa i dimenzija, na stanicama i posebno na otvorenoj pruzi u slučajevima nastanka železničkih udesa i havarija, slika 4.63. Pokreću se prema propisima eksploatacije železničkog saobraćaja u sastavu pomoćnog voza. Po svojoj nosivosti i tehnologiji rada strele, mogu se svrstati u dve grupe:

- lake dizalice, nosivosti 200 kN do 400 kN, sa preklapanjem radnih operacija (kretanje i promena dohvata strele), koje se koriste za ispomoć u pretovaru i
- teške dizalice, nosivosti 450 kN do 2000 kN, bez preklapanja radnih operacija, koje se koriste na jednom mestu prevashodno kod raščišćavanja udesa i havarija.

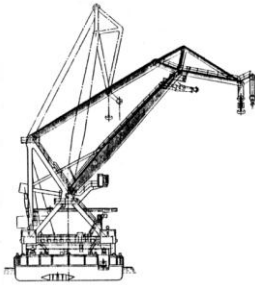


Slika 4.63. Prikaz železničke dizalice

U zavisnosti od vrste materijala kojim se rukuje, radni organ može biti: kuka, grabilica, elektromagnet, traverza ili neki drugi specijalni uređaj i koristi se uz poštovanje propisanog dijagrama opterećenja dizalice. Dizalični mehanizam postavlja se na četvoronožna, šestoonožna ili osmoonožna postolja, čime se obrazuju troonožna ili četvoronožna spojena postolja za prevoz dizalice. Pogon ovih dizalica zasnovan je na SUS motorima i najčešće je dizel-hidraulični ili dizel-električni. Brzina samostalnog kretanja ne prelazi 10 km/h, a pri prevozu dizalice na dugim rastojanjima može biti vučena i brzinom do 100 km/h. Standardni oblik železničkih dizalica nije u relativno dugom periodu bitnije menjan. Okretni deo dizalice sadrži i tipske elemente: (1) podižuću zategu, (2) blok s koturovima, (3) pomoćni mehanizam za dizanje, (4) glavni mehanizam za dizanje, (5) rešetkastu strelu, (6) opružni podupirač, (7) radnu kabinu, (8) obrtno postolje, (9) kola – nosač, (10) noseću platformu strele, (11) protivteg, (12) oslonac vrha strele, (13) uređaj za silu protivtege kod spojenih postolja (slika 2.43). Strela je klasična rešetkasta i bez nastavaka, s glavnim mehanizmom na kome se ostvaruje nominalna nosivost i pomoćnim mehanizmom za dizanje na kome se ostvaruje do 10% nominalne nosivosti dizalice.

Železničke dizalice rade bez stabilizatora, jer poseduju sopstveni protivteg. Međutim, pri horizontalnom radu strele dolazi do dodatnih opterećenja rama i noseće konstrukcije, a time se povećava osovinsko opterećenje postolja i pritisak na tlo, zbog čega se ispod strele, to jest "odnosnog oslonca" na nasipu ili između postolja i drugih kola, postavlja poseban podmetač od drveta ili aluminijuma, na rastojanju od 2.200 mm od sredine platforme, visine oko 1.600 mm, sopstvene mase 120 kg do 150 kg, čime se težište spušta i postiže pouzdana stabilnost dizalice. Iz aspekta tehnologije rada ove dizalice imaju vrlo kratko vreme pripreme za rad ukoliko se ne montiraju strele. U praksi, obrtna nadogradnja dizaličnog mehanizma sa strelom ostaje na kolima – nosaču kao kompaktna celina i ne demontira se. Dizalice imaju veliki radijus zahvatanja (dohvata) strele, veliku sopstvenu masu koja se kreće i do 70 t, lako rukovanje iz posebne kabine u kojima su sve upravljačke komande. Ove komande nalaze se na zadnjem unutrašnjem zidu kabine, izrađene u velikim staklenim površinama, a rukovalac radni položaj za upravljanje dizalicom zauzima jednostavnom rotacijom svog sedišta za 180°. Kako dizalica poseduje sopstveni pogon, može se koristiti kao i manevarska lokomotiva za kraća pomeranja železničkih sastava.

**Plovne dizalice** koriste se u rečnim i pomorskim pristaništima ili otvorenom moru i recu za rukovanje materijalima velikih masa i dimenzija kod mašinskih ili remontnih poslova, havarija raznih plovila, u građevinarstvu pri izvođenju hidrotehničkih objekata ili kao ispomoć kod pretovara specijalnih materijala velikih masa i dimenzija van domašaja lučkih dizalica, slika 4.64.



Slika 4.64. Prikaz plovne dizalice

Proizvode se različitih dizaličnih mehanizama i nosivosti, pri čemu se najčešće svrstavaju u dve generacije, prva nosivosti do 630 kN i raspona do 34 m i više, druge generacije nosivosti do 500 kN i radijusa do 43 m. Opslužuju baržne dimenzije 66,7 m do 75,5 · 24 m · 5,4 m. Pogon plovni dizalica je električni, s nezavisnim elektromotorima koji električnu energiju dobijaju od posebnih dizel električnih agregata, ili motorima sa unutrašnjim sagorevanjem. Dizalični mehanizam kod plovni dizalica postavlja se na plovilu–pontonu pravougaonog oblika, simetrično u odnosu na njegovu podužnu osu, tako da se ostvaruje jednak dohvat strele na tri strane pontona (sa čela i oba boka). Osa obrtanja, po pravilu, postavlja se blizu čela (pramca) pontona, čime je težište pomerenom iza odsečenog dela krme. Opterećenje plovni dizalica nije ravnomerno pri položajima strele u uzdužnom i poprečnim pravcima, zbog čega je potrebno postići potpuno uravnoteženje sopstvene mase i strele s materijalom, što se ostvaruje nepokretno utvrđenim tegom i pokretnim vodnim protivtegom. Ponton se puni i prazni vodom posebnim pumpama. Plovne dizalice imaju nekoliko mehanizama za dizanje materijala s različitim karakteristikama, odnosno imaju specijalne konstrukcije strele kod kojih se može menjati dohvat pomoću mehanizma sa zavojnim vretenima. Ova mogućnost im je data zbog eventualne potrebe tegljenja nekog plovila. Strele mogu imati maksimalni dohvat do 45 m. Zbog male dubine gaza, vrlo su korisne za rad u rečnim brodogradilištima. Kao i kod železničkih dizalica, mogu koristiti različite zahvatne uređaje: kuke, grabilice, magnetne, traverzne i dr., sve u zavisnosti od vrste materijala kojim se rukuje.

Dizalični mehanizam kod železničkih, plovni, guseničkih i slični dizalica ima približno slične tehničke karakteristike, a to su:

- prosečna brzina dizanja i spuštanja materijala, odnosno brzina kretanja zahvatnog organa u tovarnom i praznom stanju iznosi 45 m/min do 48 m/min,
- broj okretaja strele iznosi oko 1,5 o/min,
- prosečna brzina promene dohvata strele iznosi 40 m/min do 45 m/min.

Ove vrste dizalica spadaju u grupu sredstva s cikličnim dejstvom, a njihov kapacitet određuje se prema prethodno datim odnosima za ovu grupu sredstava.

#### 4.5.4. Kapacitet i potreban broj dizalica

Kapacitet sredstva mehanizacije s cikličnim dejstvom rada, pa tako i dizalica, zavisi od nominalne i stvarne nosivosti, radni i tehnološki uslova, brzina kretanja, odnosno tehničkih indikatora dizaličnog mehanizma i vrste materijala koji se manipuliše, a određuje se prema sledećim odnosima:

Ōuje se iz postupka, datog u taĉki 4.3.1. Polazni element za odreĉivanje kapaciteta dizalica jeste trajanje radnog ciklusa ( $\Sigma t_{ci}$ ). U osnovi trajanje ciklusa sastoji se iz dve grupe vremena, skupa vremena koje dizalica provede u tovarenom stanju ( $\Sigma t_{ci}^{tov}$ ), pri prenosu materijala do mesta ostavljanja i skupa vremena koje provede u praznom stanju ( $\Sigma t_{ci}^{pr}$ ), pri povratku na polazno mesto radi novog zahvata. Na osnovu praktiĉkih iskustava, oba ova skupa mogu se posmatrati kroz deset karakteristiĉnih aktivnosti. Prvi deo poluciklusa u tovarenom stanju sastoji se iz:

$t_1$  – vreme zahvatanja materijala s, zavisi od vrste i pojavnog oblika materijala i konstrukcije zahvatnog organa; prema iskustvenim podacima iznosi: vezi- vanje lakih materijala 35 s do 45 s, teških 60 s do 120 s, kvaĉenje spredera 10 s do 15 s, zahvatnje grabilicama 8 s do 12 s,

$t_2$  – vreme podizanja materijala na prenosnu visinu,  $t_2 = H_d / V_d^{tov}$  s, gde su:  $H_d$  – visina podizanja materijala na prenosnu visinu m,  $V_d^{tov}$  – brzina podi- zanja materijala u tovarenom stanju m/s,

$t_3$  – vreme premeštanja materijala do mesta ostavljanja s.

Kod izraĉunavanja ovog vremena bitno je razlikovati dva sluĉajja po vrstama dizali- ce, mosne i ramne dizalice ostvaruju iskljuĉivo pravolinijsko kretanje radnog organa i/ili same dizalice, dok dizalice koje imaju strelu (auto, poluĉne...), pored pravolinij- skog ostvaruju i kruŹno kretanje radnog organa. Takoĉe treba uoĉiti da se dizalice koje rade sa stabilizatorima u toku ciklusa ne kreĉu s materijalom, dok ostale (mos- ne, ramne...) ne rade sa stabilizatorima, po potrebi mogu u toku ciklusa da se pomeraju s materijalom ( $t_3$ ). Proizilazi, za:

- prvi sluĉaj,  $t_3 = t_3' + t_3'' = L/Vst + L'/Vdt$  (s), gde su: L i L' – rastojanja prenosa materijala zahvatnim organom i dizalicom, Vst i Vdt – brzine kretanja zahvatnog organa i dizalice u tovarenom stanju, m/s,
- drugi sluĉaj,  $t_3 = t_3' + t_3'' = L/Vst + \alpha/360 \cdot n$  (s), gde su:  $t_3''$  – vreme prenosa mate- rijala po kruŹnom luku,  $\alpha$  – ugao zaokreta strele, odnosno ugao postavljanja vozila u odnosu na materijal ( $\alpha = 90^\circ, 180^\circ$  ili  $360^\circ$  – retko),

$t_4$  – vreme spuštanja materijala, zavisi od dubine spuštanja –  $H_s$  (m) i brzine spuštanja materijala, odnosno radnog organa u tovarenom stanju –  $V_s^{tov}$  (m/s), i odreĉuje se:  $t_4 = H_s / V_s^{tov}$  (s), pri ĉemu su:  $V_s^{tov} \approx V_s^{pr}$ ,  $V_s \geq V_d$ ,  $H_s \geq H_d$  m/s; iako se neznatno razlikuju brzine kretanja radnih organa i samih dizalica u tovarenom i praznom stanju, treba iz kataloga sredstava uoĉiti razlike u brzinama i uneti u proraĉun ciklusa,

$t_5$  – vreme manevrisanja materijalom pri njegovom ostavljanju -  $t_5 \approx 10$  s do 30 s (+ 30 do 120 s na vozilo),

$t_6$  – vreme otkaiĉinjanja ili istresanja materijala ( $t_6 \approx 6-30$ s), zavisi od vrste zahvatnog organa. Sledi:

$$\Sigma t_{ci}^{tov} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 \quad (\text{s}).$$

Od šest osnovnih aktivnosti, punog dela ciklusa, ĉetiri aktivnosti izraĉunavaju se i dve mere, a mogu se i sve aktivnosti eksperimentalno meriti za odreĉene vrste dizalica.

Drugi deo poluciklusa u praznom stanju sastoji se iz:

$t_7$  – vreme podizanja praznog radnog organa na prenosnu visinu,  $t_7 = H_d / V_d^{pr}$  (s), gde su:  $H_d$  – visina podizanja radnog organa radi povratka na poĉetno mesto zahvatanja materijala, zavisi od povratnog puta i nivoa podizanja m, pri ĉemu je:  $V_d^{pr} \approx V_s^{pr} \approx V_d^{tov} \approx V_s^{tov}$  ukoliko se ne poseduje odgovarajuĉi katalog sredstva (m/s),

$t_8$  – vreme premeštanja praznog zahvatnog organa i/ili dizalice radi novog zahvata, za oba slu- ĉajja  $t_8 \approx t_3$  (s). Ukoliko bi put premeštanja bio razliĉit od puta s materijalom, treba raĉunati na odgovarajuĉe elemente,

$t_9$  – vreme spuštanja (ili podizanja) praznog zahvatnog organa do materijala,

$t_9 = H_s(H_d) / V_s^{rr}$  (s), gde su:  $H_s$  ili  $H_d$  – dubina spuštanja ili visina dizanja (ako je novi materijal na višem nivou), što zavisi od prenosne visine,

$t_{10}$  – vreme manevrisanja i pripreme radi novog zahvata,  $t_{10} \approx t_5$  (s).

Trajanje poluciklusa u praznom stanju iznosi:  $\sum t_{ci}^{rr} = t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}$  (s), i konačno ukupno vreme trajanja oba poluciklusa iznosi:

$$\sum t_{ci} = \rho_1 \rho_2 (\sum t_{ci}^{tov} + \sum t_{ci}^{rr}) \quad (s)$$

gde su:  $\rho_1$  – koeficijent dvojnih aktivnosti (za mostovne i ramne dizalice 0,8 za kranske dizalice 0,7) kojim se skraćuje trajanje ciklusa zbog jednovremenog izvršenja nekih aktivnosti,

$\rho_2$  – koeficijent korekcije zbog gubitka vremena u toku ciklusa, kod dizalica iznosi 1,1–1,2.

Prilikom utvrđivanja vremena trajanja ciklusa treba obratiti pažnju na vrstu tehnološke operacije i tačan raspored tehnoloških elemenata sa njihovim međusobnim rastojanjem koji učestvuju u realizaciji pretovarnog zadatka, tehničke karakteristike dizalice (brzine kretanja u praznom i tovarenom stanju, brzine spuštanja i podizanja radnog organa, stepena slobode kretanja i dr.), karakteristike radnog organa i sposobnosti vezača materijala, gubitke vremena u ciklusu i mogućnost jednovremenog izvršenja nekih aktivnosti.

Potreban broj dizalica za izvršenje ponuđenog pretovarnog zadatka zavisi od količine i vrste materijala koji se pretovara  $Q$  ( $Q_t, Q_k, Q_v$ ), koeficijenta neravnomernosti pristizanja materijala ( $\gamma_Q$ ), tehničkih karakteristika dizalice, perioda za koji se određuje broj dizalica, homogene ili heterogene strukture dizalica, koeficijenta multioperacija materijalom ( $1 \leq K_{mo} \geq 2$ ).

Potreban broj dizalica određuje se iz odnosa,  $N_d =$  ponuđena količina materijala/eksploataciona proizvodnost:

- za homogenu strukturu radnog parka i poznatu količinu materijala:
- $N_{dr} = Q \gamma_Q K_{mo} / Q^{exr}$  (dizalica na radu u posmatranom periodu),
- za heterogenu strukturu radnog parka i poznatu količinu materijala:
- $N_{dr} = \sum Q_i \cdot \gamma_{Qi} \cdot K_{mo} / 3600 \cdot T_s \cdot n_s \cdot (1-\phi) \cdot \alpha \cdot (q_{m1}/t_{c1} + q_{m2}/t_{c2} + \dots + q_{mn}/t_{cn}) \cdot 1/n$  (dizalica na radu u posmatranom periodu), gde su:  $q_{m1}, q_{m2}, \dots, q_{mn}$  – količine materijala u jednom zahvatu  $n$ -te dizalice,  $t_{c1}, t_{c2}, \dots, t_{cn}$  – vremena ciklusa  $n$ -te dizalice i  $n$  – ukupan broj raspoloživih dizalica,
- za heterogenu strukturu i poznatu količinu tona · operacija:
- $N_{dr} = (\sum q_{BT} / t_{or}) \cdot K_{mo} / (\sum Q^{exr} / n)$  dizalica na radu u posmatranom periodu (najčešće dnevni broj dizalica na radu), gde su:  $\sum q_{BT}$  – bruto rad u tona · operacija,  $t_{or}$  – vreme izvršenja operacija,  $\sum Q^{exr}$  – zajednički kapacitet svih dizalica.

Kod heterogenih struktura nosivost pojedinih dizalica utvrđuje se zavisno od vrste materijala koje pretovaraju i njihovih masa, dok se trajanje ciklusa izračunava na osnovu tehničkih indikatora i uslova rada svake dizalice prema prethodno navedenom postupku. Potreban broj inventarskih dizalica utvrđuje se odnosom:

$$N_{di} = N_{dr} (1 + \alpha_n), \text{ gde je:}$$

$\alpha_n$  – koeficijent uvećanja radnog parka usled neispravnih dizalica, njegova vrednost suprotna je koeficijentu tehničke ispravnosti  $\alpha_{KN}$  i iznosi 0,15 – 0,30.

U poslednje vreme, pored prikazanih analitičkih modela, vrlo masovno koriste se simulacioni modeli teorije pouzdanosti koji s velikom verovatnoćom određuju vrlo precizno stvarno potreban broj sredstava, čime se dobijaju optimalna rešenja, a koja u praksi znače mnogo, posebno sa finansijskog aspekta.

#### 4.5.5. Sredstva za rukovanje kontenerima i tovarnim sanducima

Brz razvoj kontenerskog transporta i drugih kombinovanih tehnologija uslovio je i razvoj novih tipova sredstava mehanizacije s različitim funkcionalnim svojstvima. S obzirom na različitost tehničko-eksploatacionih karakteristika, mobilnosti, fleksibilnosti u logističkim terminalima, vrste tehnoloških operacija i aktivnosti koje realizuju, ova sredstva mehanizacije mogu se klasifikovati u tri osnovne podgrupe:

- sredstva s fiksnom radnom lokacijom, odnosno kretnom stazom,
- fleksibilni manipulatori,
- pomoćni uređaji.

Sve tri podgrupe sredstava imaju zajednička svojstva koja se mogu identifikovati kroz:

- dobra manevarsko-manipulativna svojstva,
- potreban vrlo mali manipulativno-radni prostor, pri čemu se dobija na skladišnom prostoru,
- mogućnost slaganja kontenera od dva do šest nivoa, samo kod visokopodizanih sredstava,
- postizanje zadovoljavajućeg nivoa selektivnosti i pristupačnosti kontenerima,
- vrlo precizno manipulisanje i slaganje, uz zahvatanje kontenera isključivo preko nauglica,
- fleksibilnost, univerzalnost i efikasnost u radu,
- velika operativna pouzdanost,
- potpuna kompatibilnost, odnosno usklađenost među sobom, sa drugima sredstvima mehanizacije i vozilima i stabilnost u radu.

Sve ovo ukazuje na to da ova grupa sredstava mehanizacije zahteva vrlo kompleksnu i detaljnu analizu u kvantitativnom vrednovanju tehnoloških rešenja.

#### *Sredstva s fiksnom radnom lokacijom*

Ova sredstva koriste se u kopnenim (čelezničko-drumskim) i kopneno-vodnim (lučkim) terminalima kao osnovna tehnološka rešenja i to kroz veći broj varijanti ramnih i mosnih dizalica. Po svojoj koncepciji ne razlikuju se bitnije od prethodno objašnjenih klasičnih ramnih, sem nekih izmenjenih tehničkih karakteristika: različiti rasponi, sa "L" zahvatnim uređajima i sposobnošću rada ispod elektrovođa, odnosno rada u uslovima elektrovođe i u poslednje vreme potpuna automatizacija rada u visokoregalmnim skladištima za kontenere s koncentracijom većeg broja bočnih ramnih dizalica. Koriste se dizalice prve pogonske klase (laka klasa) koje ostvaruju do 16 ciklusa na sat i druge pogonske klase koje ostvaruju 16 do 32 ciklusa na sat. Nosivost ovih dizalica, na sprederu, iznosi 320 kN do 400 kN, a raspona su 20 m do 24 m s prepustima (maks. 2 m · 13,5 m), čime dostižu ukupan raspon 47 m do 51 m, kod nekih tipova ramnih širina prepusta može biti dužine 32 m, 36 m do 42 m. Visine dizanja kod mosnih iznose do 10,5 m a kod lučkih ramnih 25 m do 32 m s rasponom nogara 3,5 m do 7,0 m. Sopstvena masa ovih dizalica iznosi 180 do 200 t.

Prosečne radne karakteristike ovih dizalica namenjene za rad sa kontenerima iznose:

- brzina dizanja i spuštanja materijala, odnosno zahvatnog organa u tovarnom i praznom stanju 8 m/min do 12 m/min,
- brzina kretanja kolica u horizontali 25 m/min do 40 m/min, kod ramnih 150 m/min do 200 m/min,



- brzina kretanja cele dizalice, u praznom stanju do 80 m/min, u tovarenom stanju do 50 m/min,
- brzina podešavanja kolica 1,2 m/min do 4 m/min,
- broj okretaja zahvatnog organa  $1 \text{ min}^{-1}$  do  $1,5 \text{ min}^{-1}$ .

Radne karakteristike uslovljene su rasponima dizalice, strukturom tehnoloških elemenata, zadacima TPS procesa, tako da se za svaku konkretnu situaciju projektuje dizalica koja će najviše odgovarati zahtevima korisnika.

### *Fleksibilni manipulatori*

Strukturu ove podgrupe sredstava čini veći broj varijanti transportno-manipulativnih vozila, koja pored funkcije pretovara imaju i funkciju transporta na mikro i makroreklacijama unutar i/ili između logističkih terminala. Sva ova sredstva kreću se na gumenim točkovima i fleksibilna su u odnosu na kretnu stazu. Prema načinu realizacije pretovarnih procesa, nivoima podizanja, funkcijama unutar i van logističkih centara, mogu se klasifikovati u nekoliko podgrupa:

- sredstva razvijena na bazi drumskih vozila sa čeonim i bočnim pretovarom i niskim podiznim nivoom,
- manipulatori s visokim podizanjem jedinica materijala,
- polumobilna sredstva s promenljivom radnom lokacijom.

**Sredstva razvijena na bazi drumskih vozila** čine tegljač i poluprikolica sa specijalnom nadgradnjom, i to s uređajem za čeonu ili bočni pretovar. U prvom slučaju, obavlja se čeonu samoutovar ili samoistovar kontenera, pomoću posebnog hidrauličkog uređaja za kipovanje, koji je ugrađen na poluprikolici. Pored hidrauličnog uređaja za kipovanje, koriste se i dva vitla s čeličnim utadima za navlačenje i spuštanje kontenera na poluprikolice i sa njih. Konteneri se zahvataju ili ostavljaju preko sopstvenih hidrauličnih nogu, maksimalnog nagiba  $11^\circ$ , pri čemu jedna tehnološka operacija traje prosečno oko pet minuta po konteneru. Konteneri se zabravljaju i odbravljaju automatski preko obrtnih čepova s hidrauličnim pogonom. Maksimalna nosivost iznosi 360 kN, a ima sopstvenu masu zajedno s poluprikolicom od 8,0 t. Sredstvo zahteva veliki manipulativni prostor, zbog čeonog zahvatanja kontenera i potrebnog radijusa okretanja tegljača s poluprikolicom ili zahteva pomoćno sredstvo mehanizacije za postavljanje kontenera na pogodno mesto za zahvatanje. Ovo sredstvo ima prvenstvenu primenu u pružanju kontenerskih usluga od terminala do korisnika, koji ne raspolužuju sopstvenom mehanizacijom. Pored ovog sistema koristi se još i ramna polužna konstrukcija na hidraulični pogon [9].

**Automanipulator za bočni pretovar** sastoji se iz dva razdvojena zahvatna "delta" ili "T" uređaja, mečusobno vezanih polužnim mehanizmom postavljena na drumsku poluprikolicu. Pogon je izveden s nekoliko hidrauličnih cilindara, pri čemu rastojanje između zahvatnih uređaja može da bude fiksno ili promenljivo, odnosno može da radi sa kontenerima različitih dužina ( $20'' - 40''$ ). Bočna stabilnost sredstva obezbeđuje se preko posebnih stabilizatora (kosih, upravnih, lomljenih), koji se oslanjaju na manipulativnu površinu. Najkvalitetniju manipulaciju ostvaruje sredstvo s lomljenim stabilizatorima (KLAUS KM 32E293), jer omogućava najkraće rastojanje između osa vozila, čime se postiže maksimalna nosivost. Kod bočnih pretovarnih uređaja, pretovar ISO velikih kontenera traje oko 12 min, dok kod istovara, odnosno utovara ciklus traje 6 min do 8 min. Pored pretovara, sredstvo se koristi i u odvozu-dovozu

kontenera do korisnika i od korisnika prevoza. Osnovni nedostatak ove vrste mehanizacije jeste velika sopstvena masa koja može biti 8,5 do 12 t pri maksimalnoj nosivosti 294 kN do 360 kN [9].

**Manipulatori s visokim podizanjem** čine strukturu sredstava mehanizacije s različitim funkcionalnim karakteristikama, a time i tehnologijama rada. Kako kontenere mogu da slažu u dva do šest nivoa, spadaju u grupu sredstava s visokim podizanjem. Među sobom razlikuju se i prema konstruktivnim rešenjima, načinu zahvatanja kontenera i obuhvatnosti tehnoloških elemenata. U ovu grupu spadaju:

- manipulatori na gumenim točkovima (CSC/VC),
- čeonu sлагаči (FLT) i bočni sлагаči (SL),
- teleskopski sлагаči (RS).

**Manipulatori na pneumaticima** (CSC – *Container Straddle Carrier*, ECS, ECS W i SHC *Shuttle Carrier*), poznati kod nas po nazivima “opkoračivači” ili “jahači”, predstavljaju samohodna portalna vozila namenjena za pretovar i slaganje kontenera po visini unutar terminala. Proizvode se sa jednim ili dva razdvojena portala, poprečno spojena s potpuno identičnim elementima, koji se na manipulativnu površinu oslanjaju preko četiri do osam pneumatskih točkova zavisno od nosivosti i udvojenosti osovina, slika 4.65.

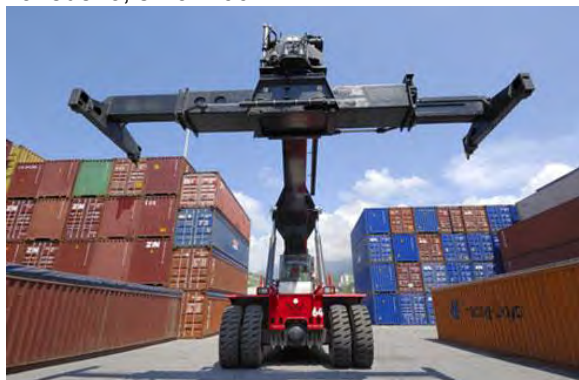


Slika 4.65. Manipulatori na pneumaticima

Na prednjem delu portala nalaze se pogonski upravljački točkovi međusobno povezani polužnim mehanizmom, dok su zadnji točkovi fiksno vezani krutom vezom bez mogućnosti zaokretanja. Postoje manipulatori sa udvojenim osovina (do 1.600 mm) kod kojih su i zadnji točkovi pogonski i upravljivi, pri čemu u krivinama zaklapaju suprotan ugao od prednjih. Ugao zaokretanja točkova iznosi do 180°, čime se omogućava kretanje i u poprečnom pravcu, što znači i poprečno u odnosu na osu manipulatora. Kontener se zahvata preko gornjih ili donjih nauglica različitim tehničkim rešenjima. Kod zahvatanja preko gornjih nauglica koristi se klasičan spreder, koji je sistemom koturača preko pogonskog motora vezan na gredu portala. Kod zahvatanja kontenera preko donjih nauglica koriste se konzolne elemente koji se kreću po vođicama duž vertikalnog stuba portala, tako da se pre podizanja vođice spuštaju do donjih nauglica, gde se fiksiraju pomoću čepova. Radi prihvatanja ravnomernog opterećenja vođica, manipulator poseduje modul za izjednačavanje masa. Podizanje i spuštanje kontenera ostvaruje se preko četiri hidraulična cilindra i sistema koturača uđadi ili lanaca koji su vezani za konzolne elemente. Nosivost ove grupe mehanizacije iznosi 200 kN do 600 kN pri čemu može da zahvata 3-4 kontenera istovremeno. Ukupna dužina manipulatora iznosi 6 m do 17 m i visine do 15,9 m, širina 4,94 m, unutrašnji korisni raspon 3,5 m, brzina kretanja u tovarnom stanju 10 km/h do 30 km/h i praz-

nom stanju do 50 km/h. Spoljni radijus okretanja iznosi 9 m – 11,5 m i unutrašnji 4,82 m do 7,70 m, što je mali radijus u odnosu na gabaritne karakteristike. Brzina podizanja kontenera iznosi 4 m/min do 17 m/min i spuštanja 3 m/min do 13 m/min. Manipulator se mođe kretati u tovarenom stanju pri maksimalnom nagibu oko 3,5° ili do 12° u praznom stanju. Prosečno opterećenje po jednom točku iznosi manje od 7 daN/cm<sup>2</sup> (1C ISO) ili manje od 8 daN/cm<sup>2</sup> (1A ISO). Manipulator ima sopstveni pogon najčešće preko osmocilindričnog SUS motora, zapremine 8,35 l do 12,5 l, snage 130 kW do 150 kW pri 2800 o/min i maksimalnim obrtnim momentom 51,4 daNm pri 1500 o/min. Sopstvena masa manipulatora iznosi do 60 t. Prednost ovog tipa manipulatora u odnosu na šinske dizalice jeste njegova nezavisnost u odnosu na kretnu stazu, njegov kapacitet nije vezan za skladišne mogućnosti terminala, jeftiniji je prilikom nabavke i lako se prilagođava uslovima rada. U velikim svetskim terminalima koristi se kao dopunska mehanizacija.

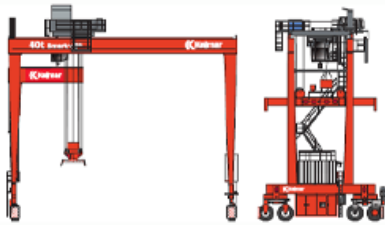
**Teleskopski slagači (RS)** po svojoj koncepciji vrlo su slični predhodno objašnjenim slagačima, izuzev što su znatno veće nosivosti 320 kN do 600 kN +/- 10% u zavisnosti od ekscentričnosti tereta. Rade isključivo sa sprederom, a oni mogu ostvarivati zahvatanje kontenera preko bočnih ili preko gornjih nauglica kako je prethodno navedeno, slika 4.66.



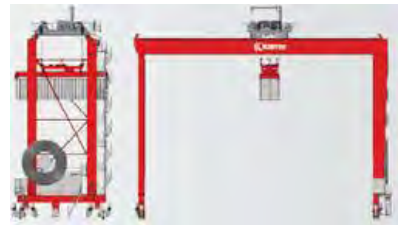
Slika 4.66. Teleskopski viljuškar

Sa aspekta tehnologije, teleskopski imaju znatno šire funkcionalne karakteristike od čeonih i bočnih viljuškara, jer postižu u visine dizanja do 15 m, čime podižu u kontenere (8'6" i 9'6") do šest nivoa, potpuno su pod elektronskom kontrolom, teleskopiranje traje manje od 15s, zabavljanje manje od 1,5 s, ugao zaokretanja -195° do +105° za manje od 90 s. Posebno je karakteristično za teleskopske slagače da rade bez teleskopa.

**Polumobilna sredstva s promenljivom radnom lokacijom** jesu samohodna vozila koja se koriste u kontenerskom i *Huckerack* transportu, a čine ih portalni manipulatori na gumenim točkovima (*RTGS – Rubber Tyred Gantry Crane*), slika 2.60a i portalni manipulator na šinama (*RMGS – Rail Mounted Gantry Crane*), slika 2.60b. Sredstva RMGC/RTGC imaju sledeće brzine dizanja 35 m/min do 52 m/min, brzine kretanja mačke 52 m/min do 150 m/min i brzine prenosa 120 m/min do 135 m/min. Nosivosti su 250 kN do 400 kN. Rade kao i portalne dizalice sa sprederom kao radnim organom, slika 4.67.



a. RTGC



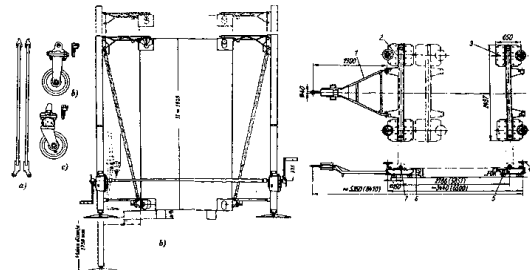
b. RMGC

Slika 4.67. Polumobilna sredstva za pretovar kontenera

Sem razlika u kretnoj stazi, RTGC se grade sa rasponima koji ubuhvataju šest traka za skladištenje sa po četiri kontenera po visini slaganja i jedna drumaska saobraćajnica dok se RMGC grade do 12 traka sa šest kontenera po visini i jednom drumskom saobraćajnicom. Auto-dizalice se retko koriste u kontenerskom transportu kao pretovarna mehanizacija, izuzev u slučajevima u kojima ne postoje druga odgovarajuća sredstva mehanizacije.

### Pomoćni uređaji

Pomoćni ili prateći uređaji jesu najjednostavnija sredstva mehanizacije koja se retko koriste u spoljnom kontenerskom transportu, ali se primenjuju u unutrašnjem industrijskom transportu, slika 4.68. Ovu podgrupu sredstava čine: sistem dvodelnih kolica, pločasta postolja s točkovima i sistem stubnih dizalica.



Slika 4.68. Pomoćna sredstva mehanizacije

Sistem dvodelnih kolica, CLT (*Container Load Trailer*) manipulator vrlo je sličan pločastim postoljima, jer se takođe vezuje za četiri donje nauglice, pri čemu kolica mogu imati posebne vertikalne ramove koji hvataju kontenera i preko gornjih nauglica i koji se u transportu međusobno povezuju. Kolica mogu biti s mehanizmom za dizanje ili bez njega, odnosno s fiksnom ili promenljivom prenosnom visinom. Pored industrijskog transporta, sistem dvodelnih kolica često se koristi za transport kontenera unutar terminala, ponekad i po javnim saobraćajnicama. Pločasta postolja za četiri donje nauglice kontenera, na kojima se s gornje strane nalaze čepovi za povezivanje s nauglicama kontenera, koriste se za kraća pomeranja kontenera u intralogistici. Postolja su male ploče s točkovima, koji se mogu okretati za 360° i postavljaju se pre spuštanja kontenera na podlogu. Vuča i upravljanje kontenerom obavljaju se preko posebne rude koja se sastoji iz dva štapa zakačena za postolja.

Kao pretovarno sredstvo, u industrijskim postrojenjima, često se koristi sistem od četiri stubne dizalice koji može biti fiksiran i na konteneru. Stubne dizalice zahvataju i

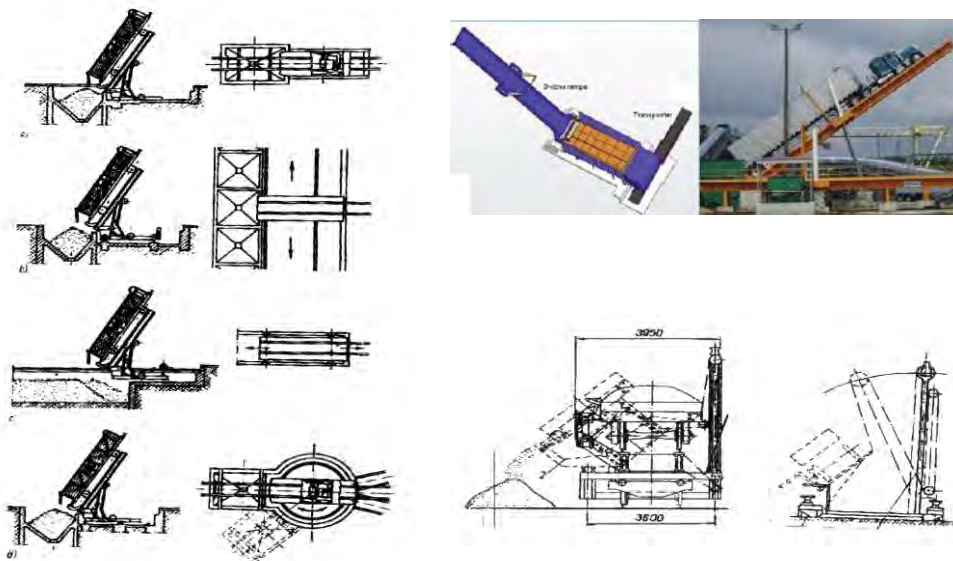
podit u kontener preko bočnih nauglica, nakon čega vozilo odlazi ili dolazi na pretovar. Stubne dizalice mogu biti s manuelnim, elektromehaničkim ili hidrauličkim pogonom. Zbog svoje male nosivosti, visine dizanja 1,4 m do 1,75 m, brzine dizanja i spuštanja oko 0,4 m/s, ova sredstva mehanizacije masovnije se ne primenjuju u kontenerskom transportu. Prethodno navedena transportno-manipulativna sredstva spadaju u vrlo racionalna i jeftina sredstva u odnosu na ostala sredstva mehanizacije, ali je njihova primena ograničena na specifične tehnološke zahteve [9].

#### 4.5.6. Sredstva za rukovanje masovnim teretima

Ova vrsta sredstava spada u specifičnu grupu pretovarne mehanizacije s fiksnom radnom lokacijom (stacionarna ili polumobilna), jer se po svojoj konstrukciji i tehnologiji rada znatno razlikuju od prethodno analiziranih sredstava. Najbrže istovaraju pojedinačna železnička kola ili drumska vozila, što omogućava veliki kapacitet. Koriste se u termoelektranama za istovar uglja iz maršrutnih vozova, lukama kod istovara masovnih materijala (šljunka, peska, rude, uglja i dr.) na industrijskim kolosecima većih korisnika prevoza i za pretovar drumskih vozila, gde ne postoje industrijski koloseci.

Prema konstruktivnim rešenjima mogu se podeliti u tri osnovne grupe: *vibracioni uređaji*, *istovarivači sa elevatorom* i *podizno-rotirajući uređaji*. Prve dve grupe nisu našle veću primenu u našoj zemlji, dok se treća grupa sredstava mehanizacije koristi kroz dva osnovna oblika, koji se međusobno razlikuju po tehnologiji rada vozila, i to:

- podizni uređaji ili kiperi, koji podižu u železnička ili drumska vozila, pod određenim uglom, bočno ili čeonno radi istovara materijala direktno u posebne bunkere preko odgovarajućih nasipno-predajnih levaka ili ne, slika 4.69
- preklopni ili rotorni koji učvršćena železnička kola okreću za 180° radi istovara u posebne bunkere, slika 4.70.

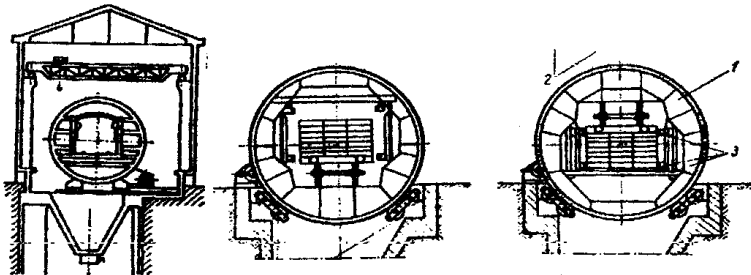


Slika 4.69. Podizni uređaji za čeonni i bočni istovar

Standardni čeon i/ili bočni uređaj, predstavljaju platforme koje se podižu i spuštaju pomoću hidrauličnog polužnog sistema na koje se postavljaju radi istovara ili pretovara jedna železnička kola ili drumsko vozilo. Uređaji mogu biti fiksno vezani za jedno mesto ili polumobilni, kada se cela platforma pomera duž pretovarnog fronta. Takođe mogu biti protočni ili s povratkom vozila na početni položaj, u kom slučaju moraju imati prateće obrtno postolje preko koga nailaze vozila.

Najčešće se koriste standardni čeon i uređaji, retko specijalni u smislu opreme za hvatanje vozila ili s liftom za podizanje kola. Uređaji s liftom (viperi) podižu kola na visinu iznad visine brodskih otvora za utovar, gde nakon čeonog naginjanja vozila, materijal preko posebnog nasipnog levka odlazi u plovilo. Kod korišćenja ove vrste mehanizacije zahteva se posebno pripremljena konstrukcija železničkih kola i drumskih vozila. Uređaji za čeon istovar ili pretovar naginju kola do  $60^\circ$ , nosivosti su do 550 kN, bočni kola naginju do  $45^\circ$ , nosivosti su do 450 kN i rotorni naginju kola  $90^\circ$  do  $180^\circ$ , a imaju nosivosti 180 kN do 250 kN. Sopstvena masa ovih uređaja iznosi do 350 t.

Kod čeonih i bočnih uređaja prosečne brzine podizanja ili spuštanja železničkih kola iznose 0,5 m/s, čime ostvaruju vreme podizanja tovarnih kola oko 60 s, vreme spuštanja praznih kola 30 s do 45 s, vreme pripreme 30 s do 45 s, tako da trajanje jednog radnog ciklusa uređaja iznosi 120 s do 150 s, što omogućava kapacitet 20 do 25 kola na sat. Kod rotornih uređaja brzina okretanja iznosi oko 0,753 (o/min), tako da trajanje radnog ciklusa iznosi 90 s do 120 s, što omogućava kapacitet preko 30 kola na sat.



Slika 4.70. Rotorni uređaj za istovar železničkih kola

Stvarni kapacitet uređaja zavisi od tehnologije rada na prijemo-otpremnoj grupi koloseka, pri čemu u zoni dejstva manevarskog sastava mora postojati precizno definisana tehnologija rada železničkim kolima ili drumskim vozilima. Sa aspekta tehnologije rada najjednostavniji su čeon protočni kod kojih postoji samo jedan kolosek preko koga se postavljaju i izvlače kola. Uređaji sa obrtnim postoljem opslužuju se preko dva ili najviše tri koloseka, od kojih jedan služi za postavljanje tovarnih kola na platformu radi istovara, dok ostali, jedan ili dva koloseka služe za prihvat i ranžiranje kola prema pravcima otpreme. Za rad kolima neophodna je jedna manevarska lokomotiva (ili loko traktor), koja gura ceo sastav na platformu, otključuje jedan vagon, a ostale vraća na ulazni kolosek. Nakon istovara ili pretovara prazna kola se izvlače na otpremni kolosek i grupišu prema pravcima otpreme. Drumaska vozila na platformu nailaze vožnjom unazad.

Ukupno trajanje jednog ciklusa od početka postave preko istovara ili pretovara kola do momenta završetka izvlačenja kola s platforme iznosi oko 30 min/kolima, a kod drumskih vozila 7 min/vozilu do 8 min/vozilu. Treba naglasiti da procese s rasutim materijalima, pored angažovanja osnovnog sredstva mehanizacije, podržava ostala



prateća oprema i sredstva koja imaju dodatne funkcije. U ovom slučaju to su već spomenuti bunker i čija je funkcija kratkotrajno skupljanje materijala, bunkerski zatvarači koji regulišu količinu materijala u bunkeru, dodavači koji postavljaju materijal na sredstvo bez mogućnosti aktivnog zahvatanja i prenosno sredstvo do procesa proizvodnje, a to je najčešće trakasti transporter. Svakako da ovakav skup sredstava na jednom mestu čini vrlo složenu strukturu koja zahteva potpunu koordinaciju i usklađenu tehnologiju rada. U zavisnosti od vrste rasutih materijala i statičkog opterećenja kola, određuju se tehnički i eksploatacioni kapacitet uređaja.

#### 4.5.7. Automatski vođena vozila

Zahtevi permanentne racionalizacije nametnuli su razvoj i primenu novih sistema, odnosno koncepcija u realizaciji TPS procesa u intralogistici. Automatski vođena vozila (AGVS) svakako da predstavljaju značajan kvalitativan pomak u razvoju novih tehnologija, čime su postala ozbiljna alternativa konvencionalnoj mehanizaciji. U zavisnosti od sistema u kome realizuju transportne zadatke, pojavljuju se i različiti konstruktivni oblici vozila: vučna vozila – traktori, paletna kolica, automatske platforme, sredstva za pakovanje, pretovar paleta sa sredstvo na sredstvo i drugi specijalni oblici uređaja, slika 4.71.



AGVs viljuškar sa kličestima



AGVs vozilo za unificirane materijale



AGVs pozicioner za komisioniranje



AGVs Uređaj za pakovanje

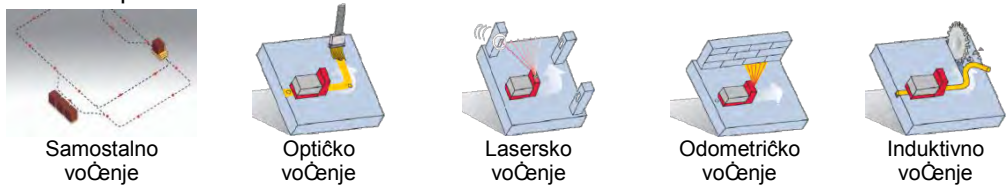
Slika 4.71. Prikaz mogućnosti primene AGV sistema

Prednosti koje ova tehnologija donosi mogu se sažeto sintetizovati na sledeći način:

- velike mogućnosti prilagođavanja sistema potrebama koje postavlja tehnološki proces u kome sistem realizuje zadatke s praćenjem odvijanja procesa koji se neprestano ponavljaju,

- jednostavna ugradnja u postojeće objekte i optimizuje manipulativni prostor,
- precizna isporuka i velika brzina opsluge uz povećanje transportnog kapaciteta,
- povećanje bezbednosti transporta i smanjenje oštećenja materijala,
- humaniji i ekološki kvalitetniji uslovi rada,
- pojednostavljuje tehnologiju i organizaciju rada,
- dužina radnog vremena nezavisna od broja i kvaliteta radnika,
- znatno smanjenje broja angažovanih radnika,
- velika pouzdanost rada sistema i softvera.

Rukovanje vozilima je u zavisnosti od primene ,pri čemu se koriste različiti sistemi vođenja, slika 4.72. Samostalno vođenje koristi odometrički princip, poput navigacije u brodovima i avionima. Dozvoljava se definisanje složenih i ukrštenih putanja. Neophodno je da se u pod hale stave određene referentne oznake i da se definišu putanje i položaj vozila. Lako se vrše izmene i prošire putanje uz pomoć odometričkih vodiča bez troškova izmene poda. Optičko vođenje koriste magnetne trake široke 40 mm, zalepljene za pod. Čitač na vozilu identifikuje magnetne trake i prati putanju. Optičko vođenje koristi se isključivo kada nema sлагаča na trasi. Kod laserskog vođenja, laserski čitač se stavlja na vozilo i može da napravi šest rotacija u minutu i putem reflektora.



Slika 4.72. Načini vođenja AGV vozila

Vozilo prati zadatu putanju, unetu u računar i automatski ispravlja i vrši korekcije putanje vozila. Ovo je najskuplje vođenje, ali omogućava laku modifikaciju putanje (stalno poboljšanje), bez ikakvih troškova vezanih za izmene na podu. Zahteva pažljive mape u softveru AGV vozila kako bi se upravljalo putanjom vozila. Odometričko vođenje koristi se poput navigacije brodovima i avionima. U pod se stavljaju određene referentne oznake i time definišu putanje i položaj vozila. Induktivno vođenje, zahteva profilisan kanal u podu sa jednopolnim provodnikom, koji se napaja konstantnom frekvencijom. Antene na vozilima primaju signal magnetnog polja i ispravljaју putanju. Vozila su povezana sa linijom u kontrolnoj stanici preko radio frekvencije, infracrvenih senzora ili na induktivan način i tako uspostavljaju komunikaciju, odnosno upravljaju vozilima, slika 4.73. Najčešći vid komunikacije je sa radio frekventnim modemom.



Slika 4.73. Načini ostvarivanja komunikacije



Najveću primenu u proizvodnim procesima imaju kompozicije (vozila i prikolice). Širina prolaza mora biti najmanje 500 mm ili više, u zavisnosti od širina kolica i dodatnog prostora, i visine prolaza najmanje 2100 mm. Ako su celokupne dimenzije materijala veće od dimenzija AGV vozila, širina prolaza mora biti 500 mm dodato za širinu materijala i dodatni prostor kao u prethodnom slučaju, mereno od zida prolaza do najšireg dela. Konfiguracija vozila, odnosno instalisana snaga za pogon u direktnoj je korelaciji s brojem prikolica koje traktor treba da vuče, njihovom nosivošću, kao i konfiguracijom saobraćajnice. Standardizovana vozila imaju sledeće nosivosti: laka manje od 50 kN, srednja 40 kN do 50 kN i teška više od 50 kN. Unutar proizvodnih zona, koriste se mala vozila koja mogu da povuku do 200 kN i kolica nosivosti do 150 kN, dimenzija 2000 mm · 1000 mm · 1000 mm., slika 4.74. Opseg brzina kreće se do 60 m/min samo u smeru napred, odometričkim vočenjem. Regulacija brzine je izvedena preko impulsnog napajanja koje obezbeđuje kontinualnu promenu brzina i uštedu u potrošnji energije u odnosu na konvencionalne sisteme.



Slika 4.74. Prikaz vučnog vozila sa odometričkim vočenjem

Radi sprečavanja zaustavljanja AGV vozila tokom rada zbog pražnjenja baterija (24 V, 40 Ah, dve baterije sa 12 V, 8-10 sati rada, tipske, punjive), postavljaju se sistemi za punjenje duž putanje vozila, gde u pojedinim zonama vozila mogu napuniti svoje baterije. Na putanjama određuju se posebne zone u kojima se vozila automatski zaustavljaju kako bi se zakačila/otkačila od kompozicije i te zone moraju da imaju regularne podove i moraju biti ravni i čisti bez prašine i ulja. Povezivanje vozila i kolica ostvaruje se ručno, a otkaćinjanje automatski. Svako vozilo mora biti opremljeno sledećim uređajima: uređajem za automatsko zaustavljanje, sigurnosnim branikom, senzorom za prepreke (napred i sa strana), svetlosnim indikatorom kretanja na vidljivom mestu, svetlom koja označavaju pravac kretanja, sistemom hitnog zaustavljanja u slučaju greške u putanji ili blokiranja motora, selektor/preklopnikom za aktiviranje/deaktiviranje, uređajem za kontrolu smera, zvučnom i vizuelnom signalizacija u slučaju hitnog zaustavljanja i dr.

Prema sadašnjim saznanjima budućnost u ovoj oblasti pripada sistemima s tzv. slobodnom navigacijom u prostoru, koji će biti bazirani na primeni ultrazvuka i lasera. Koncept slobodne navigacije pri definisanju saobraćajne mreže ne zahteva nikakve intervencije na samoj saobraćajnici, već se trasa kretanja definiše primenom markera koji se postavljaju po zidovima i stubovima objekta u kome se instalira ovakav sistem. Postoje i druga mesta primene AGV vozila [10].

## 4.6. SREDSTVA SA KONTINUALNIM DEJSTVOM

Opšte klasifikacije sredstava mehanizacije s kontinualnim dejstvom veoma je složena jer su oblasti primene ove grupe sredstava vrlo različiti i s raznovrsnim konstruktivnim rešenjima, gde gotovo svako sredstvo ima svoje specifične konstruktivne karakteristike. Za sredstva s kontinualnim dejstvom karakteristično je da radni organ, odnosno noseći elemenat nema mogućnosti aktivnog zahvatanja materijala, da se kreće u kontinuitetu, čime postiže neprekidan i ravnomeran tok materijala u istom smeru i bez praznog hoda.

Opšta podela može se izvršiti po nekoliko obeležja. Prema pravcu i smeru kretanja materijala, prvu grupu čine sredstva koja prenose materijal horizontalno, koso, vertikalno ili kombinovano, po trasi koja je postavljena u jednoj ravni i nije u obliku zatvorene konture. Drugu grupu čine sredstva koja prenose materijal po horizontalnoj zatvorenoj konturi i u trećoj grupi su sredstva koja se postavljaju u prostoru i prenose materijal po složenoj strukturi postavljenih segmenata bilo horizontalnom, vertikalnom ili kosom pravcu. Prema vrsti materijala, koriste se za rukovanje rasutim i komadnim (s manjim konstruktivnim promenama sredstava), tečnim i gasovitim materijalima (sredstva pneumatskog i hidrauličnog transporta) kod kojih je pogonska sila struja vazduha ili mlaz vode. Posebnu grupu čine sredstva za transport utarenog tečnog metala pomoću elektrodinamičkih sila elektromagnetnog polja, koje se pomera, a time i materijal. Prema načinu prenošenja, pogonske sile dele se na sredstva koja rade pomoću elektromehaničkog pogona i gravitaciona, kod kojih se materijal prenosi pod uticajem sile teže.

Po karakteru delovanja pogonske sile i konstrukciji radnog organa, dele se na sredstva koja imaju vučni organ (traku, lanac, užet, ploču...) i sredstva bez radnog organa, kod kojih se materijal kreće pod dejstvom zemljine težine, i često se nazivaju i pomoćni uređaji (*rolgang*). Prema karakteru kretanja radnog (vučnog) organa, mogu biti s neprekidnim i pulsirajućim kretanjem, pri čemu radni organ može imati: translatorno, naizmenično, rotaciono ili oscilatorno kretanje raznih oblika. Vučenje mogu ostvariti po nepokretnom tlebu (kanalu) ili u cevi, najčešće klasičnim lopaticama (kružnim ili pravougaonim) ili obrtnimrotacionim lopaticama (pućni) koje se neprekidno kreću. Postoje klizni, kod kojih se materijal prenosi uz pomoć sila inercije ili mikroskokovima (vibriranjem radnog organa), na sopstvenim tokovima ili posebno prilagođenoj platformi, koji se kreću po šinama ugrađenim u podu industrijskog postrojenja van konstrukcije transporterera. Konačno prema mobilnosti, mogu biti stacionarni, vezani za jednu lokaciju i pomićni, koji se koriste na različitim mestima.

### 4.6.1. Podela transporterera

Konvejeri (eng. Conveyor – prenosni uređaji), u našoj terminologiji transporteri, predstavljaju najmasovniju grupu sredstava s vrlo različitim karakteristikama, prilagođeni specifićnim radnim uslovima. Prema obliku vućnog elementa, transporteri se mogu podeliti na:

- klasićne trakaste (kod kojih je radni organ i noseći elemenat sa jednom trakom), dvodimenzionalni sa dve paralelno postavljene trake sa kretanjem u istom smeru ili specijalnog oblika (sa trodimenzionalnim pomeranjem trake, trakasti izbacivać, za transport pisama i paketa, transporteri s harmonika trakom i cevasti),

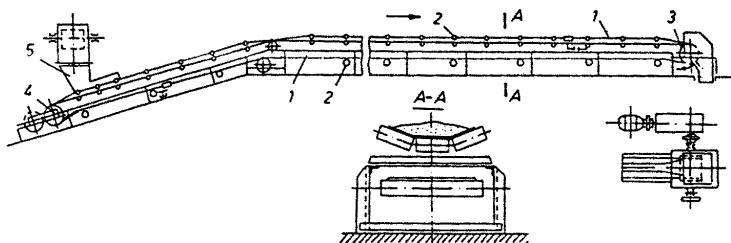
- klasične člankaste, kod kojih je radni organ jedan ili dva lanca, a noseći element: ploča, letva, neki oblik posude ili specijalnog oblika (s prostornom trasom, za nošenje masivnih cilindričnih komada, obrtni stolovi, za transport boca s rešetkastim člancima, sa ravnim, koritastim ili kutijastim profilom članka),
- pločaste ili eskalatore, koji rade preko prenosnih ploča (lamela) kao što su pokretne stepenice,
- vedričaste ili elevatore, s uzastopnim ili odvojenim vedrima, grabalicama, kolicima ili kofama postavljenim na određenom rastojanju, čvrsto ili pokretnom vezom s vučnim organom,
- transporter strugač, kod koga je radni organ jedan lanac ili dva beskonačna, a noseći elementi su lopatice koje potiskuju materijal duž nekog tleba ili cevi, ako je u zatvorenom oklopu (cevi), tada je redler,
- viseće transportere sa zatvorenom konturom kretne staze gde se materijal kači o različite oblike nosiljki i prenosi na određenoj visini.

Transporteri bez vučnog elementa mogu se podeliti na: pušne ili zavojne, inercione i vibracione, valjkaste, gravitacione (kliznice) i dr. Sredstva pneumatskog dejstva mogu se podeliti na: ventilatore, koji duvanjem vazduha prenose materijal i kompresore, koji sabijaju vazduh, a time i materijal iz prostora višeg u prostor nižeg pritiska. Sredstva hidrauličnog dejstva mogu raditi pod pritiskom, ili bez pritiska i kod njihov materijal samootiče.

Sredstva kontinualnog dejstva služe za manipulisanje masovnim materijalima iz kojih se direktno vrši transport, a zatim pretovar u bunkere ili vozila. Bunker se sastoji iz tela (kružnog ili kvadratnog oblika) i levka kao izlaznog dela na kome se nalazi bunkerski zatvarač ispod koga se postavlja dodavač, odnosno dozator kao pomoćno sredstvo osnovnom sredstvu mehanizacije. U eksploataciji dodavači mogu biti: člankasti, trakasti, sa strugačem, inercijalni, s rotacionim diskom, bubanjski, s loptastim rotorom, zvezdasti, pušni ili vibracioni. Po osnovu regulacije toka materijala mogu biti volumetrijski (obezbeđuju zapreminsku količinu materijala u jedinici vremena) i gravometrijski (obezbeđuju tačnu količinu materijala koja je potrebna za neki proizvodni proces). Levak je najčešće kanal ili cev postavljena vertikalno, ili pod nagibom na kraju tela bunkera. Uređaji za merenje količine materijala jesu, po pravilu, automatski, a mogu biti i klasični s merenjem pojedinačnih zapreminskih količina materijala. Sredstva mehanizacije s kontinualnim dejstvom imaju veliki kapacitet, malu potrošnju elektroenergije, vrlo su jednostavne konstrukcije, imaju niske eksploatacione troškove i relativno mala investiciona ulaganja. Po položaju mogu biti vertikalni, horizontalni i kombinovani (lomljeni) sa uglovima postavljanja 30 do 90°.

#### 4.6.2. Trakasti transporter

Trakasti transporter jeste transportni uređaj kontinualnog dejstva koji se najviše koristi. Može se opisati kao transportni uređaj koji je sastavljen od elastične beskrajne trake prebačene i zategnute preko dva bubnja, pri čemu je traka istovremeno vučni i noseći element, dok su mu ostali sastavni delovi: valjci za nošenje trake, pogonski, zatezni, utovarni, istovarni uređaji i noseća konstrukcija, koja sve elemente sistema povezuje u jedinstvenu celinu. Pogonski uređaj s pogonskim bubnjem najčešće se nalazi na prednjem, a zatezni uređaj na povratnom bubnju na zadnjem kraju transportera, slika 4.75.



Legenda: 1. Traka, 2. Valjci, 3. Pogonski uređaj, 4. Zatezni uređaj, 5. Utovarni levak, 6. Noseća konstrukcija (karkas)

Slika 4.75. Šematski prikaz trakastog transportera

Smer kretanja trake nije limitiran tehničkim razlozima, već je direktno u funkciji tehnoloških potreba procesa koji opslužuje, a može da bude i reverzibilan. Za razliku od mnogih drugih oblika transportera s kontinualnim dejstvom, trakasti transporter je jedinstven po tome što se kod njega pogonska sila s bubnja na traku prenosi putem trenja, iz čega proizilaze i određena ograničenja:

- da bi se omogućio prenos pogonske sile s bubnja na traku, traka pre pokretanja mora da bude prethodno zategnuta, što se postiže preko zateznog uređaja,
- kako je sposobnost prenošenja kod frikcionih prenosa ograničena, kod transportera velike dužine i kapaciteta pogon se često realizuje preko većeg broja pogonskih bubnjeva.

Kod konvencionalnih transportera radna (opterećena) grana je najčešće gornja, a u zavisnosti od tehnoloških potreba, radna grana može da bude i donja. Nošenje trake zavisi od njene širine, opterećenja i, shodno tome, može da se realizuje na više načina, za:

- veća opterećenja koriste se noseći valjci,
- manja opterećenja koristi se klizna površina,
- fine materijale i velike brzine koristi se vazdušna kliznica.

Trakasti transporter ima univerzalnu primenu, to jest masovno se koristi, kako za transport rasutih, tako i komadnih materijala. Ravna traka nije pogodna za transport rasutih materijala zbog velikog rasturanja tako da se, po pravilu, koristi za transport komadnih materijala, dok je za transport rasutog materijala predodređena profilisana traka. Profilisanjem trake, preko odgovarajućeg sloga nosećih valjaka za zadatu širinu trake dobija se veća površina materijala na traci, odnosno veći transportni kapacitet, a time i celishodnija konstrukcija sistema.

Utovar i istovar materijala moguć je u bilo kojoj tački radne grane uz primenu odgovarajućih uređaja, uz napomenu da je promena mesta ovih uređaja relativno jednostavna. Transporteri se koriste za horizontalan i kosi transport, pri čemu se kod kosog transporta, shodno zadatku, transport obavlja naviše ili naniže. Ugao nagiba kosog transportera zavisi od vrste trake, odnosno trenja između trake i materijala. Profilisane trake i trake s posebno obrađenom površinom omogućavaju transport pod većim nagibom u odnosu na glatke i ravne trake. Kod transportera s glatkom trakom maksimalan nagib kreće se do  $28^\circ$ , u zavisnosti od vrste materijala.

Specijalne trake nove generacije omogućavaju strm i vertikalni transport materijala. Krivolinijske trake kreću se znatno lakše u vertikalnoj ravni, dok je skretanje trake u

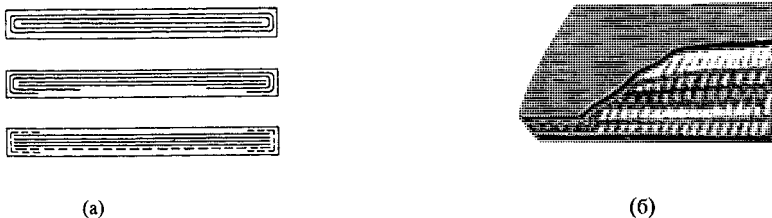
horizontalnoj ravni iz tehničkog aspekta daleko teže izvesti. Kod konvencionalnih transporterera radijusi horizontalnih krivina iznose nekoliko hiljada metara. Danas su primenom novih tehnologija u projektovanju i vođenju trake ovi radijusi znatno manji i kreću se u opsegu nekoliko stotina metara.

Dobre svojstva trakastog transporterera ogledaju se u: jednostavnoj konstrukciji, velikoj brzini koja obezbeđuje i veliki transportni kapacitet, maloj potrošnji energije zbog izuzetno povoljnog odnosa korisne nosivosti i mase radnog organa, to jest malih otpora kretanja, jednostavnoj ugradnji u malom prostoru, mirnom i bešumnom hodu, mogućnosti transporta na malim, ali i izuzetno velikim rastojanjima. U eksploataciji je sve veći broj transporterera koji se koriste za prevoz na velikim rastojanjima. Među njima je svakako najpoznatije postrojenje instalirano u Sahari za transport fosfata, dužine oko 100 km. Zbog malog habanja osnovnih elemenata transporterera, relativno su niski troškovi eksploatacije. Zahvaljujući svojim dobrim svojstvima, trakasti transportereri našli su široku primenu u raznim oblastima industrije, energetskim postrojenjima, terminalima, železničkim stanicama, lukama i drugim manipulativnim mestima.

U loša svojstva trakastog transporterera ubrajaju se: osetljivost trake na visoke temperature, hemikalije i materijale s oštrim ivicama, pojava destabilizacije u kretanju trake ukoliko dođe do lepljenja materijala na traku, noseće valjke i bubnjeve, ograničen nagib kod konvencionalnih traka. Takođe, neophodni su dodatni uređaji za nasipanje materijala na traku, to jest postavljanje materijala na radni organ transporterera. Klasifikacija trakastih transporterera zasniva se na čitavom nizu kriterijuma, a najčešće su korišćeni prema: vrsti materijala od koga je traka napravljena, obliku, to jest da li je ravna ili profilisana, obliku transportne putanje, odnosno trase, vrsti materijala i karakteru rada, to jest da li su stacionarni ili mobilni.

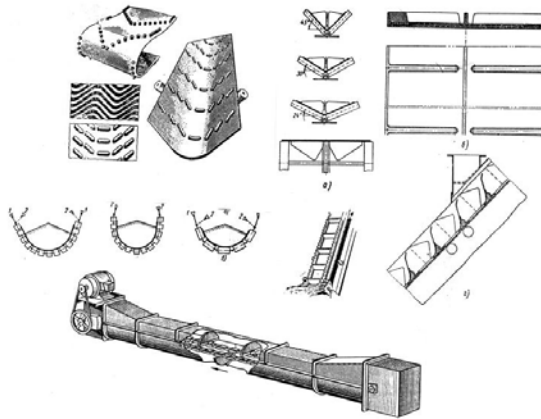
#### *Traka kao osnovni element transporterera*

Traka kod trakastog transporterera realizuje dve najznačajnije funkcije: noseću i vučnu, te predstavlja osnovni element transporterera. Njeno učestće u ceni kreće se od 25% do 35%, s obzirom na to da od pravilnog izbora i dimenzionisanja trake umnogome zavise radni vek, pouzdanost postrojenja, kao i troškovi eksploatacije. Eksploatacioni zahtevi koje traka treba da zadovolji jesu: velika zatezna čvrstoća, savitljivost, dobro naleganje na noseće valjke, malo istezanje, mala hidroskopsnost, mala sopstvena masa i velika otpornost na habanje, biološke i hemijske uticaje. Za izradu trake koriste se različiti materijali: guma, plastika, čelična traka i pletena žica. Najviše se koriste gumena i plastična traka, koje se sastoje od jezgra (karkasa) i gumenog omotača. Jezgro trake je noseći deo koji prima sile naprezanja, a omotač ima funkciju zaštite jezgara od mehaničkih oštećenja, atmosferskih i bioloških uticaja, slika 4.76.



Slika 4.76. Poprečni presek trake sa  
(a) tekstilnim ulošcima, (b) čeličnim karkasom

Jezgro trake sastoji se od većeg broja (4 do 12) uložaka izrađenih od prirodnih i/ili sintetičkih vlakana, između kojih se nalazi gumeni međusloj od mekane gume debljine 0,3 mm do 1,5 mm, koji traci obezbeđuje potrebnu elastičnost. Broj uložaka zavisi od potrebne vučne sile, odnosno naprezanja trake. Kod gumenih traka predviđenih za velika opterećenja jezgro se izrađuje i od čeličnih žica, odnosno užadi. Debljina gumenog omotača na nosećoj strani zavisi od vrste materijala koji se prevozi, načina utovara i istovara i kreće se 3 mm do 10 mm, a na kliznoj strani njegova debljina je manja i iznosi 2 mm do 4 mm. Bočne ivice trake zaštićene su slojem gume čija debljina iznosi oko 3/4 ukupne debljine trake. Kod transporterera namenjenih kosom transportu, da bi se izbeglo klizanje materijala, noseći sloj trake izvodi se s reljefastim omotačem, s osnovnim ciljem da bi se povećao koeficijent trenja, slika 4.77.



Slika 4.77. Trake s reljefastim omotačem

Standardizovane vrednosti za širinu trake iznose 300 mm do 3.600 mm. Širina trake direktno je u funkciji njenog transportnog kapaciteta, veličine komada i mase materijala, pri čemu treba imati u vidu da na kapacitet bitno utiče i brzina kretanja trake.

Zbog brojnih nedostataka danas se u izradi gumenih i plastičnih traka samostalno ne koriste prirodna vlakna (pamuk, kudolja i regenerisano celulozno vlakno). Dominantnu ulogu, zbog velike čvrstine, otpornosti na truljenje i velike elastičnosti, imaju sintetička vlakna: sintetička svila, poliester, poliamid i aramid. Za sintetička vlakna od poliamida karakteristično je veliko radno istezanje, što uslovljava veliki hod zatezne stanice. Od svih sintetičkih vlakana najveću zateznu čvrstinu imaju vlakna od aramida, koji je na tržištu poznatiji pod trgovačkim nazivom kevlar. Aramid je u komercijalnu upotrebu ušao početkom sedamdesetih godina i predstavlja materijal novije generacije. Pored velike zatezne čvrstine, kevlar ima dobru elastičnost, zbog čega dobro podnosi dinamičke udare, malo istezanje, veliki otpor rezanja, omogućava upotrebu bubnjeva manjeg prečnika, a time i niže troškove izrade pogonskih uređaja, a povećanje temperature ne smanjuje bitno zateznu čvrstinu kao kod poliester i poliamida.

Trake s jezgrom od čeličnih užadi bitno se razlikuju od traka s tekstilnim ulošcima. Kod njih se jezgro sastoji od paralelno postavljenih užadi prečnika 4,3 mm do 12,5 mm, na rastojanju 10 mm do 15 mm, koja su ulivena u gumenu masu. Noseća užad upredaju se od tankih pocinkovanih ili pobakrenih žica prečnika 0,3 mm do 0,9 mm,

izvučenih od specijalnih visokolegiranih čelika. Osnovni problem ovih traka jeste odvajanje gumenog omotača od čeličnog karkasa. Gornja granica zatezne čvrstine gumenih traka s čeličnim karkasom kod izvedenih transporterata obično se kreće oko 6.000 N/mm širine trake. Gornju granicu teško je definisati, jer novija istraživanja ovu granicu postavljaju veoma visoko i to na nekoliko desetina hiljada N/mm širine trake. Veoma bitnu tehničku operaciju pri montaži transporterata predstavlja sastavljanje trake, jer od kvaliteta nastavka, odnosno sastava, zavisi i pouzdanost rada transporterata. Kod gumenih traka topli postupak (vulkaniziranje na temperaturi od 130°) obezbeđuje najkvalitetniji spoj, pri čemu treba naglasiti da se na spoju traka koso kroji, uz preklapanje slojeva prema preporukama proizvođača. Pored toplog postupka, trake se nastavljaju i hladnim postupkom, kao i uz primenu kopči. Trake s čeličnim karkasom nastavljaju se prema posebnom postupku koji propisuje proizvođač trake. Upporedni prikaz osnovnih indikatora za različite vrste materijala od kojih se pravi karkas kod gumenih traka prikazan je u tabeli 4.4.

Tabela 4.4 Upporedni prikaz osnovnih indikatora za materijale od kojih se izrađuje karkas

Svojstvo materijala	Poliamid	Poliester	Aramid	Čelik
Zatezna čvrstina N/mm	315 – 1.600	200 – 2.000	4000 s kordom	1.000 – 10.000
Radno istezanje %	0,8 – 2,0	0,4 – 1,0	0,4 – 0,8	0,15 – 0,20
Masa materijala g/cm <sup>3</sup>	1,14	1,38	1,44	7,85

Između gumene i plastične trake ne postoje razlike u konstrukciji, osim što je omotač od plastičnog materijala. On ovoj vrsti traka obezbeđuje veću otpornost na hemijske uticaje, derivate nafte i vlagu. Čelične trake i trake izrađene od pletene žice imaju specijalnu namenu – uglavnom se koriste tamo gde se pojavljuju visoke temperature, to jest u procesima oplemenjavanja, sušenja i pečenja.

#### Transportni kapacitet

Postizanje što boljih tehničko-eksploatacionih karakteristika transporterata predstavlja osnovni zadatak konstruktivnog uobličavanja. Optimalno uobličavanje profila trake, odnosno postizanje maksimalnog transportnog kapaciteta, predstavlja značajno mesto racionalizacije kod trakastog transporterata. Na transportni kapacitet trakastog transporterata utiče čitav niz indikatora: svojstva materijala kao što su ugao prirodnog nagiba, granulometrijski sastav, nasipna masa, konstruktivne karakteristike transporterata (profil, širina i brzina trake, nagib transporterata), kao i tehnološki uslovi. Osnovna formula za utvrđivanje časovnog transportnog kapaciteta kod trakastog transporterata za komadne materijale jeste:

$$Q_k = 3,6 \frac{v}{l} \text{ kom./h}$$

gde su:  $v$  [m/s] – srednja brzina kretanja trake sa materijalom  
 $l$  [m] – rastojanje između istoimenih bokova dva susedna paketa na traci  
 a za rasute materijale:

$$Q_v = 3.600 A_m v \text{ m}^3/\text{h}$$

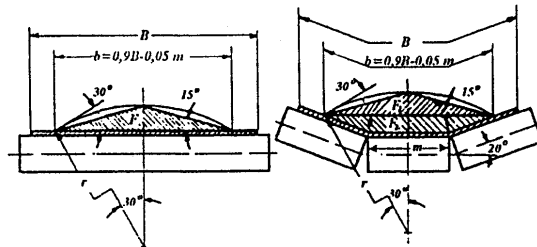
$$Q_t = 3.600 A_m v \gamma = 3,6 q_t v \text{ t/h}$$

gde su:  $A_m$  – površina poprečnog preseka materijala na traci m<sup>2</sup>,  
 $\gamma$  – nasipna zapreminska masa materijala t/m<sup>3</sup>,  
 $q_{KN}$  – masa materijala po dužinskom metru trake kg/m<sup>2</sup>.

Utvrdjavanje kapaciteta za komadne materijale jeste jednostavno, dok se proračun transportnog kapaciteta kod rasutih materijala u osnovi svodi na utvrđivanje stvarne površine poprečnog preseka materijala na traci, s optimizacijom profila trake. Za utvrđivanje površine poprečnog preseka materijala na traci nema apsolutno tačnih metoda, već se koriste određene aproksimacije. Do sada je razvijeno više metoda, tako da se prema geometrijskom obliku kojim se aproksimira, površina preseka materijala te metode, u literaturi obično razvrstava u tri grupe:

- površina preseka materijala posmatra se kao površina paraboličnog odsečka,
- površina preseka materijala opisuje se kao površina trougla upisanog u kružni odsečak,
- površina preseka materijala opisuje se kao površina slobodno formiranog trougla.

Od svih do sada razvijenih metoda najširu primenu i najbolje rezultate daje metoda iz druge grupe, gde je površina preseka materijala opisana kao površina trougla upisanog u kružni odsečak. U široj stručnoj javnosti poznata je kao DIN 22 101, slika 4.78.



Slika 4.78. Utvrđivanje preseka materijala shodno DIN 22 101

Metoda po DIN-u, polazi od pretpostavke da se poprečni presek materijala na traci najbolje aproksimira ravnokrakim trouglom upisanim u kružni odsečak, pri čemu stranice prema osnovici zaklapaju ugao od 15°, a tangenta kruga u koji je upisan trougao zaklapa s osnovicom ugao od 30°. Osnovica trougla je  $b=0,9B-0,05$ . Polazeći od opisanih premisa, transportni kapacitet za ravnu traku računa se preko izraza:

$$Q_{tr} = 240 \nu k_{\beta} \Psi \gamma (0,9B - 0,5)^2 \quad t/h$$

a za trapeznu:

$$Q_{tk} = 465 \nu k_{\beta} \Psi \gamma (0,9B - 0,05)^2 \quad t/h$$

gde su:  $k_{\beta}$  – koeficijent nagiba,  $\Psi$  – koeficijent iskorišćenja preseka,  $B$  – širina trake u m.

Koeficijent nagiba  $k_{\beta}$  predstavlja korektivni faktor za umanjenje kapaciteta u zavisnosti od nagiba transporta, jer s porastom nagiba pri podizanju materijala opada transportni kapacitet usled osipanja materijala, uz napomenu da pri spuštanju materijala nema potrebe za korekcijom, tabela 4.5.

U izrazu za utvrđivanje transportnog kapaciteta za rasute materijale figurira još jedan korektivni faktor – koeficijent iskorišćenja površine preseka  $\Psi$ . Do smanjenja površine preseka dolazi zbog neravnomernog priliva materijala, odnosno utovara na utovarnom mestu, pri čemu taj stepen neravnomernosti zavisi od vrste materijala i u preseku kreće se oko  $\Psi = 0,75$ .



Tabela 4.5 Pregled vrednosti koeficijenta nagiba  $k_\beta$  u funkciji od veličine nagiba transportera  $\beta$

$\beta [^\circ]$	2	4	6	8	10	12	14	16
$k_\beta$	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89
$\beta [^\circ]$	18	20	21	22	23	24	25	26
$k_\beta$	0,85	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71	0,68	0,66
$\beta [^\circ]$	27	28	29	30				
$k_\beta$	0,64	0,61	0,59	0,56				

Dati izrazi za utvrđivanje transportnog kapaciteta kod rasutih materijala, s obzirom na to da je količina materijala koju treba transportovati definisana samim zadatkom, u praksi, po pravilu, koriste se za izračunavanje osnovni tehničkih indikatora, to jest širine trake. Kako je već prethodno naglašen, o da je primena ravne trake kod transporta rasutog materijala nesvrshodna, ovaj proračun praktično se primenjuje kod trapezne trake:

$$B = \frac{1}{0,9} \left( \sqrt{\frac{Q_t}{465 v k_\beta \rho \psi}} + 0,05 \right) m$$

gde je:  $Q_t$  [kN/h] – transportni kapacitet trake.

Kod transportera za prevoz komadnih materijala širina trake dimenzioniše se na osnovu dužine najveće stranice paketa ( $L_{max}$ ),  $B = L_{max} + 0,2$  (m). Ovaj kriterijum takođe se koristi i za rasute materijale u čijoj se strukturi nalaze komadi velikih dimenzija i to tako što se za minimalnu širinu trake usvaja dimenzija trostruko veća od najvećeg komada.

Brzina kretanja trake ima izuzetan značaj pri definisanju tehničkih indikatora trakastog transportera, što se veoma dobro uočava iz izraza za proračun širine trake. Širina i brzina trake nalaze se u obrnutoj srazmeri. Naime, s povećanjem brzine trake smanjuje se zadati transportni kapacitet širine trake. Posledica povećanja brzine trake jeste povećanje otpora kretanja, to jest potrošnje energije, kao i brže habanje elemenata. Praktična istraživanja nedvosmisleno su pokazala da izbor ekstremno visokih vrednosti za brzinu trake nisu ekonomski celishodna. Brzina trake zavisi i od vrste materijala koji se transportuje, uobičajene vrednosti za brzinu kretanja trake jesu:

- zemlja, jalovina, ugalj, šljunak, pesak (na velika rastojanja)  $\leq 8,4$  (10) m/s
- ruda, koks, gračevinski otpad  $\leq 4,2$  m/s,
- žitarice  $\leq 3,3$  m/s,
- brašno, šećer, cement  $\leq 1,7$  m/s.

#### *Proračun snage za pogon i dimenzionisanje trake*

Osnovu za proračun snage za pogon, kao i merodavne sile za dimenzionisanje trake, predstavljaju otpori koji se pojavljuju u različitim oblicima pri kretanju trake, odnosno transportu materijala, a to su: otpor nošenja materijala, otpor trenja u ležajevima nosećih valjaka i bubnjeva (pogonskog, usmeravajućeg i povratnog), unutrašnji otpor u traci

usled savijanja, otpor uređaja za utovar, istovar i čišćenje i dr. Obimna sila na pogonskom bubnju koja se s bubnja na traku prenosi putem trenja, treba da bude veća od zbira svih otpora koji se pojavljuju pri kretanju trake, a snaga pogonskog motora treba da obezbedi njihovo savlađivanje, uključujući i gubitke u prenosnom mehanizmu od motora do pogonskog bubnja. Za proračun otpora kretanju primenjuju se dve vrste metoda: globalan metod i metod pojedinačnih otpora. Globalan metod preko jedinstvenog koeficijenta daje grublje rezultate i ne zahteva poznavanje svih tehničko-eksploatacionih elemenata, što je čini veoma operativnom i pogodnom za tehnološko projektovanje pretovarnih sistema, zbog čega će ovde biti detaljno opisana.

Za transportere konvencionalne konstrukcije proračun potrebne snage za pogon primenom jedinstvenog koeficijenta po pravilu sprovodi se preko parcijalnih komponenti:

- snaga potrebna za pogon neopterećenog transportera:

$$N_{ip} = \frac{C f L v q_m \cos \beta}{1.000} \quad (kW)$$

- snaga potrebna za prenošenje materijala:

$$N_{iq} = \frac{C f L Q_m \cos \beta}{3.600} \quad (kW)$$

- snaga potrebna za dizanje materijala:

$$N_{ih} = \pm \frac{Q_m H}{3.600} \quad (kW)$$

Ukupno potrebna snaga na vratilu pogonskog bubnja:

$$N_{tu} = C f L \left[ \frac{q_m v \cos \beta}{1.000} + \frac{Q_m \cos \beta}{3.600} \right] + \frac{Q_m H}{3.600} + N_{id} \quad (kW)$$

a snaga na vratilu pogonskog motora:

$$N_{vm} = \frac{N_{tu}}{\eta_p} \quad k$$

gde su:  $L$  – dužina transportera  $m$ ,  $H = L \sin \beta$  – visinska razlika koju savlađuje transporter  $m$ ,  $\beta$  – ugao nagiba transportera, stepeni,  $Q_{KN}$  – opterećenje od materijala koji se transportuje na sat, (kN/h),  $q_m$  – opterećenje koje potiče od pokretnih delova transportera ( $q_m = q_{m1} + q_{m2}$ ;  $q_{m1} = q_{rg} + q_{rr}$  opterećenje od rotirajućih delova nosećih valjaka u opterećenoj i povratnoj grani transportera;  $q_{m2} = 2q_{knr}$  opterećenje od mase trake (N/m),  $\eta_r$  – stepen korisnosti mehaničkog prenosa.

Koeficijent  $f$  u datim izrazima definiše se kao koeficijent glavnih otpora u nosećim valjcima i ležajevima bubnjeva, kao i otpora utiskivanja nosećih valjaka u traku. On zavisi od uslova rada transportera:

$f = 0,017$  za dobre uslove rada,

$f = 0,025$  za prosečne uslove rada, i

$f = 0,025$  do  $0,1$  za loše uslove rada

Lošim uslovima rada smatra se veliko zaprašivanje, loše podmazivanje ležajeva valjaka i preopterećenje trake. Koeficijent  $C$  definiše se kao količnik: zbira glavnih i sporednih otpora / glavne otpore, što obuhvata otpore: inercije, trenja na utovarnom uređaju, savijanja trake na bubnjevima, ukošenih valjaka u povratnoj grani, trenja

na uređaju za čišćenje trake i dr. Ovaj koeficijent korelativan je s dužinom transportera zbog čega se definiše i kao koeficijent proporcionalnosti, tabela 4.6.

Tabela 4.6 Vrednosti koeficijenta proporcionalnosti C u zavisnosti od dužine transportera po DIN 22 101

L (m)	C	L(m)	C	L(m)	C	L(m)	C	L(m)	C	L(m)	C	L(m)	C
< 4	9	8	5,1	20	3,2	50	2,2	125	1,64	320	1,29	800	1,12
4	7,6	10	4,5	25	2,9	63	2	160	1,53	400	1,23	1.000	1,10
5	6,6	12,5	4	32	2,6	80	1,85	200	1,45	500	1,19	1.250	1,08
6	5,9	16	3,6	40	2,4	100	1,74	250	1,37	630	1,15		

Dodatna snaga –  $N_{kWd}$  uvodi se u proračun kao prirast snage koji je neophodan za savlađivanje dodatnih otpora koji potiču od istovarnih uređaja, a koji su zavisni od širine trake:

- širina trake do 500 mm  $N_{kWd} = 0,75 \text{ kW}$
- širina trake do 1.000 mm  $N_{kWd} = 1,5 \text{ kW}$
- širina trake preko 1.000 mm  $N_{kWd} = 2 \text{ do } 3 \text{ kW}$ .

Prethodnim postupkom za proračun snage za pogon obezbeđena je podloga za utvrđivanje obimne sile koju treba predati s pogonskog bubnja na traku, što proizlazi iz činjenice da minimalna vrednost obimne sile mora da bude jednaka sumi otpora koji se suprotstavljaju kretanju trake:

$$P = \frac{N_{tu}}{v} \quad (\text{kN})$$

Na osnovu obimne sile  $R$ , maksimalana sila u traci, kao sila merodavna za dimenzionisanje trake, utvrđuje se preko izraza koji je nastao transformisanjem osnovnih jednačina koje predstavljaju teoretsku podlogu frikcionih prenosa:

$$S_n = P \left( 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

gde su:  $S_n$  – maksimalna vučna sila u traci u nailaznoj tački pogonskog bubnja (kN),  $e \approx 2,7183$  – osnova prirodnog logaritma,  $\mu$  – koeficijent trenja između bubnja i trake,  $\alpha$  – obuhvatni ugao (rad). Za trake s tekstilnim ulošcima minimalan broj umetaka jeste:

$$S_n \leq \frac{1.000 z B K_z}{k_s} \quad z \geq \frac{k_s S_n}{1.000 B K_z}$$

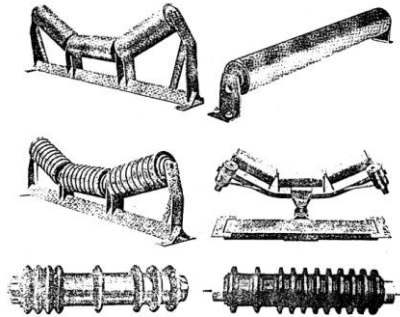
gde su:  $z$  – minimalni broj umetaka, kom.  $k_s$  – koeficijent sigurnosti,  $K_z$  – zatezna čvrstoća uloška trake N/mm<sup>2</sup>.

Vrednost koeficijenta bira se u zavisnosti od broja umetaka, pri čemu treba naglasiti da se za njega, po pravilu, usvajaju velike vrednosti zbog: slabljenja trake na mestu nastavka, neravnomerne raspodele opterećenja, slabljenja cele trake u toku eksploatacije, kao i prisustva otpora koji nisu obuhvaćeni proračunom. Za trake koje su pod nagibom usvajaju se veće vrednosti za koeficijent sigurnosti. Kod traka s manjim brojem umetaka, od tri do pet, preporučuje se vrednost za  $k_s = 11$ , a za trake od šest do devet uložaka, preporučuje se koeficijent sigurnosti  $k_s = 12$ . Minimalan broj umetaka zavisi i od širine trake, te broj umetaka ne može biti manji od tri za trake širine do 0,8 m, ni četiri za trake širine preko 0,8 m.

## Uređaji za nošenje i usmeravanje trake

Funkciju nošenja i usmeravanja, kako je to pomenuto, kod trakastog transportera, po pravilu, realizuju valjci za nošenje i usmeravanje. Oni se oslanjaju na ram, to jest noseću konstrukciju transportera i raspoređeni su na relativno malom rastojanju, iz čega rezultira i njihov veliki broj kao i visoko učešće u ceni koštanja postrojenja koje se kreće oko 25%. U toku rada transportera valjci su izloženi velikom naprezanju i u zavisnosti od uslova rada njihov vek je od četiri do šest godina.

Konstrukcija nosećih valjaka zavisi od namene transportera. Kod transportera namenjenih transportu komadnih materijala valjci su ravni, dok se kod transportera za transport rasutog materijala primenjuju različiti konstruktivni oblici, čiji su osnovni zadaci da traci obezbede koritast oblik i postizanje veće efektivnosti postrojenja. Za trake širine do 2.000 mm primenjuju se slogovi sa tri valjka, koji se izvode kao ležeci u odnosu na ram konstrukcije, a slogovi sa pet i sedam valjaka nalaze primenu kod traka s širinom većom od 2.000 mm i izvode se kao viseći, slika 4.79.



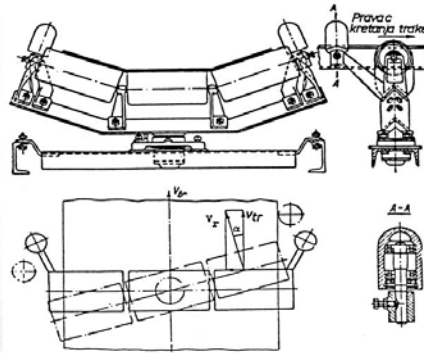
Slika 4.79. Osnovni tipovi nosećih valjaka za nošenje trake

U povratnoj grani transportera primenjuju se ravni valjci, kao i dvodelni postavljeni pod uglom  $8^\circ$  do  $15^\circ$  radi držanja pravca trake. Da bi se izbeglo oštećenje, dužina valjaka kod gumene trake prelazi širinu trake sa obe strane za 50 mm do 100 mm. Kod transportera za prevoz lepljivih i abrazivnih materijala u povratnoj grani, koriste se gumeni prstenovi, čime se sprečava lepljenje materijala i smanjuje habanje trake. Valjci se izrađuju od cevi ili livenjem, a kod malih opterećenja i od plastike. Prečnik valjaka zavisi od brzine kretanja, opterećenja trake i širine i kreće se u zavisnosti od pomenutih indikatora 100 mm do 200 mm. Rastojanje valjaka u opterećenoj grani obično je 800 mm do 1.800 mm, dok je rastojanje u povratnoj grani, dvostruko veće. Rastojanje valjaka zavisi od mase materijala, mase trake, brzine i veličine nagiba trake. Veličina merodavna za određivanje rastojanja nosećih valjaka jeste ugib trake između dva susedna valjka. Segment trake između dva susedna valjka približno ima oblik parabolične lančanice, a praktična istraživanja pokazala su da relativan ugib  $f/l$  treba da se kreće 0,5 % do 2 %. Najveći ugib nastaje na mestu gde je najmanja sila zatezanja u traci. Shodno tome, veličinu maksimalnog ugiba možemo odrediti preko izraza:

$$h = \frac{(q_{tn} + q_{tr})l_v^2}{8S_{\min}} \quad m$$

gde su:  $h$  – ugib trake (m),  $l_v$  – rastojanje između nosećih valjaka (m),  $q_{kNn}$  – dužinsko opterećenje od materijala (N/m),  $q_{kNr}$  – dužinsko opterećenje od trake (N/m),  $S_{\min}$  – minimalna sila zatezanja u traci (N).

Pri kretanju trake pod određenim okolnostima može se desiti da traka beži iz ose transportera, pa čak i da iskoči. Pravilno kretanje trake postiže se preciznom montažom postrojenja. Sile koje teže da izbace traku iz normalnog stanja uzrokovane su lepljenjem materijala na valjke i bubnjeve, naslagama leda, neravnotežom valjaka, različitim nivoima vlažnosti pojedinih valjaka koji se pojavljuju pri kiši nošenoj vetrom, nepravilno raspoređenom materijalu, otporima u ležajima kao i malim deformacijama rama transportera.



Slika 4.80. Specijalni valjci za korigovanje – vraćanje trake u osu transportera

Korekcija kretanja trake postiže se valjcima za usmeravanje kod transportera veće dužine. Kod kraćih transportera ova korekcija može se postići zakošavanjem bočnih valjaka  $2^\circ$  do  $3^\circ$ , sliku 4.80.

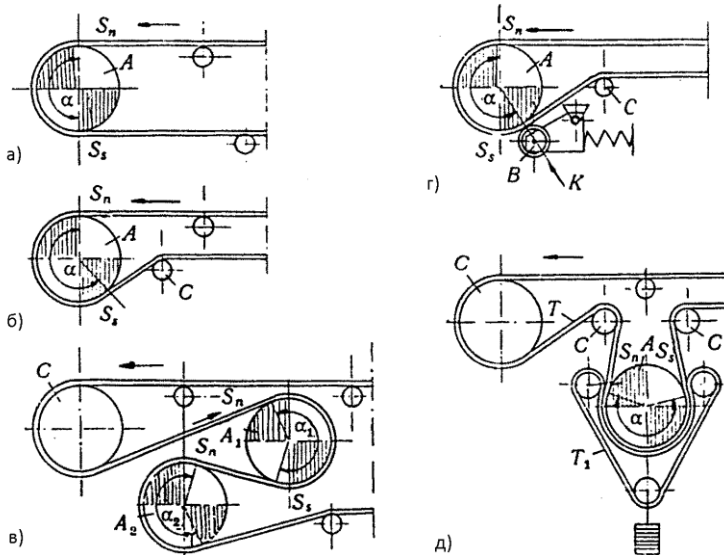
#### *Pogonski, zatezni i skretni uređaji*

Pogonski uređaj je pored trake najznačajniji deo transportera koji sadrži sve elemente neophodne za obezbeđenje kretanja trake. Sastoji se od pogonskog motora, reduktora, spojnice kočnice, jednog ili dva pogonska bubnja, kao i nekih drugih elemenata čija primena zavisi od namene, odnosno uslova rada transportera. Elektromotor zbog niske cene, trenutne pogonske spremnosti i ekoloških razloga, najčešće se koristi kao pogonski agregat kod trakastih transportera. U specijalnim uslovima kao što su, npr. u rudnicima, koriste se vazdušni i hidraulični motori, a na mestima gde se ne može obezbediti napajanje električnom energijom, koriste se i SUS motori.

Spojnica ima zadatak da zaštiti pogonski motor od preopterećenja i dinamičkih udara. U zavisnosti od snage motora i broja pogonskih bubnjeva, koriste se različiti oblici spojnice. Kod manjih postrojenja u primeni su elastične spojnice, a kod većih postrojenja, po pravilu, koristi se hidraulična spojnica. Kočnica ima višestruki značaj u okviru pogonskog uređaja. Kod kosih transportera kočnica ima zadatak da spreči vraćanje materijala, a kod spuštanja materijala služi za regulaciju brzine. Bubnjevi se izrađuju od livenog čelika ili gvožđa ili kao zavarena konstrukcija. Radi usmeravanja trake omotač bubnja obično je u odnosu na krajeve ispupčen oko  $5\% \square D_b$ . Kako bi se povećao koeficijent trenja između trake i bubnja, njegova površina presvlači se gumom ili nekim drugim specijalnim materijalima. Dužina bubnja kod gumenih traka veća je od širine trake 200 mm do 400 mm. Površina bubnja obično se izvodi sa žlebovima da bi se izbeglo lepljenje materijala. Prečnik bubnja zavisi od broja uložaka. S povećanjem broja uložaka treba da raste i prečnik bubnja kako bi se izbeglo pucanje i raslojavanje uložaka. Minimalan prečnik bubnja određuje se preko izraza:

$$D_{b\min} = \frac{2(S_n - S_s)}{p_d \hat{\alpha} B} m, \text{ gde su:}$$

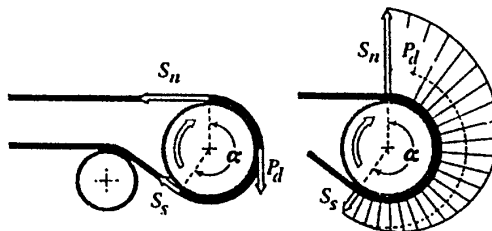
$S_n$  – zatezna sila u nailaznoj tački bubnja  $N$ ,  $S_s$  – zatezna sila u silaznoj tački bubnja  $N$ ,  $r_d$  – dozvoljeni pritisak između trake i bubnja (za trake sa sinteričkim ulošcima  $p_d \leq 40 \text{ kRa}$ )  $Ra$ ,  $\hat{\alpha}$  – obuhvatni ugao između trake i bubnja (Rad).



a) pogon sa jednim dobošem; b) pogon sa jednim pogonskim i jednim skretnim dobošem; v) pogon sa dva pogonska doboša; g) pogon sa jednim pogonskim i jednim pritiskajućim dobošem; d) pogon sa jednim pogonskim dobošem i pritiskajućom trakom

Slika 4.81. Tipični oblici sistema pogona trake

Pored pritiska, pri izboru prečnika bubnja kao kontrolni kriterijum, koristi se i dozvoljeno istezanje i nabiranje uložaka. Tipični oblici sistema pogona dati su na slici 4.81. Kao što je u uvodu naglašeno, traka omogućava kretanje prenosom obimne sile s pogonskog bubnja na traku i to putem trenja. Da bi se stvorili uslovi za prenos obimne sile na traku putem trenja, ona mora da bude obavijena oko bubnja određenim obuhvatnim uglom i prethodno zategnuta, još u stanju mirovanja preko zateznog uređaja. Teoretsku osnovu za definisanje maksimalne sile koja se mođe preneti s bubnja na traku obezbeđuje *Ejtelvajnov* granični uslov, slika 4.82.



Slika 4.82 Raspodela sila na pogonskom bubnju

$$\frac{S_n}{S_s} = e^{\mu \hat{\alpha}}$$

Obimna sila koja se moć e preneti s bubnja na traku jeste:

$$P_d = S_n - S_s = S_s (e^{\alpha \mu} - 1) \quad (N)$$

Kako bi se ostvarile operativne podloge za izračunavanje relevantnih sila u tabeli 4.7, date su vrednosti za  $e^{\alpha \mu}$  u funkciji standardnih vrednosti za  $\alpha$  i  $\mu$ .

Tabela 4.7 Karakteristične vrednosti za  $e^{\alpha \mu}$  u funkciji  $\alpha$  i  $\mu$

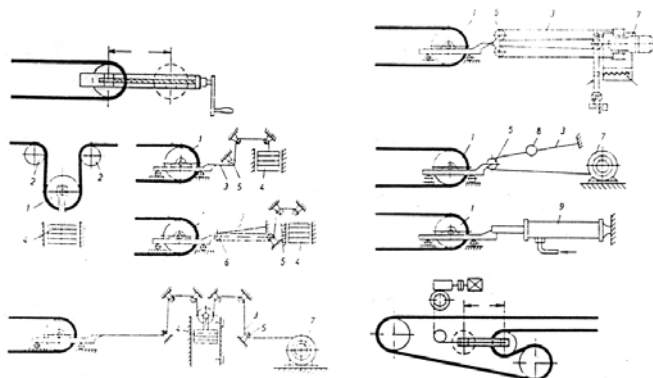
$\mu / \alpha$	180° (3,14)	210° (3,66)	240° (4,19)	300° (5,24)	360° (6,28)	400° (8,36)
0,1	1,37	1,44	1,52	1,69	1,87	2,02
0,15	1,6	1,73	1,87	2,19	2,57	2,87
0,2	1,87	2,08	2,31	2,85	3,51	4,04
0,25	2,56	3	3,51	4,81	6,59	8,17
0,3	3	3,61	4,38	6,25	9,02	11,62
0,4	3,51	4,33	5,34	8,12	12,35	16,41

Da bi se došlo do odgovora koja je optimalna konfiguracija sistema za povećanje moći prenošenja obimne sile s bubnja na traku, neophodna je šira analiza relevantnih indikatora. Kombinovanjem prethodnih jednačina, maksimalna odnosno nailazna sila na pogonskom bubnju, moć e da se izrazi kao proizvod obimne sile  $R$  i pogonskog faktora  $(1+1/e^{\alpha \mu} - 1)$  :

$$S_n = P \left( 1 + \frac{1}{e^{\alpha \mu} - 1} \right) \quad (N)$$

U postupku optimizacije pogonskog ureĉaja moguće je delovanje samo na parametre:  $\alpha$  – obuhvatni ugao i  $\mu$  – koeficijent trenja, jer je obimna sila zadata, to jest odreĉena otporima koji se suprotstavljaju kretanju trake. Tehniĉke mogućnosti za povećanje vrednosti za ova dva indikatora, prethodno su već predstavljene. Obuhvatni ugao povećava se primenom skretnog bubnja kod jednobubanjskog pogona, kao i primenom dva pogonska bubnja kod većih postrojenja ĉijom primenom se mogu dostići vrednosti do 420°. Koeficijent trenja povećava se oblaganjem bubnja odgovarajućim materijalima. Polazeći od toga da je obimna sila zadata veličina, lako se moć e uoĉiti da za  $\alpha$  i  $\mu$  treba odabrati one vrednosti koje daju minimalnu vrednost za nailaznu silu  $S_n$ .

Analiza egzaktnih vrednosti ukazuje na to da nema smisla sparivati ekstremno velike vrednosti za ova dva indikatora iz razloga što raste cena pogonskog ureĉaja, a ne postić e se adekvatno smanjenje maksimalne sile u traci. Zadatak zateznog ureĉaja jeste da obezbedi stvaranje potrebne sile trenja izmeĉu pogonskog bubnja i trake kao i odrţavanje ugiba trake u dozvoljenim granicama. Zatezanje trake tehniĉki se realizuje na različite načine, a prema principu rada, zatezni ureĉaji mogu se podeliti u tri grupe: s manuelnim zatezanjem, zatezanjem preko tega i automatskim mehaniĉkim zatezanjem, slika 4.83.



Slika 4.83. Šematski prikaz zateznih uređaja

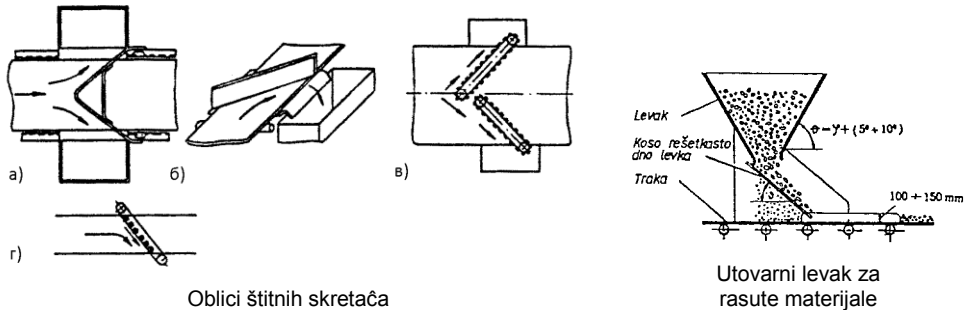
Pri manuelnom zatezanju potrebna sila postiže se preko navojnog vretena koje je postavljano na povratnom bubnju. Ovo konstruktivno rešenje zbog ograničenog hoda nalazi primenu kod transportera male dužine, pri čemu treba naglasiti da se odlikuje niskom cenom i jednostavnošću. Zatezni uređaji s tegom obezbeđuju jednako zatezanje bez obzira na istežanje i opterećenje trake. Uređaj s tegom obično se postavlja kod povratnog bubnja ili iza pogonskog bubnja na silaznoj, to jest povratnoj strani trake.

Osnovni nedostatak im je velika masa i glomazna konstrukcija kao i velika pogonska snaga pri puštanju postrojenja u rad, a dobra svojstvo, kako je već naglašeno, predstavlja konstantno zatezanje trake. Za automatsko mehaničko zatezanje karakteristično je da se sila zatezanja prilagođava stanju u kome se postrojenje nalazi. Pri pokretanju, da bi se izbeglo proklizavanje trake radi opadanja adhezije, povećava se sila zatezanja, dok se u normalnom radu sila zatezanja smanjuje. Automatska regulacija zatezanja trake jeste najcelishodnije rešenje kod velikih postrojenja, jer traka ne radi konstantno pod maksimalnom silom zatezanja, već s minimalnom dozvoljenom, zbog čega ima i duži radni vek. Promena pravca trake obavlja se preko skretnih bubnjeva, klizne šine ili baterije valjaka. Prelaz iz kosog pravca u horizontalan realizuje se preko bubnja ili klizne šine, međutim, kod koritaste trake na mestima skretanja postavljaju se baterije valjaka u gustom rasporedu.

#### *Pomoćni utovarno-istovarni uređaji*

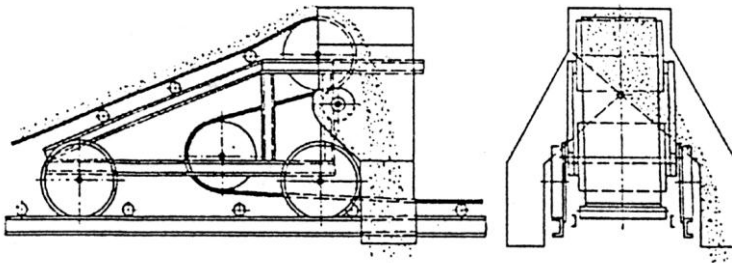
Za utovar i istovar materijala kod trakastog transportera koriste se specijalni uređaji. Ova vrsta uređaja ima više funkcija: omogućava utovar i istovar materijala na mestima koja su uslovljena tehnološkim procesom i obezbeđuje stabilano kretanje trake, kao i njenu zaštitu od oštećenja pri transportu rasutih materijala. Konstrukcija ovih uređaja zavisi od vrste materijala i karakteristika procesa koje transporter opslužuje. Uređaji koji su namenjeni transportu komadnih materijala imaju relativno jednostavnu konstrukciju. Utovar se često realizuje manuelno ili pod dejstvom gravitacije, dok se istovarni uređaji najčešće sreću u obliku štitnih skretača, koji mogu da budu: jednostrani, dvostrani, klizni, s mehaničkim pogonom, fiksni i pokretni, slika 4.84.





Oblici štinitnih skretača  
Slika 4.84. Pomoćni uređaji kod transportera

Kod rasutih materijala utovarni uređaj obezbeđuju prihvatanje materijala, njegovo ravnomerno raspoređivanje, odnosno eliminisanje ekscentričnih opterećenja koja izazivaju izbacivanje trake iz pravca, pri čemu je od posebnog značaja i zaštita trake od oštećenja i intenzivnih habanja usled proklizavanja trake ispod materijala. Utovarni uređaj za rasute materijale obično imaju oblik levka čije je dno izrađeno, odnosno izvedeno kao rešetka kroz koju propadaju finije čestice materijala, čime se obrazuje zaštitni sloj pre kontakta grubih čestica materijala s trakom, uz postizanje zaštitne funkcije utovarnog uređaja.

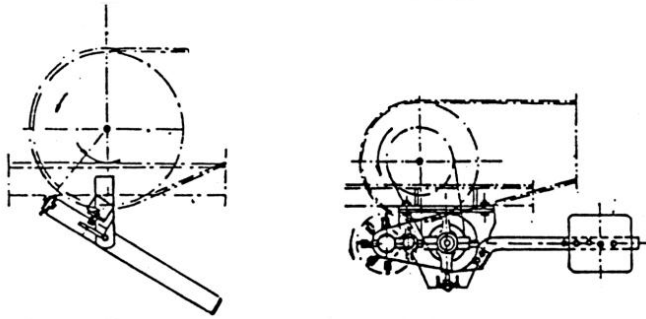


Slika 4.85. Izbacivač sa dva bubnja

Istovar rasutih materijala kod transportera takođe se realizuje štinitnim skretačima, ali daleko povoljnije rešenje predstavljaju izbacivači s bubnjevima, slika 4.85.

#### Uređaji za čišćenje trake

Pri transportu lepljivih materijala, da bi se izbeglo ukošavanje trake i njeno intenzivno habanje, mora se obezbediti čišćenje trake, bubnjeva i nosećih valjaka. Najefikasnije čišćenje jeste nakon istovara materijala. Za čišćenje se koriste razni oblici uređaja: gumeni grebač, rotirajuće četke i dr., a kod transportera velike dužine koristi se i prevrtanje trake, slika 4.86.

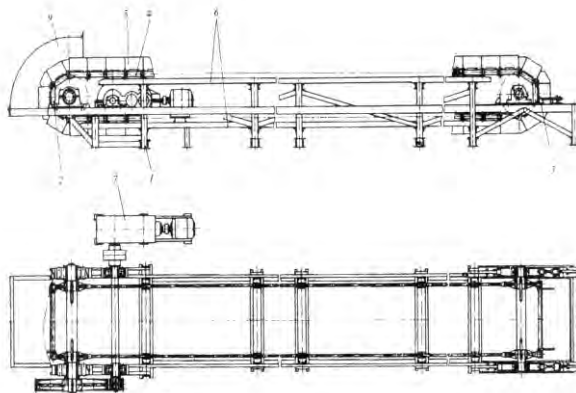


Slika 4.86. Uređaji za čišćenje trake

Iz aspekta tehničko-tehnoloških svojstvo, trakasti transporter imaju univerzalnu primenu na železnici, u rudarstvu, prerađivačkoj i hemijskoj industriji, trgovini i drugim delatnosti, zbog velikog kapaciteta i male potrošnje pogonske energije.

#### 4.6.3. Člankasti transporter

Člankasti transporter takođe pripada grupi sredstava s neprekidnim dejstvom. Osnovni elementi transportera jesu: beskrajni radni organ, noseća konstrukcija koja sve elemente povezuje u jednu celinu, lančanik, pogonske i zatezne stanice, slika 4.87.



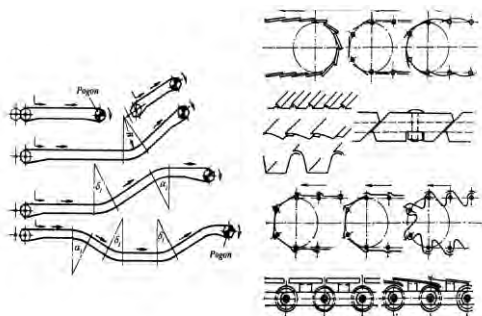
Legenda: 1. Noseća konstrukcija, 2. Pogonska zvezda, 3. Povratna zvezda, 4. Vučni lanac, 5. članci, 6. Vočce, 7. Pogonska stanica, 8. Zupčanik, 9. Štitnik za prašinu

Slika 4.87. Osnovni elementi člankastog transportera

Radni organ sastoji se od vučnog elementa, izvedenog obično u obliku lanca s lamelama – zglobovima (s valjcima ili točkicama) na kojima su na određenom rastojanju postavljeni noseći elementi u obliku članaka, po kojima je ovaj transporter i dobio ime. Oblik nosećih elemenata zavisi od vrste materijala koji se transportuje i može da bude pločast (prekrivenim; neprekrivenim i konveksnim pločama; savijeni prekriveni; pričvršćeni vijcima; obostrano konkavni prekriveni; jednostrano konkavni; prekriveni i dr.) – pločasti transporter, u vidu letvi (letvičast), štapova, raznih oblika posuda (korita, kutija i dr). Noseći elementi izrađeni su od čelika, legura aluminijuma, plastike, reće drve-

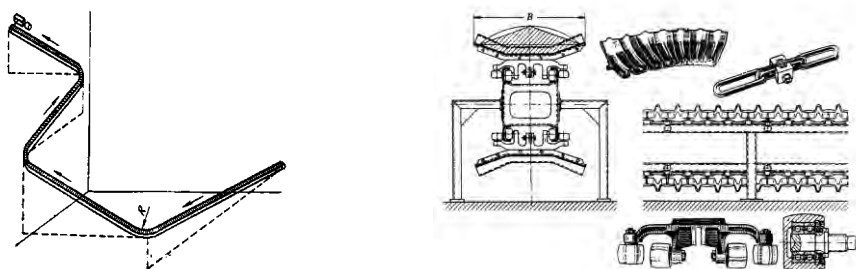
ta. Kutijasti oblici koriste se za transport rasutih, odnosno tečnih materijala, a elementi u obliku ploča i štapova za transport komadnih materijala. Pored konvencionalnih oblika koriste se i specijalni oblici članaka, koji su posebno prilagođeni zahtevima procesa u kojima se transporter koristi (procesi livenja, pranja i dr). Specijalni oblici člankastih transportera jesu eskalatori (pokretne stepenice), koji se koriste za prevoz putnika, kod kojih su članci izvedeni u obliku stepenika.

Člankasti transporter konvencionalne konstrukcije ima mogućnost jednostavnog prilagođavanja trase u horizontalnoj, kosoj i vertikalnoj ravni, s minimalnim radijusom vertikalne krivine od  $R_v \geq 6$  m, i horizontalne  $R_h \geq 4$  m, slika 4.88. Maksimalan nagib transportera zavisi od oblika članka i kreće se  $35^\circ$  do  $40^\circ$ . Kod kutijastih članaka taj nagib može da bude i  $70^\circ$ . Vrlo su fleksibilni tako da se mogu postaviti u horizontali do  $90^\circ$ . Dimenzije članaka obično su: dužina 400 mm do 1.600 mm, spoljna širina 250 mm do 400 mm i unutrašnja širina 190 mm do 325 mm.



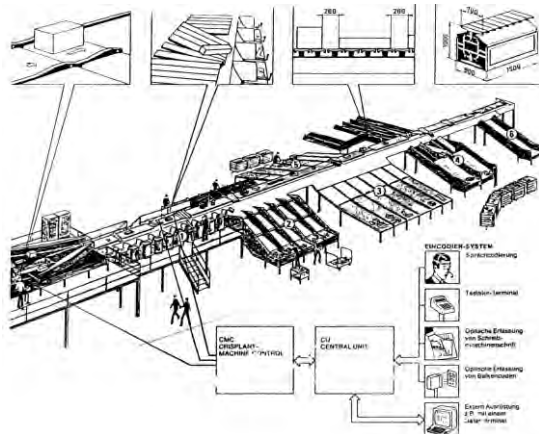
Slika 4.88. Karakteristični oblici trasa i članaka konvencionalnih člankastih transportera

Zbog krutosti radnog organa i velikih dinamičkih opterećenja brzina člankastog transportera relativno je mala 0,1 m/s do 0,66 m/s, a izuzetno do 1,3 m/s. Transportni kapacitet zbog relativno male brzine radnog organa, kreće se najviše do 1.000 t/h.



Slika 4.89. Člankasti transporter s prostornom trasom

Transporter je relativno kratak – nekoliko stotina metara. Širina radnog organa nije samo funkcija kapaciteta, već zavisi i od veličine komada materijala koji se transportuje. Kod specijalnih konstrukcija transportera, trasa može da ima i prostorni oblik, slika 4.89. Utovar i istovar mogu se realizovati u bilo kojoj tački opterećene grane, a istovar se realizuje na bilo kom mestu pomoću štitnog skretača ili prevrtanjem članaka. Konstruktivni oblik transportera s prevrtanjem veoma se koristi kod linija za sortiranje poštanskih ili ekspres pošiljaka, slika 4.90.



Slika 4.90. Transporter s prevrtanjem članaka

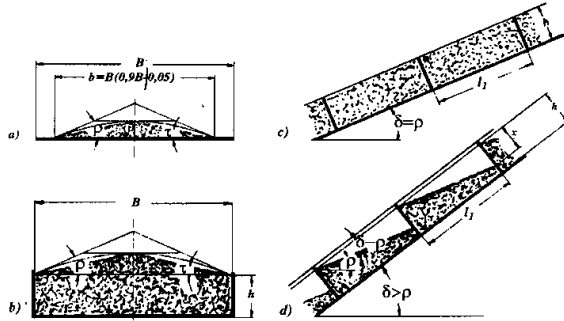
Robustna konstrukcija osnovna je prednost člankastog transportera i zahvaljujući tome oni su nezamenljivi pri transportu grubih komada materijala, velike mase i s oštrim ivicama. Oštećeni članci lako se zamenjuju. Osnovno loše svojstvo u radu transportera jeste što materijal može da se zaglavi između članaka, a to zahteva neprekidnu kontrolu u radu i studiozan rad pri projektovanju i izradi članaka transportera. Takođe, nedostatak predstavlja i velika masa radnog organa, koja uzrokuje veliku potrošnju energije za kretanje, odnosno transport materijala. Velika masa radnog organa (oko polovine mase celog transportera) uslovljava i malu brzinu kretanja ali i veliku cenu kompletnog postrojenja.

Ova vrsta transportera pre svega, veoma se koristi u procesima gde se pojavljuju potrebe za transportom materijala velike nasipne gustine s komadima velike krupnoće, oštrih ivica i velike tvrdoće, a veoma je pogodan i za transport zagrejanog materijala. Zbog robustne konstrukcije često se koristi za izvlačenje materijala iz bunkera i u procesima gde je potrebno pečenje, pranje i sušenje materijala s radnim temperaturama većim od 60°. Člankasti transporter danas se često koristi i u pogonima za reciklažu smeća. Kao što je naglašeno, njegova primena korisna je i na linijama za sortiranje paketa i u prevozu putnika na pokretnim stepenicama. Najviše se koristi u čeličanicama, livnicama, rudnicima, industriji građevinskog materijala, hemijskoj industriji, reciklaži i otpada, kod pokretnih trotoara i stepeništa (eskalatori), kod sortirnih sistema i dr. Takođe, člankasti transporter može biti deo nekog pretovarnog sistema, gde radi u kombinaciji sa drugim sredstvima mehanizacije.

Analogno trakastom transporteru, za utvrđivanje transportnog kapaciteta kod člankastog transportera, koristi se osnovna jednačina koja se temelji na poznavanju površine preseka materijala na nosaču transportera, odnosno članku:

$$Q_t = 3600 F v \gamma \psi_p \cos \delta \quad (t/h)$$

Kao što je već istaknuto, osnovni problem predstavlja utvrđivanje površine preseka materijala na nosećem elementu. Praktična istraživanja pokazala su da površina preseka materijala može da se najbolje aproksimira površinom jednakokrakog trougla čije katete zaklapaju s osnovicom ugao  $\tau = p/2$ , što daje dobre rezultate u praksi, slika 4.91.



Slika 4.91 Aproximacija površine preseka materijala kod člankastog transportera

Površina preseka materijala na ravnom članku jeste:

$$F = \frac{b^2}{4} \operatorname{tg} \tau = \frac{(0,9 B - 0,05)^2}{4} \operatorname{tg} \frac{\rho}{2} \quad (m)^2$$

Zamenom u osnovnoj jednačini dobija se transportni kapacitet za transporter s ravnim člankom:

$$Q_t = 900 (0,9 B - 0,05)^2 v \cdot \gamma \psi_p \cdot \operatorname{tg} \frac{\rho}{2} \cos \delta \quad (t/h)$$

gde su:  $B$  – širina članka m,  $v$  – brzina kretanja radnog organa m/s,  $\gamma$  – nasipna gustina materijala  $kN/m^3$ ,  $\psi_p$  – koeficijent popunjenosti materijalom,  $\rho$  – prirodni ugao nasipanja materijala °  
 $\beta$  – ugao nagiba transportera °.

Površina preseka materijala i transportni kapacitet kod kutijastog članka i horizontalnog transportera, određuju se iz odnosa:

$$F = B h + \frac{B^2}{4} \operatorname{tg} \frac{\rho}{2} \quad (m^2)$$

$$Q_t = 900 \left( 4 h + B \operatorname{tg} \frac{\rho}{2} \right) v \gamma \psi_p \quad (t/h)$$

Kod kutijastog članka i kosog transportera sa uglom nagiba manjim od prirodnog ugla nasipanja materijala ( $\delta < \rho$ ), transportni kapacitet jeste:

$$Q_t = 900 B \left( 4 h + B \operatorname{tg} \frac{\rho}{2} \cos \delta \right) v \gamma \psi_p \quad (t/h)$$

Ako je nagib transportera jednak uglu prirodnog nasipanja materijala ( $\delta = \rho$ ) i kada je članak kutijast, transportni kapacitet određuje se iz odnosa:

$$Q_t = 3600 B h v \gamma \psi_p \quad (t/h)$$

Za sandučasti članak i nagib transportera veći od ugla prirodnog nasipanja ( $\delta > \rho$ ), površina i transportni kapaciteti određuju se iz odnosa:

$$F = B \left( h - \frac{x}{2} \right) = B \left[ h - \frac{l_1}{2} \operatorname{tg} (\delta - \rho) \right] \quad (m)^2$$

$$Q_t = 1800 B [2h - l_1 \operatorname{tg} (\delta - \rho)] v \gamma \psi_p \quad (t/h)$$

Stepen popunjenosti jeste  $1 \geq \Psi_r \geq 0,5$  i njime se ne obuhvata samo smanjenje preseka materijala zbog lošeg punjenja, već i gubici koji su posledica propadanja materijala između članaka.

Kao što je poznato, pri projektovanju pretovarnih sistema, uvek je data količina materijala koju treba transportovati, jer je ona sastavni deo pretovarnog zadatka, dok je nepoznata širina radnog organa to jest članka transportera. Širina članka određuje se relativno jednostavno iz datih jednačina za transportni kapacitet. Najpre se odredi površina preseka materijala, a potom i širina članka. Pri definisanju širine članka mora se koristiti i kontrolni kriterijum, u zavisnosti od oblika članka i veličine komada u strukturi materijala, tabela 4.8.

Tabela 4.8 Minimalna širina članka kod člankastog transportera (B)

Oblik članka	Vrsta materijala	Veličina komada (m)				
		0,10	0,16	0,25	0,40	0,63
Ravan članak	Nesortiran materijal	0,4	0,4	0,5	0,85	–
	Sortiran materijal	0,4	0,5	0,67	1,06	1,4
Kutijast članak	Nesortiran materijal	0,4	0,4	0,5	0,67	–
	Sortiran materijal	0,4	0,4	0,5	0,85	1,2

Proračun snage shodno DIN 22200 preko jedinstvenog koeficijenta, u praksi često se koristi zbog jednostavnosti postupka i tačnosti rezultata. Postupak se zasniva na razlaganju ukupne snage na četiri karakteristične parcijalne komponente: proračun snage potrebne za pogon neopterećenog transportera, snage za prenošenje materijala, snage za podizanje materijala i tzv. dodatne snage kojom su obuhvaćeni dopunski otpori. Snaga za pogon neopterećenog transportera određuje se preko odnosa:

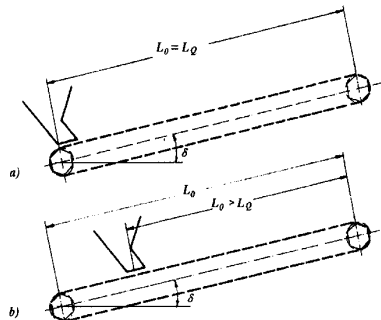
$$N_1 = \frac{L_o f q_m \cos \delta v}{1000} \quad (kW)$$

gde su:  $L_o$  – dužina transportera od ose do ose lančane zvezde m,  $q_m$  – dužinsko opterećenje od pokretnih delova radnog organa transportera (obrotni delovi valjaka, vučni i noseći elementi) N/m,  $v$  – brzina kretanja nosećeg elementa m/s,  $f$  – ukupni koeficijent otpora.

Snaga potrebna za prenošenje materijala određuje se iz odnosa:

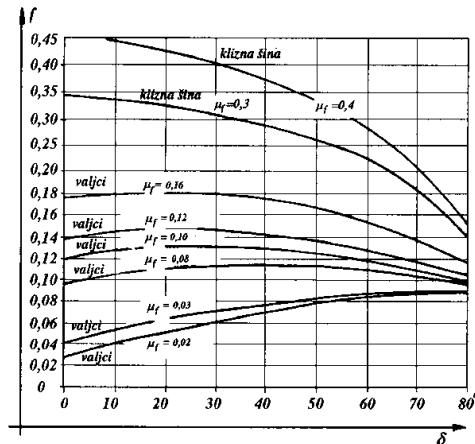
$$N_2 = \frac{L_o f Q_i \cos \delta}{3600} \quad (kW)$$

gde su:  $Q_q$  – dužina transporta m,  $Q_{kN}$  – opterećenje koje nastaje usled prenosa materijala u jedinici vremena kN/h, slika 4.92.



Slika 4.92. Odnos dužine transporta i osnog rastojanja vratila lančanih zvezda

Ukupni koeficijent otpora ( $f$ ) koji figurira u izrazu za proračun otpora kretanja neopterećenog transportera jeste složena veličina. On je utvrđen eksperimentalnim ispitivanjima u realnim uslovima korišćenja, tako da se pri proračunu može koristiti dijagram dat na slici 4.93.



Slika 4.93. Ukupan koeficijent otpora kretanja u funkciji nagiba transportera prema DIN 22200

Da bi se očitala vrednost koeficijenta ( $f$ ), prethodno se mora utvrditi redukovani koeficijent i poznavati ugao nagiba transportera ( $\delta$ )  $f = f(\mu, \delta)$ .

$$\mu_f = \frac{2}{d_T} \left( f_k + \mu_z \frac{d_z}{2} \right)$$

gde su:  $d_T$  – prečnik valjka preko koga se oslanja vučni lanac m,  
 $f_k$  – korak koeficijenta otpora kotrljanja cm,  
 $\mu_z$  – koeficijent trenja u ležaju valjka,  
 $d_z$  – prečnik osovine valjka m.

Snaga potrebna za podizanje materijala na visinu (N) određuje se iz odnosa:

$$N_3 = \pm \frac{Q_v L Q \sin \delta}{3600} \quad (kW)$$

Poznato je da se kod različitih sredstava pojavljuju i specifični otpori koje je teško izraziti nekom potpuno egzaktnom analitičkom relacijom, već se za utvrđivanje njihovog uticaja koriste korektivni faktori utvrđeni eksperimentalnim merenjima u eksploataciji. U tu kategoriju ubrajaju se i dodatni otpori kod člankastog transportera, koji se odnose na otpore utovara i istovara, otpore pri čišćenju nosećih elemenata, otpore skretanja radnog organa u krivinama i dinamičke otpore, koji nastaju usled pulsirajućeg kretanja radnog organa. Snaga potrebna za savlačvanje dodatnih otpora  $N_4 = N_z$ , određuje se iz odnosa:

$$N_z = \frac{\sum_{i=1}^n W_{zi}}{1000 \eta_p} \quad (kW)$$

Iz svrsishodnih razloga, pri proračunu snage preko jedinstvenog koeficijenta dodatni otpori obično se uzimaju u obzir primenom korektivnog faktora tako što se suma

parcijalnih snaga uveća 20% do 60%. Ukupna snaga potrebna za savlačivanje otpora jeste:

$$N_U = (1,2 \div 1,6)(N_1 + N_2 + N_3) \text{ (kW)}$$

Ukupna snaga na vratilu pogonske zvezde određuje se iz odnosa:

$$N_{VZ} = 1,2 \div 1,6 \left[ f \cos \delta \left( \frac{L_o q_m v}{1000} + \frac{L_Q Q_v}{3600} \right) \pm \frac{Q_v L_Q \sin \delta}{3600} \right] \text{ (kW)}$$

Snaga na vratilu motora iznosi:

$$N_{VM} = \frac{N_{VZ}}{\eta_p} \text{ (kW)}$$

gde je:  $\eta_p$  – stepen korisnosti mehaničkog prenosnika.

Pogon člankastih transporterera najčešće se kombinuje s elektromotorom i motorom s komprimovanim vazduhom. Motori s komprimovanim vazduhom obezbeđuju postupno pokretanje vučnog organa, a time i članaka do radne brzine, dok elektromotor dalje nastavlja rad. Kod kraćih transporterera, do 200 m, pogon je izveden sa jednom pogonskom stanicom. Kod transporterera dužine 200 m do 400 m pogon se izvodi sa dve pogonske stanice na početku i kraju transporterera, dok se kod specijalnih transporterera preko 400 m pogon izvodi sa više pogonskih stanica raspoređenih tako da ravnomerno primaju otpore po celoj dužini vučnog organa. Princip rukovanja člankastim transporterom isti je kao i kod trakastog, odnosno sa jednog pulta na kome se nalaze sve komande. Kod transporterera velikih dužina pojedini segmenti trase startuju automatski prema propisanoj tehnologiji rada.

Kod člankastih, kao i kod trakastih transporterera, postoje dodatni uređaji kao što su:

- ograde koje sprečavaju padanje materijala van staze,
- pokrivači duž trase koji štite materijal od vremenskih nepogoda,
- posebna oprema za zaštitu pri radu u nepovoljnim klimatskim uslovima (vlaga, para, visoke temperature, dim i dr).

Postoje specijalni oblici člankastih transporterera: sa prostornom trasom (putanjom kretanja), transporter za nošenje teških cilindričnih komada materijala, transporter u obliku obrtnih stolova, transporter za prenos boca, transporter sa rešetkastim članovima, gde svaki od ovih nalazi svoju primenu u specifičnim uslovima intralogistike.

Sa aspekta tehnologije, člankasti transporteri mogu menjati pravac kretanja za 90%, imaju miran i tih hod radnog organa, što je vrlo značajno u nekim tehnološkim procesima pri projektovanju fleksibilnih putanja, posebno tamo gde se zahteva gravitacioni istovar. Pri projektovanju, bez obzira na noseći element, treba koristiti metod jedinstvenih koeficijenata kao pristup u izboru tehničkih karakteristika transporterera.

#### 4.6.4. Pneumatski transporter

Pneumatski transport jeste specifičan oblik transporta kod koga se materijal prenosi kroz cev određenog prečnika, gde vazduh struji određenom brzinom povlačeći za sobom i materijal. Ovakav način transporta materijala primenjuje se u mnogim delatnostima: saobraćaju, prehrambenoj industriji, građevinarstvu, rudarstvu i svim onim delatnostima gde postoji potreba pretovara rasutih i komadnih materijala male specifične mase, sitno zrnaste i praškaste, koji se ne lepe za zidove cevi. To su: sve vrste žitarica, cement, ugljena prašina kod visokih peći, šljaka, razni koncentрати i



Čubriva, drvena pilotina, pepeo, gips, fosforna ruda, so, pamuk, pisma, manji paketi i ljudi tzv. „aero liftovima“.

U osnovi rada pneumatskog transportera postoje dva sistema: potiskujući s komprimovanjem (sabijanjem) i vakumski (usisavajući) sistem. Kod prvog sistema koriste se kompresori, vazdušni duvači i ventilatori, a kod drugog vakuumske pumpe i ventilatori. Postoje i kombinovani sistemi kod kojih se na vakumski nastavlja potiskujući sistem i mehanički (komorni i beskomorni s velikim nad pritiskom, pušni hranitelji (Fulerov), sabirni i dr. koji se koriste u zavisnosti od tehnologije rada. Usisavajući sistem povlači materijale sa jednog ili više mesta (2 do 4) do prijemnog rezervoara manje zapremine, odakle se pretovara na jedno željeno mesto. Koristi se najviše pri pretovaru žitarica. Potiskujući sistem je povoljniji kada se sa jednog mesta materijal povlači i pretovara na više mesta. Sa aspekta radne lokacije, mogu biti: mobilni, odnosno laki, i stabilni, odnosno teški, vezani za jednu lokaciju kada je reč o tzv. pneumatskom postrojenju.

Prosečan kapacitet lakih pneumatskih transportera jeste 20 t/h do 60 t/h reče nekoliko stotina tona 200 t/h do 400 t/h, i više, što je karakteristika pneumatskih postrojenja. Prosečna horizontalna rastojanja transporta iznose 10 m do 50 m, ponekad i nekoliko stotina, a u posebnim slučajevima 1.500 m do 2.000 m, s vertikalnom, odnosno visinskom razlikom transporta 10 m do 20 m, a u nekim slučajevima maksimalno do 100 m. Maksimalna granulacija kod komadnih materijala iznosi 30 mm do 40 mm, a kod nekih transportera i do 80 mm. Eventualni radijusi krivina cevi moraju biti 9 do 10 puta veći od spoljnog prečnika cevi. Dužina usisnog dela cevnog voda u praksi treba da ima jednu trećinu, a izduvnog dve trećine celokupne transportne dužine.

Glavni nedostatak pneumatskog transporta jesu relativno veliki troškovi pogonske energije i troškovi intenzivnog održavanja provodnika, posebno na krivinama cevovoda zbog povećanog trenja – grebanja materijala po zidovima cevi, što utiče na cenu rada. Prednosti ovog načina transporta iskazuju se kroz:

- automatizovan proces pretovara bez angažovanja radne snage,
- mali rastur materijala,
- ekološku podobnost,
- maksimalnu iskorišćenost kapaciteta,
- lako održavanje i dug vek trajanja,
- prosto rukovanje i veliku mobilnost na mestima pretovara.

Laki pneumatski transporteri imaju elektromotorni pogon s dizel motorom. Kod pogona s elektromotorom najčešće se ugrađuje poseban dodatni uređaj za izdvajanje prašine, tzv. *ciklon za prašinu*, čija je osnovna funkcija smanjenje procenta prašine 10% – 12%, radi produženja veka trajanja kompresora. Dizel pogon omogućava rad transportera na mestima gde ne postoji izvor električne energije i nije zavisna od dužine priključnih kablova. Snaga četvoropolnog elektromotora iznosi 30 kW do 60 kW pri 1.450 o/min, kod dizel pogona 60 kW do 182 kW s maksimalnih 5000 o/min do 7000 o/min sa transmisijom i remenicom. Prečnik cevi iznosi  $D = 125$  mm do 200 mm, dok se njihova dužina prilagođava transportnim zahtevima i zavisi od krupnoće čestica koje se transportuju ( $D \geq 3d$ ). Sopstvena masa transportera s elektromotorom iznosi oko 2.000 kg, dok s dizel motorom iznosi 2.600 kg do 4.000 kg. Pneumatski transporter je vučena mašina, priključena za traktor ili kamion, dok se na dužim relacijama se transportuje unutar vozila. Transportna brzina kao vučnog vozila iznosi do 10 km/h.



smeru kretanja kazaljke na satu. Vazduh oslobođen transportnog materijala dolazi u izdvajač prašine (3), gde se pod dejstvom centrifugalne sile izdvaja jedan deo grublje prašine i pada u levak izdvajača. Nataložena prašina iz ciklona preko malog ciklona izdvajača pada u posudu za prašinu (12), odakle se izbacuje napolje. Pokretne cevi za usisavanje i izduvavanje mogu biti: nesavittljive i savittljive (metalni od čeličnog lima) i savittljive (armirane gume). Kontrola procesa transportovanja obavlja se manometrom i vakumetrom. Manometrom se kontroliše pritisak 0 MRa do 0,16 MRa ( $1\text{kr/cm}^2 = 0,1\text{MRa}$ ), a vakumetrom potpritisak u granicama 760 mm/Hg do 0 mm/Hg. U odnosu na ostala sredstva s kontinualnim dejstvom, kapacitet pneumatskog transportera zavisi od koncentracije materijala i vazduha, gustine i vlažnosti materijala, procenta prašine i nečistoća (maksimalno 0,2% do 0,3%), deklarirane razdaljine transporta (oko 40 m) i slobodnog protoka vazdušne struje bez prepreka i stranih tela na ulazu sisaljke, jedinice izražavanja u  $Q_r(t/h)$  i  $V_r(m^3/s)$ , vrste pneumatskog postrojenja i dr. Kapacitet lakih transportera nalazi se u funkciji mase koncentracije smeše i izražava se odnosom:

$$\mu = Q_r / 3,6 \rho_o V_o \quad \text{kg materijala/ kg vazduha u jedinici vremena}$$

gde su:  $\mu$  – koeficijent smeše (prosečno  $\mu \approx 1$ , pri povećanom vakumu  $\mu = 5$ , u graničnim uslovima  $\mu = 8-25$  a kod nekih s provetravajućim tokom iznosi 60–150),  
 $Q_r$  – količina materijala za transport ( $Q_r = Q_{KN} \rho_{KN}$ ),  $m^3/h$  ili kapacitet transportera ( $Q = V_o \rho_o$ ) (kg/s),  
 $\rho_o$  – gustina vazduha (pri normalnom atmosferskom pritisku  $\rho_v = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ),  
 $V_o$  – potrebna količina vazduha za transport, ( $m^3/s$ ).

Kako prenosna sposobnost transportera raste proporcionalno kvadratu brzine i obrnuto proporcionalno srednjoj gustini smeše, potrebno je odrediti i poznavati još neke njegove indikatore kao što su: kritična brzina strujanja vazduha ( $V_k$ ), ukupan potreban pritisak u cevovodu (R), brzina strujanja (V) i potrebna snaga za pogon kompresora – pumpe ( $N_k$ ).

Za kvalitetan rad transportera potrebna je određena brzina strujanja vazduha koja kod racionalne potrošnje energije treba da bude malo iznad kritične brzine (tzv. *brzine lebdjenja*), što znači da mora imati određenu rezervu da ne bi dolazilo do zgrušavanja materijala ( $V \square \geq 1,1-1,2V_k$ ). Kritična brzina veća je ukoliko je materijal krupniji i masivniji i izračunava se iz odnosa:

$$V_k = C \cdot \mu \cdot a \cdot g \cdot D \quad (m/s)$$

gde su: C – karakteristična konstanta (za lake materijale 0,1, materijale s prisustvom vlage i složenosti trase 0,25, zrnaste materijale u zavisnosti od uslova prijanjanja 0,3, kod komadnih materijala do 0,35 i sa sadržajem vlage do 4%),  
a – težinska konstanta  $a = (\rho_{KN} - \rho_v) / \rho_v$ , izračunava se u zavisnosti od gustine materijala,  
g – ubrzanje zemljine težine (9,81 m/s).

Brzina strujanja određuje se iz odnosa:

$$V = 4V_s / 3.600\pi D^2, \quad \text{gde je : } V_s \text{ – utrošak smeše } m^3/h.$$

Ukupno potreban pritisak izračunava se kao prost zbir pritisaka u cevovodu:

$$R = R_n + R_d + R_h + R_m \quad \text{MRa}$$

gde su:  $R_n$  – početni pritisak usled suprotstavljanja kretanju smeše kroz cevni vod,  
 $R_d$  – dinamički gubici pritiska,  
 $R_h$  – gubici pritiska usled prepreka u cevovodu,  
 $R_m$  – gubici pritiska u cevovodu pri krivinama od  $90^\circ$  (0,2 MRa do 0,3MRa) i iznosi približno  $R_m = 0,05 R_n$ .

Određivanje veličine pojedinačnih pritisaka obavlja se posebnim postupkom u zavisnosti od vrste pneumatskog transportera. Snaga potrebna za pogon motora određuje se iz odnosa:

$$N_m = k L_m V_v / 102 \eta \quad (\text{kW})$$

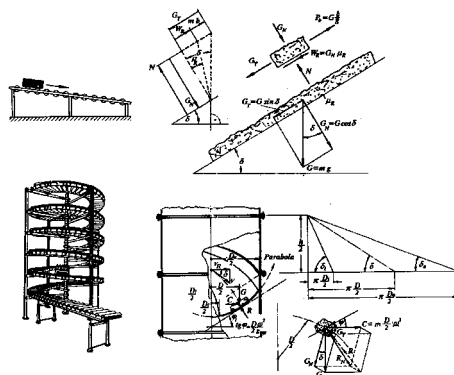
gde su:  $k$  – koeficijent gubitka vazduha, ( $k = 1,1 - 1,2$ ),  
 $L_m$  – teorijski rad mašine,  $L_m = 23.300 R_k \cdot \log R_n/R_k$  ( $\text{kgm/m}^3$ ),  
 $R_k$  – krajnji pritisak sabijanja,  $R_k = V^2/2\gamma \cdot 10^{-4} \approx 0,105 \text{ MRa}$  za  $\gamma = (Q_o\gamma + Q_{t1}^2/Q_o + Q_{t1})$ ,  
 $V_v$  – potrebna količina vazduha,  $V_v = k V_o$ , ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $\eta$  – koeficijent korisnog dejstva,  $\eta = 0,65 - 0,85$ .

Postupak određivanja snage pogonskog motora za lake transportere važi i pod pretpostavkom izotermičkog procesa kompresije vazduha. Kod proračuna teških transportera izračunavanju pojedinih elemenata prethodi utvrđivanje redukovane dužine transporta. Proizvodnja lakih transportera standardizovana je kao i veličine pojedinih elemenata, tako da je tehnolozima znatno olakšan posao pri njihovom izboru.

#### 4.6.5. Gravitacioni transporter

Gravitacioni transporteri predstavljaju specifičnu vrstu transportnih uređaja koji se primenjuju na mestima gde postoji visinska razlika između mesta ulaska i izlaska materijala, kako bi se iskoristila sila gravitacije, odnosno izbegla potreba za mehaničkom energijom. S obzirom na to da slobodan pad ne dolazi u obzir u tehnološkoj upotrebi, materijal se mora kretati po stazi adekvatnog oblika, koja obezbeđuje mogućnost regulacije brzine korišćenjem sile trenja. Korišćenjem različitih elemenata kod gravitacionih transportera mogu se formirati složeni oblici transportnih staza, uz široku primenu automatskog upravljanja specijalnim skretnicama zasnovanim na elektromehaničkim, elektromagnetnim ili optičkim sistemima. Kod gravitacionog transporta koriste se različiti oblici transportnih staza u zavisnosti od osobina materijala i prostornih mogućnosti. Gravitacioni transporteri, prema načinu rada i obliku staze, razvrstavaju se u nekoliko grupa: pravougaona kliznica, spiralna kliznica, gravitaciona vertikalna cev, pneumatska kliznica i valjkasta kliznica.

**Kliznice** su najjednostavniji oblik gravitacionog transportera. Obično su okruglog – olučastog oblika, izrađene kombinovano od lima i drveta, a mogu biti i pravougao-nog oblika. Po svom obliku mogu da budu prave ili spiralne, slika 4.95. Kliznice se masovno koriste, kako za transport komadnih, tako i rasutih materijala. Imaju veliki kapacitet 200 t/h do 500 t/h, posebno za transport rasutih materijala. Ne troše pogonsku energiju, jednostavne su za održavanje, imaju dug vek eksploatacije zbog čega veoma koriste u rudnicima, hemijskoj industriji, poštanskom i vodnom saobraćaju kod utovara brodova i na svim mestima gde postoji visinska razlika mesta utovara i istovara.



Slika 4.95. Prikaz kliznica i sila koje deluju na materijal pri kretanju niz pravu i spiralnu kliznicu

Osnovni nedostatak jeste otežano regulisanje brzine transporta pri kretanju materijala niz kliznicu, jer pod dejstvom sile gravitacije dolazi do ubrzavanja komada ili čestica, što predstavlja osnovni problem kod rada svih gravitacionih transportera. Regulacija brzine transporta materijala sastoji se u definisanju mogućnosti da se brzina zadrži u dozvoljenim granicama. Da bi se došlo do analitičkog izraza za određivanje brzine materijala na kraju kliznice preko odgovarajućih indikatora, mora se poći od zakona o održanju energije. Osnovni princip toga zakona polazi od činjenice da energija u svakom trenutku ostaje stalna tako da se pri kretanju materijala niz kliznicu potencijalna energija transformiše u kinetičku i rad sile trenja. Izjednačavanjem energija dobija se odnos preko koga se može utvrditi potreban ugao kliznice pri kome će doći do kretanja materijala, kao i brzina kretanja materijala na kraju kliznice.

$$G_T l = m_t \frac{v_k^2 - v_o^2}{2} + G_N \mu_R l$$

sledi:

$$g \sin \delta \frac{h}{\sin \delta} = \frac{v_k^2 - v_o^2}{2} + g \mu_R \cos \delta \frac{h}{\sin \delta}$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{2 g h \mu_R}{2 g h - (v_k^2 - v_o^2)}$$

$$v_k = \sqrt{2 g h + v_o^2 - \frac{2 g h \mu_R}{\operatorname{tg} \delta}} \quad \text{m/s}$$

$$v_k(v_o=0) = \sqrt{2 g h (1 - \mu_R \operatorname{ctg} \delta)} \quad \text{m/s}$$

gde su:  $G_{KN}$  – aktivna komponenta koja obavlja rad N,  
 $G_N$  – normalno opterećenje od materijala N,  
 $l$  – dužina kliznice m,  
 $h$  – visinska razlika između tačke ulaska i izlaska materijala sa kliznice m,  
 $v_o$  – početna brzina materijala na kliznici m/s,  
 $v_k$  – brzina materijala na kraju kliznice m/s,  
 $\delta$  – ugao nagiba kliznice°,  
 $\mu_r$  – koeficijent trenja.

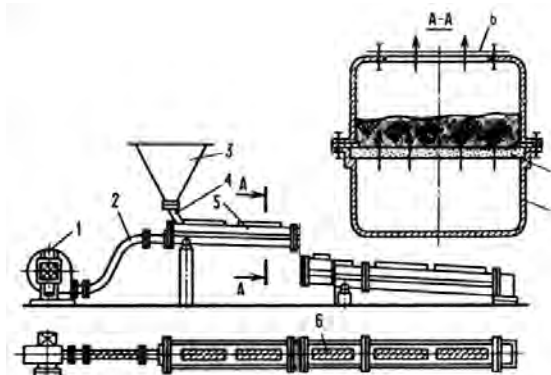
Srednje vrednosti nagiba kliznica za neke vrste materijala iznose:

- antracit na metalnoj kliznici ≈ 16°
- kameni ugaj na metalnoj kliznici ≈ 25°
- kameni ugaj na bazaltnoj podlozi ≈ 34°
- vreće, bale, paketi ≈ 28°
- žito ≈ 35°
- rude, kamen, šljunak ≈ 35°
- soli ≈ 50°
- brašno i drugi praškasti materijali ≈ 80°

Koeficijent trenja kod kliznice takođe se menja u zavisnosti od radnih uslova (temperature i vlažnosti). Zbog toga su vrednosti date za nagib orijentacione, te ih treba korigovati u slučaju eksternih uslova.

**Pneumatska kliznica** predstavlja specijalan oblik gravitacionog transportera. Ona je prevashodno namenjena transportu sitno zrnastih i praškastih materijala, kao i komadnih materijala pravilnog oblika i male jedinične mase. Njena osnovna karakteristika jeste da materijal leži na filmu komprimovanog vazduha, koji se uduvava s

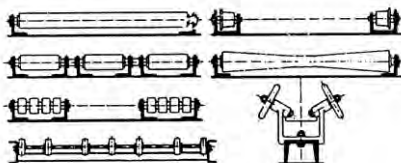
donje strane kliznice. Komprimovani vazduh povećava pokretljivost zrnastih materijala, jer prodire između njegovih čestica, a kod praškastih materijala pomešani vazduh s česticama materijala izaziva kvazitečno stanje. Kliznica se sastoji od zatvorenog oluka koji je podeljen pregradom, obično od porozne keramike, tkanine ili plastike, slika 4.96. U donju komoru uduvava se vazduh apsolutnog pritiska 1,03 bara do 1,08 bara ( $1\text{bar}=100^{\circ}\text{kPa}$  (kilopaskala) = 0,1 MPa), dok je potrošnja komprimovanog vazduha  $1,5\text{ m}^3/\text{min}$  do  $4\text{ m}^3/\text{min}$  po  $\text{m}^2$  aktivne površine kliznice. Standardne širine kliznice jesu 100, 125, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 do 1.000 (mm), pri čemu maksimalan kapacitet dostiže do  $2.000\text{ (m}^3/\text{h)}$ . Pneumatska kliznica pogodna je za transport materijala u koje lako prodire vazduh, a to su pepeo, ugljena prašina, cement, brašno i dr., dok transport lepljivih i vlažnih materijala nije moguć. Pri transportu eksplozivnih materijala može se koristiti inertni ili neki dugi gas.



Slika 4.96. Prikaz preseka pneumatske kliznice

Valjkasta kliznica kao poseban oblik kliznice namenjena je, pre svega, transportu komadnih materijala pravilnog geometrijskog oblika kod koje materijal ne klizi kao kod kliznice, već leži na valjcima čiji omotač rotira, čime je otpor trenja klizanja zamenjen otporom kotrljanja i otporom trenja u ležaju valjka. Upravo iz ove razlike proizilaze pozitivni efekti, koji se ogledaju u tome što je za kretanje materijala potreban manji nagib staze – od  $1$  do  $7^{\circ}$  zbog nižeg nivoa otpora. Ugao nagiba ove vrste kliznica zavisi od vida i konstrukcije valjaka ili rolni.

**Valjkasti gravitacioni transporteri**, po pravilu, izvode se dvojako, s valjcima i rolnama u gustom rasporedu. Pored opisane konvencionalne konstrukcije, sreću se i neki specijalni oblici transportera za transport cilindričnih komada, slika 4.97.



Slika 4.97. Različiti oblici valjkastih gravitacionih transportera

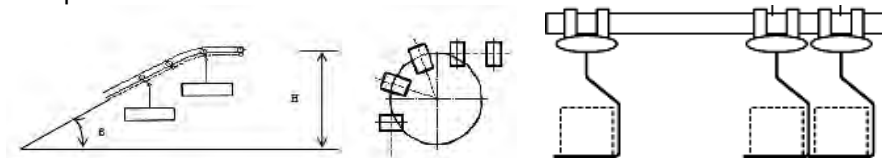
Gravitacioni transporteri s rolnama koriste se za lake materijale zbog manjeg otpora inercije, koji je posledica manje mase rotirajućih delova, što zahteva manje nagibe u odnosu na valjkaste transportere. Transporteri s rolnama omogućavaju lakše izvođenje staza s horizontalnim krivinama, lakša je montaža i niža cena zbog manje mase transportera. Regulacija brzine gravitacionih valjkastih transportera ne postiže se samo izborom odgovarajućeg nagiba staze već se, po pravilu, moraju koristiti specijalni kočioni valjci u kojima je ugrađen odgovarajući kočioni mehanizam. Kočioni valjci postavljaju se duž staze na odgovarajućem rastojanju. Pored valjkastih transportera koji su izvedeni kao gravitacioni, u praksi se koriste i horizontalni s manuelnim ili mehaničkim pogonom. Kod manuelnih horizontalnih transportera komade gura radnik, dok se mehanički pogonjeni transporter izvede s elektropogonom uz primenu različitih konstruktivnih rešenja. Ove kategorije ne mogu se strogo odvojeno posmatrati zato što se u praksi često izvede složeni sistemi s valjkastim transporterima kombinovanjem standardizovanih modularnih elemenata.

#### 4.6.6. Viseći transporter

Viseći transporter (*Overhead conveyor, trolleys*) je sredstvo kontinualnog dejstva kojim se materijal transportuje neprekidnim tokom, konstantnom brzinom ili u određenom taktu. Po obliku staze, mogu biti: otvoreni jednolinijski, U – linijski i/ili postavljeni u više paralelnih linija sa kojih materijal izlazi na jednu zajedničku liniju, postavljeni horizontalno, koso, vertikalno i kombinovano. Po obliku izgradnje, mogu biti postavljeni u dva osnovna oblika:

- jednošinski sa fiksnom vezom nosača tereta, vučnog lanca i vešaljke, slika 4.98 i
- dvošinski (*Power-and Free-System*) kod koga se kačaljka za nošenje vučnog lanca i kolica za nošenje tereta kreću slobodno i nema fiksne veze između susednih kolica, što daje veliki stepen autonomije, uz mogućnost spajanja i razdvajanja na bilo kom mestu trase.

Grade se viseći transporteri sa zatvorenim konturom staze (recirkulacioni) koji se koriste za transport komadnih materijala u industrijskim pogonima sa velikoserijskom i masovnom proizvodnjom. Viseći transporter u pogledu mogućnosti vođenja trase, ima veliku fleksibilnost i veoma se lako prilagođava stvarnim potrebama proizvodnih procesa.



Slika 4.98. Oblici izvođenja staza visećeg jednošinskog transportera

Osnovni element visećeg transportera je transportna staza koja nosi sve pokretne elemente sistema i materijal. Kod visećeg transportera materijal se transportuje kontinualno (retko u ciklusima) na nosačima (obrtna kuka, alka, vrtuljak, kolica), koji je raspoređen duž transportne staze (pruge) na jednakom rastojanju. Materijal koji se transportuje stalno je ispod vučnog elementa (lanca), to jest nalazi se u visećem položaju izuzev u slučaju ako se transportuju palete 300 mm · 550 mm, na specijalnim nosačima koji se nalaze iznad kretne staze. Kao i kod člankastog transportera lanac se na pogonskoj, zateznoj stanici prevodi preko poligonalne zvezde ili lanča-

nika. Zbog već opisanih neravnomernosti koje se pojavljuju pri kretanju lanca preko zvezde, u sistemu se pojavljuju dinamički udari i oscilacije tereta zbog čega se brzina ograničava na maksimalnu vrednost  $\leq 0,84$  m/s, što važi za lake terete. Brzina visećeg transporterera, od  $v=0,5$  m/s u normalnim uslovima smatra se već velikom brzinom, a kod transporterera kod kojih je utovar i istovar manuelan, brzina ne treba da bude veća od  $v=0,35$  m/s.

Određivanje potrebne snage za pogon visećeg transporterera, nije jednostavan zadatak i zbog toga su preporučene dve metode: prva, određivanje snage preko jedinstvenog koeficijenta koristi se u slučajevima planiranja kada ne postoje uslovi za obezbeđivanje svih neophodnih indikatora, koji su neophodni za primenu slotjenijeg, i druga preciznija metoda preko pojedinačnih otpora [32]. Dužina visećeg transporterera zavisi od: zatezne čvrstoće vučnog elementa i broja pogonskih stanica, što znači da njegova dužina principijelno nije ograničena. Na osnovu izgrađenih postrojenja dužina se najčešće kreće 100 m i 600 m, dok su dužine veće od 800 m retke. Najveća poznata dužina kod visećeg transporterera je 6000 m. Zbog dobre fleksibilnosti sastavnih delova i trase, mogu se formirati različiti oblici trasa čime se formira više nezavisnih transporterera funkcionalno povezanih u jednu tehnološku celinu. Mogu biti mehanički manuelni gravitacioni ili sa elektropogonom. Manuelni imaju nosivost 2 kN do 4 kN, standardna dužina veznog bloka 6000 mm, horizontalne krivine  $15^\circ/30^\circ/45^\circ/90^\circ$ , radijus okretanja 500/700/1500 mm. Nosivost visećeg transporterera sa elektropogonom, određena je nosivošću noseće staze i vešaljke na koju se kači nosač tereta. Najveći broj izvedenih visećih transporterera ima nosivost nosača tereta do 0,5 kN. Kod teških tereta opterećenje se raspoređuje na veći broj nosača, čime se može postići nosivost do 10 kN i više. Date nosivosti ne predstavljaju granične vrednosti, jer se u specijalnim slučajevima grade i sa većim nosivostima. Odnos ukupne mase i korisne nosivosti kod visećeg transporterera je veoma povoljan i kreće se oko 1:10. Ukoliko je teret većih dimenzija, komad se kači preko traverze na dve vešaljke.

Jednošinski viseći transporteri, posmatrano sa aspekta realizacije procesa, potpuno su determinisani, kretanje tereta je po strogo definisanoj stazi, nosači tereta su fiksno vezani za lanac, što znači da je i transportni kapacitet konstantan ako je i takt stavljanja tereta na nosače konstantan. Transportni kapacitet visećeg transporterera direktno je proporcionalan broju nosača koji prolaze u jedinici vremena kroz jednu tačku putanje i određuju se prema modelu za sredstva sa kontinualnim dejstvom. Transportni kapacitet direktno zavisi od: rastojanja između nosiljki, brzine radnog organa i mase tereta. Brzina kretanja zavisi od mase tereta na jednoj nosiljki i načina utovara i istovara. Transportni kapacitet veoma često nije jedini kriterijum za određivanje KPI transporterera, jer u određenim oblastima primene presudniji uticaj mogu da imaju tehnološki zahtevi primarnog proizvodnog procesa koji viseći transporter opslužuje. Pošto je potreban kapacitet po pravilu zadata veličina, iz prethodnih jednačina po pravilu se izračunava razmak nosača tereta (nosiljki) koji se posle proračuna usvaja kao celobrojni multiplikativni korak lanca.

Viseći transporteri masovno se koriste u intralogistici u realizaciji tokova materijala, različitih dimenzija i oblika, unutar i između pogona u sve tri prostorne dimenzije, i to u: metaloprerađivačkoj industriji bez obzira na složenost tokova materijala, lakirnicama i montažnim linijama u auto-industriji, livnicama, kovačnicama, prehrambe-



noj industriji, odnosno klanicama, proizvodnji staklene ambalaže (PET/HDPE boce), tekstilnoj industriji, avio saobraćaju, robotskom interfejsu, bolnicama, administraciji, pozorištima i fotostudijima, slika 4.99. U robnim centrima najčešće se koristi u zonama za preradu pošiljki. U raznim oblastima proizvodnje viseći transporteri koriste se ne samo za realizaciju transporta, već i za realizaciju drugih tehnoloških operacija: pranje, sušenje, pečenje, hlađenje, i dr. Pojava novih sistema, pre svega vozila sa automatskim vođenjem, nije potisnula viseće transportere, zbog niže troškova eksploatacije, posebno kod visokoserijske proizvodnje.



a) U auto-industriji



b) U proizvodnom pogonu



v) Nosači za prenos paleta

Slika 4.99. Primena visećih transportera

Zbog svoje velike primene i velike fleksibilnosti kod vođenja transportne trase, mogu dobro da se prilagode potrebama svakog tehnološkog procesa. Pružaju veoma dobre mogućnosti za povezivanje svih tehnoloških elemenata u jednom sistemu (prijemnog odeljenja, radnih mesta, međufaznih skladišta, montažnih mesta, pakovanja i otpreme). Viseći transporter ne zahteva veliki prostor za ugradnju, a osnovna prostorna prednost je u tome da se on instalira iznad radne površine tako da doprinosi rasterećenju saobraćajnica u proizvodnim pogonima, transportuje materijale različitih temperatura (topli, hladni), laka promena trase, jednostavno regulisanje razmaka između nosača. Nosači koji nose teret takođe se mogu prilagoditi obliku materijala koji se transportuje, a i vrsti procesa koji se opslužuje: potapanje, hlađenje, lakiranje, sušenje, peskiranje, ekstrudiranje i dr.

Osnovni nedostatak je što viseći teret predstavlja potencijalnu opasnost po bezbednost, što zahteva da se ispod transportne staze ljudi i materijalna sredstva štite fizičkim mrežama. Viseći transporter pri kretanju generiše određen nivo buke. Pogodnim izborom materijala za izradu elemenata i odgovarajućim konstruktivnim rešenjima nivoa, buka se može značajno smanjiti. Relativno mala brzina kretanja visećih transportera čini nepodesnim za realizaciju samo transportnih operacija u intralogistici, već se koriste i kod: pufisanja materijala, potreba razdvajanja transportne putanje, primene automatskog upravljanja procesom i dr.

## 4.7. TROŠKOVI RADA TRANSPORTNO MANIPULATIVNIH SISTEMA

Procesi bilo koje reprodukcije, pa tako i transportni, troše određene elemente proizvodnje kojima se stvara usluga. Kako se vrednost usluge izražava cenom, troškovi transportno-manipulativnih sistema, u novcu su izražena količina utrošenih elemenata proizvodnje za potrebe intralogistike. Reprodukcijsko trošenje odvija se u vidu interakcije radne snage (čovekovog rada i znanja), sredstva za rad (mehanizacije,

alata, opreme, uređaja, objekta i dr.) i predmeta rada (u ovom slučaju repromaterijali, gorivo, gotovi proizvodi i dr.), čime se u suštini stvara višak vrednosti proizvodnje.

Postoje različiti stavovi i neslaganja u pogledu strukture i podele troškova, a time i formiranja cene koštanja i njenog učešća u ceni krajnjeg proizvoda, s obzirom na specifičnosti sredstava mehanizacije. U teoriji i praksi, troškovi se strukturiraju različito:

- troškove po prirodi to jest ekonomskom obeležju, čine troškovi živog rada – bruto zarade, materijalni i ostali troškovi kao i troškovi sredstava za rad,
- troškove po proizvodnom obeležju, to jest stepenu korišćenja kapaciteta, čine stalni (fiksni) i promenljivi (varijabilni) troškovi,
- troškove prema načinu nastajanja troškova, čine direktni prevoznici i režijski troškovi,
- troškove prema nosiocima troškova, čine troškovi transporta materijala, ili putnika sopstvenim autoprevozom, održavanja i obavljanja zajedničkih poslova u preduzeću,
- troškove prema načinu utvrđivanja, to jest praćenja, čine stvarni i planski troškovi.

Postoje i druge podele, prema: nosiocima (pojedinačni i zajednički), načinu evidencije/ukupnosti (ukupni, jedinični i prosečni), mestu nastanka/fazama realizacije (početno-završni i režijski), načinu uračunavanja u cenu koštanja (direktni koji direktno ulaze u cenu koštanja konkretne usluge – troškovi osnovnog materijala i indirektni koji se odnose na više usluga i prvo se određenom metodom izračunava koji se deo odnosi na konkretanu uslugu, pa se onda unose u cenu koštanja.

Koja će struktura biti korišćena u analizi zavisi od: svrhe za koju se koristi i određuje cena, tehnologije proizvodnje, familije sredstava mehanizacije, načina evidencije i obračuna transportnih troškova u preduzeću, mesta na kome se obračunavaju, vrste usluga... U praksi transportnih preduzeća, najviše se koristi struktura po proizvodnom obeležju. Poznavanje troškova rada sredstava intralogistike neophodan je preduslov za planiranje i kontrolu poslovanja svakog preduzeća i racionalno korišćenje kapaciteta. Pored troškova rada sredstava mehanizacije, ukupni logistički troškovi sadrže i troškove: transporta, skladištenja, sortiranja i komisioniranja, nabavke, distribucije i zaliha, operativne i administrativne, intralogističke i ekstralogističke, direktne i indirektno, interne ili sopstvene cene koštanja rada, ili 3PL/4PL i dr.

#### 4.7.1. Struktura troškova po proizvodnom obeležju

Proračun ili kalkulacija troškova bilo koje proizvodnje predstavlja utvrđivanje cene koštanja proizvoda radi njegove dalje prodaje. U ukupnu cenu proizvoda ulaze i troškovi intralogistike. Vrstu kalkulacije određuje struktura i način (metodologija) proračuna. Troškovi se po proizvodnom obeležju mogu posmatrati kroz:

- stalne (fiksne) troškove,
- promenljive (varijabilne) troškove.

Pod stalnim (fiksni) troškovima podrazumevaju se oni troškovi koji nastaju u okviru preduzeća i onda kada sredstva intralogistike ne rade. U odnosu na jedinicu obima prevoza oni su promenljivi i obrnuto proporcionalni veličini broju sredstava. Što je veći broj sredstava, to su ovi troškovi po jednom sredstvu manji.

Povećanje obima rada direktno utiče na smanjenje fiksnih troškova po sredstvu (jedinici rada). Otuda je želja svih preduzeća da povećaju obim rada, jer su fiksni

troškovi veoma značajni i njihov uticaj na masu ukupnih troškova može se smanjiti što većim obimom rada kao i uticajem određenih performansi u funkciji kapaciteta i vremena. Ukoliko se količina materijala u transportu smanjuje dolazi do povećanja fiksnih troškova po jedinici rada, a samim tim i do skupljeg i neracionalnijeg transporta.

Pod promenljivim (varijabilnim) troškovima podrazumevaju se oni troškovi koji proističu iz rada voznog parka. Oni su vezani za količinu izvršenog rada (učinak) i u odnosu na jedinicu obima rada oni su fiksni, a proporcionalni su veličini obima rada.

#### 4.7.2. Proračun stalnih troškova

Strukturu stalnih (fiksnih) troškova čine: troškovi amortizacije, osiguranja, registracije (ukoliko se koriste u javnom saobraćaju), kamate na kredite za osnovna sredstva, lična primanja (BRTLTD), troškovi rešije pogona i uprave, zakupnine, osiguranja i drugi.

##### *Troškovi amortizacije*

Osnovni trošak svakog sredstva mehanizacije i opreme koja se vode kao osnovna sredstva jeste amortizacija koja se utvrđuje kao naknada za utrošenu i umanjenu upotrebnu vrednost sredstva ili opreme tokom eksploatacije. Amortizacija je stvaranje ili osiguranje novčanih sredstava kojima se omogućava pravovremena zamena sredstava mehanizacije, koja su zbog fizičke (tehničke) dotrajalosti ili ekonomske zastarelosti postala neupotrebljiva za rad. Posebnim Pravilnikom propisane su stope otpisa – amortizacije, kojima je definisan nivo troškova amortizacije i koji se priznaje u troškovima poslovanja, čime je praktično propisan vremenski period trajanja sredstava mehanizacije kod obavljanja transporta u procesu proizvodnje. U zavisnosti od proizvodnje, stope iznose<sup>7</sup>:

- utovarivači, dizalice, pokretne trake i ostala mehanizacija za utovar i istovar i prenos materijala, delova, poluproizvoda i gotovih proizvoda u vršenju procesa rada u delatnostima iz oblasti industrije, zanatstva i komunalnih usluga – 12,5%,
- utovarivači, dizalice i ostala mehanizacija za utovar, istovar i prenos materijala u delatnostima iz oblasti vodoprivrede, poljoprivrede i ribarstva – 14,3%,
- utovarivači, dizalice i ostala mehanizacija za utovar, istovar i pretovar u delatnostima iz oblasti drumskog, rečnog, jezerskog, pomorskog, železničkog i vazdušnog saobraćaja – 13%,
- utovarivači, dizalice i ostala mehanizacija za utovar, istovar i prevoz robe u skladištima, magacinima i drugim objektima u delatnostima iz oblasti trgovine, ugostiteljstva i turizma – 16,5%,
- utovarivači, dizalice i ostala mehanizacija za utovar i istovar drvene građe i drugog materijala u delatnostima iz oblasti šumarstva – 18%,
- utovarivači, dizalice i ostala mehanizacija za utovar, istovar i prenos materijala i proizvoda u ostalim (nepomenutim) delatnostima – 12,5%.

Prema *Sl.glasniku RS 84/2004 i 116/2004*, za obračun troškova amortizacije koriste se dve metode:

- metoda vremenske amortizacije (proporcionalna, degresivna ili progresivna);

<sup>7</sup> Правилник о номенклатури нематеријалних улагања и основних средстава са стопама амортизације. *Сл.лист бр. 17/97 и 24/2000. Београд.*

- metoda funkcionalne amortizacije.

Godišnji iznos amortizacije –  $T_a$ , dobija se na osnovu sledećeg izraza:

$$T_{av} = p \cdot I \quad (n.j/god)$$

gde su:  $T_{av}$  – vremenski deo amortizacije

$p$  – procenat amortizacije se dobija, iz odnosa amortizacione stope/100, odnosi se na rad u dve smene sa više od 4.400 sati rada/godišnje

$I$  – ukupna nabavna vrednost sredstva mehanizacije (fabrička cena na paritetu EXW ili DDP, jednokratni troškovi nabavke, carina, takse, porezi, doprinosi).

Troškovi *lizinga* takođe spadaju u nabavnu vrednost sredstava. Kod proporcionalne metode, za rad u dve smene stopa amortizacije se uvećava za 25%, a za tri smene 50%. Kod degresivne metode trošak amortizacije je opadajući, a kod progresivne je rastući iznos stope amortizacije. Bilo koja metoda vremenske amortizacije, da je u pitanju, zbir amortizacionih stopa na kraju veka trajanja i korišćenja osnovnog sredstva treba da bude jednak 100%. Funkcionalna amortizacija zasniva se na očekivanom korišćenju ili učinku sredstva i koristi se za obračun amortizacije sredstava čiji intenzitet korišćenja se može meriti, bilo u broju komada, satima rada, prečanim kilometrima i dr. Godišnji iznos amortizacije po jedinici mere, utvrđuje se kao količnik nabavne vrednosti sredstva i njegovog ukupnog učinka. Na kraju obračunskog perioda vrši se revalorizacija amortizacije, to jest nabavne vrednosti što predstavlja usklađivanje nabavne vrednosti sa tekućim tržišnim vrednostima. U praksi, prosečan vek trajanja iznosi, za slagače oko 10.000 radnih sati, trakaste transportere oko 11.500 radnih sati, kranove oko 21.600 radnih sati i dr.

Troškovi osiguranja –  $T_{osr}$  definisani su „Posebnim uslovima kombinovanog osiguranja motornih vozila – samohodne radne mašine,“ od osiguravajućeg društva (Čl.58 Zakona o osiguranju, *Sl.glasnik RS br.55/04*), može se zaključiti kao kasko u celini, ili za određeni deo dopunskog uređaja na vozilu. Pored osiguranja vozila, osiguravaju se i radnici od nezgoda, prema Opštim uslovima za osiguranje od nezgode (Zakon o bezbednosti na radu i Zakon o radu), gde se kao rizici osiguravaju: smrt usled nezgode, trajni invaliditet, smrt usled bolesti, troškovi lečenja i dnevna naknada. Prva tri rizika obavezni su po osnovu kolektivnog osiguranja, a ostali po izboru preduzeća. Osiguranje materijala u unutrašnjem transportu je sastavni deo osiguranja transporta u vidu dodatnih manipulativnih rizika kod utovara i istovara robe i predstavlja tzv. „odgovornost iz delatnosti“. Ovo osiguranje nije obavezno, izuzev u međunarodnom transportu, ako korisnik usluge posebno zahteva. Ukupni troškovi osiguranja iznose:

- osiguranja osnovnog sredstva i/ili samo njegovog uređaja  $T_{os}$  i/ili  $T_{ur}$ ,
- kolektivno osiguranje radnika –  $T_{ko}$ , (za tri ili pet rizika),
- osiguranja materijala u transportu –  $T_{os}(t)$

Ukupan zbir navedenih troškova osiguranja se računa po tablicama osiguravajućih društava, jer se premije osiguranja daju u vidu tablica:

$$T_{osr} = (T_{os} + T_{ur}) + T_{ko} + T_{os}(t) \quad (n.j./god)$$

Svedeni po satu rada, ovi troškovi iznose:  $t_{osr} = \frac{T_{osr}}{Hr_{god}}$  (n.j./hr).

Pretpostavlja se da troškovi osiguranja iznose oko 2,34 % na godišnjem nivou u odnosu na srednju kalkulativnu vrednost sredstva mehanizacije.

Troškovi registracije –  $T_{rg}$  isto kao i troškovi od odgovornosti plaćaju se prema skali osiguravajućeg društva, ukoliko se sredstvo registruje za rad u javnom saobraćaju. U ove troškove spadaju:

- naknada za korišćenje javnih puteva, životna sredina i porez na korišćenje –  $T_{kr}$ ,
- komunalna i republička taksa –  $T_{kt}$  i
- troškovi tehničkog pregleda –  $T_{tr}$ , pa je:

$$T_{rg} = T_{kr} + T_{kt} + T_{tr} \quad (n.j./god).$$

Po satu na radu, jedinični troškovi iznose:  $t_{ig} = \frac{T_{rg}}{Hr_{god}}$  (n.j./hr).

Troškovi kamate na kredite –  $T_{kk}$  postoje ukoliko su sredstva kupljena po osnovu kredita. Na kraju svake godine, otplaćeni deo zajma – kredita dodaje se u Poslovni fond, tako da se ovaj povećava upravo za onaj iznos koji je otplaćen kao anuitet. Troškovi nastali kao kamate na kredite, obračunavaju se dvojakom i to kao:

- kamate na zajam, i
- kamate na ostvareno učešće.

Da bi se mogle izračunati kamate, mora se izraditi Plan otplata. Planovi otplata za sredstva zajma i za sredstva sopstvenog učešća rade se na bazi konkretno ugovorenih uslova kredita, tek kada su poznati svi elementi. Tako sledi:

$$T_{kk} = T_{kz} + T_{ks} \quad (n.j./god),$$

gde su:  $T_{kz}$  – troškovi kamate na zajam,

$T_{ks}$  – troškovi kamate na sopstveno učešće.

Inače, i jedna i druga kamata, izračunavaju se tako što se osnovica pomnoži i sa određenim procentom banke. Troškovi kamate po jedinici rada dobiće se na osnovu:

$$t_{kk} = \frac{T_{kk}}{Hr_{god}} \quad (n.j./hr).$$

Troškovi zarada zaposlenih –  $T_{ld}$  računaju se po obrascu:

$$T_{ld} = 12[(V LV + Dldv) + (RLr + Dldpr)] \quad (n.j./god),$$

gde su:  $V, R$  – broj rukovalaca sredstvom i pomoćnih radnika,

$L_V, L_r$  – bruto zarada rukovalaca sredstvom i pomoćnih radnika,

$D_{ld}$  – porezi (porez na zarade 12%, PIO 11%) i doprinosi (za zdravstveno osiguranje 6,15% i za slučaj nezaposlenosti 0,75%) sve na materijal zaposlenog, ukupno 29,9%.

Ako se zarada izražava u neto iznosu onda se koristi  $p_{ld}$  – procenat doprinosa na lične dohotke (BRTLD=NTLD/0,701).

$$t_{ld} = \frac{T_{ld}}{Hr_{god}} \quad (n.j./hr).$$

Odnosno, po jednom satu na radu iznose:

Troškovi režiije pogona i uprave –  $T_r$  uzimaju se iz pogonskog knjigovodstva odakle se tačno vidi koliko oni iznose. U režiiji pogona spadaju sledeći troškovi: lični dohodah radnika u garaži i radionici, kontroli, tekućem održavanju, pranju i podmazivanju, troškovi vode i dr. U režiiji uprave spadaju: lični dohodah radnika zajedničkih službi, razne njihove usluge, PTT, električna energija, komunalije, reklame, članarine, razni doprinosi i dr. Za orijentacionu veličinu ovih troškova, na bazi iskusta-

va, moć e se uslovno prihvatiti da troškovi reṭ ije pogona i uprave iznose oko 30% od zarada zaposlenih u direktnoj proizvodnji usluga, tako da se troškovi reṭ ije mogu izraziti:

$$T_r = T_{ld} \cdot 0,30 \quad (n.j./god).$$

Po jednom satu na radu:

$$t_r = \frac{T_r}{Hr_{god}} \quad (n.j/hr).$$

Ukupni stalni (fiksni) troškovi mogu se prikazati prostim zbirom:

$$T_s = T_{av} + T_{osr} + T_{rg} + T_{kk} + T_{ld} + T_r \quad (n.j)$$

odnosno, jedinićni troškovi:

$$t_s = \frac{T_s}{Hr_{god}} = t_a + t_{osr} + t_{rg} + t_{kk} + t_{ld} + t_r \quad (n.j/hr).$$

Navedena struktura troškova mora biti analizirana posebno za svako sredstvo intra-logistike prema stvarnim uslovima rada u odreĀenoj proizvodnji.

#### 4.7.3. Proraćun promenljivih troškova

Sa povećanjem obima rada varijabilni troškovi se povećavaju u ukupnom iznosu. Ako je obim rada nula i varijabilni troškovi su nula. Varijabilni troškovi mogu biti proporcionalni rastom obima rada, progresivni uz prekovremeni rad i regresivni kada rastu sporije od obima rada. Ovi troškovi se identifikuju kao materijalni troškovi i sadrṭ e nekoliko osnovnih troškova, kao Ńto su: troškovi pogonske energije, mazi-va, guma, troškovi tekućeg i investicionog odrṭ avanja, dnevnice i dr.

Troškovi pogonskog goriva i energije –  $T_e$  odreĀuju se na osnovu izraza:

$$T_e = B_e \cdot C_e \quad (n.j/hr)$$

gde su:  $B_e$  – potrošnja pogonskog goriva,

$C_e$  – cena goriva u dinarima za 1 litar (l).

Potrošnja goriva na sat, utvrĀuje se iskustveno (po normativu) ili raćunski kao proizvod sledećih elemenata:  $P$  – nominalna snaga motora (kW),  $q_g$  – specifićna potrošnja goriva (kg ili gr/kWh<sub>r</sub>),  $K_e$  – koeficijent potrošnje (efektivnost motora, 0,45–0,75) i  $S_{mg}$  – specifićna masa (gustina) dizel goriva  $\approx$  840 gr/l.

$$B_e = P \cdot q_g \cdot K_e / S_{mg} \quad (l/hr)$$

Specifićna potrošnja goriva kod brzohodnih dizel motora manjih zapremina iznosi oko 0,22 gr/h<sub>r</sub>, kod velikih 0,18 gr/h<sub>r</sub>, kod manjih benzinskih 0,26 gr/h<sub>r</sub>, kod većih 0,22 gr/h<sub>r</sub>. U svakom katalogu proizvoĀaća navedena je specifićna potrošnja goriva kao tehnićka performansa sredstva. Kod sredstava mehanizacije sa elektropogonom, utrošena energija izraćunava se iz odnosa:

$$T_{el} = U \cdot \frac{I \cdot H_{rm}}{4} \cdot \frac{C_e}{1000} \cdot A_b \quad (n.j./hr),$$

Gde su:  $U$  – napon (V),  $I$  – jaćina struje (A),  $H_{rm}$  – vreme rada motora (h),  $C_e$  – industrijska cena elektroenergije (n.j/kWh),  $A_b$  – vreme punjenja baterije.

Mosne, portalne i druge dizalice, koje rade na elektropogon, imaju instalisana dva ili više elektromotora koji pokreću razlićite radne grupe (za kretanje dizalice po Ńinama, horizontalno kretanje maćke po mostu, dizanje i spuŃtanje zahvatnog organa sa ili bez materijala i sl.). Njihova potrošnja odreĀuje se za svaki motor posebno u

zavisnosti od vremena rada motora i u konačnom zbiru daju troškove pogonske energije. Isto važi i za sve druge vrste sredstava koja imaju dva ili više motora različitih pogonskih klasa i energije.

Troškovi maziva –  $T_m$  određuju se na osnovu izraza:

$$tm = B_m \cdot C_m \quad (n.j./hr)$$

gde su:  $B_m$  – potrošnja maziva u kg na sat rada,

$C_m$  – cena maziva u dinarima za 1 kg.

Potrošnja maziva može se odrediti iz sličnog izraza kao za gorivo, npr na sat, računski kao proizvod sledećih elemenata:  $P$  – nominalna snaga motora (kW),  $q_g$  – specifična potrošnja maziva (gr/kWh<sub>r</sub>),  $K_e$  – koeficijent opterećenja motora (efektivnost rada motora (0,45-075) i  $S_{mg}$  – specifična masa (gustina) dizel goriva ≈ 840 gr/l.

$$B_e = P \cdot q_g \cdot K_e / S_{mg} \quad (l/hr)$$

Ukupni troškovi maziva iznose:

$$T_m = tm \cdot H_{rgod} \quad (n.j.).$$

U grupu ovih troškova spada potrošnja potrebne količine ulja, masti za podmazivanje i rashladne tečnosti. Njihova vrednost zavisi od periodičnosti promene i potrebne količine za dolivanje. U zavisnosti od vrste sredstva, u praksi troškovi maziva utvrđuju se iskustveno (po normativu) i iznose 10 do 17,5% od troškova goriva, ili izraženo odnosom:  $T_m = T_e \cdot 0,1$ .

Troškovi guma –  $T_g$  određuju se na osnovu izraza:

$$t_g = \frac{1}{V_g} \cdot n_g \cdot c_g \quad (n.j./hr)$$

gde su:  $V_g$  – vek trajanja guma (po  $H_r$  ili po preporuci proizvođača za pune, balon i Al-plastičnih masa) u zavisnosti od uslova rada,

$n_g$  – broj guma po vozilu,

$c_g$  – cena jedne gume (n.j.).

Ukupni troškovi guma iznose:  $T_g = t_g \cdot H_{rgod} = \frac{H_{rgod}}{V_g} \cdot n_g \cdot c_g \quad (n.j.).$

Troškovi habajućih delova (zupčanici, ležajevi, čelična uđad i sl.) a time i guma pretpostavlja se da iznose 6% do 15% od troškova nabavne cene sredstva.

Troškovi tekućeg i investicionog održavanja –  $T_{t,i}$  određuju se pojedinačno za svaku vrstu tehničke intervencije, prema preporukama proizvođača, kako po vrsti radova tako i vremenskim intervalima održavanja, što je dato u Uputstvima za rukovanje sredstvima. U zavisnosti od vrste i broja intervencija u konačnom zbiru sabiraju se troškovi svih intervencija.

- Troškovi generalnog remonta –  $T_g$  određuju se iz odnosa:

$$T_g = \frac{H_{rg}}{H_g} \cdot C_g \quad (n.j.),$$

gde su:  $H_{rg}$  – ostvareni sati na radu,

$H_g$  – norma u satima rada između dve generalne popravke (remonta),

$C_g$  – cena jedne generalne popravke sa ugrađenim delovima

(n.j.).

Troškovi generalne popravke po satu rada, iznose:  $t_g = \frac{T_g}{Hr}$  (n.j./h<sub>r</sub>).

Troškovi srednje popravke –  $T_{sr}$  određuju se iz odnosa:

$$T_{sr} = \left( \frac{Hrs}{H_s} - N_i \right) \cdot C_{sr} \quad (n.j.)$$

gde su:  $N_i$  – broj izvršenih generalnih popravki godišnje,  
 $H_s$  – norma u satima između dve srednje popravke,

$C_{sr}$  – cena jedne srednje popravke sa ugrađenim delovima (n.j.).

Troškovi po satu rada iznose:  $t_s = \frac{T_{sr}}{Hr}$  (n.j./h<sub>r</sub>).

- Troškovi drugog servisa određuju se iz odnosa:

$$T_{II} = \left( \frac{Hs2}{H_{II}} - N_i - N_{sr} \right) \cdot C_{II} \quad (n.j.)$$

gde su:  $N_{sr}$  – broj srednjih popravki,  
 $H_{II}$  – norma u satima između dva druga servisa,  
 $C_{II}$  – cena drugog servisa sa ugrađenim delovima

(n.j.).

Troškovi po satu rada iznose:  $t_{II} = \frac{T_{II}}{H_{II}}$  (n.j./h<sub>r</sub>).

- Troškovi prvog servisa -  $KN_I$  određuju se iz odnosa:

$$T_I = \left( \frac{Hs1}{H_I} - N_i - N_{sr} - N_{II} \right) \cdot C_I \quad (n.j.),$$

gde su:  $N_{II}$  – broj popravki II servisa,  
 $K_I$  – norma u satima između dva prva servisa,  
 $C_I$  – cena prvog servisa sa ugrađenim delovima

(n.j.).

Troškovi po satu rada iznose:  $t_i = \frac{T_I}{Hr_{god}}$  (n.j./h<sub>r</sub>).

U zavisnosti od efektivnih sati rada i strukture pogonskih agregata, vrše se odgovarajući servisi. Na primer, kod auto dizalica, u zavisnosti od broja motora (pogonski ili pogonski i hidraulični), intenziteta korišćenja i veličine rezervoara (250 do 600 l) menja se hidraulično ulje, kod teškog rešima rada svakih 250 do 300 sati efektivnog rada. Kod pneumatskog transportera zamena ulja u kompresoru vrši se oko 500 sati rada, kod reduktora svakih 1000 sati, uz proveru nivoa svakih 150 dana rada, kod kugličnih i ostalih ležajeva zamena tekalemit masti vrši se svakih 2000 sati rada, kod dizel motora u prvom servisu posle 30 sati, u drugom servisu nakon 70 sati i kasnije posle 200 sati efektivnog rada, čišćenje ili zamena filtera vrši se svakih 40 do 50 sati rada. Ovako definisani rokovi zamene ulja i maziva, propisani su za svako sredstvo od strane proizvođača i treba ih se redovno pridržavati u praksi i kod obračuna troškova održavanja.

- Troškovi svakodnevne nege određuju se iz odnosa:



$$T_{dn} = (AD_r - N_i - N_{sr} - N_{II} - N_I) \cdot C_{dn} \quad (n.j.).$$

gde je:  $N_I$  – broj popravki prvog servisa.

$$\text{Troškovi po satu rada } t_i = \frac{T_i}{Hr_{god}} \quad (n.j./h_r).$$

U zavisnosti od vrste sredstva, dnevna nega vrši se pre puštanja sredstva u rad, preko kontrole ulja u motoru, pumpi za ubrizgavanje goriva, regulatora i prečistača vazduha, vode u hladnjaku, spremnosti i sposobnosti električnih uređaja, provere akumulatora i dr.

Ukupni troškovi tekućeg i investicionih ulaganja u zbiru iznose:

$$I_{io} = T_{dn} + T_I + T_{II} + T_{sr} + T_g \quad (n.j./god)$$

Za naše uslove na godišnjem nivou, troškovi investicionog održavanja iznose 5% do 12% od nabavne cene sredstva (I) i mogu se prikazati  $T_{io} = I \cdot (0,05 \text{ do } 0,12)$ . Troškovi tekućeg održavanja mogu se odrediti iz odnosa:  $T_{to} = I \cdot \alpha / 15000$ , gde je:  $\alpha$  – koeficijent uvećanja nabavne cene (za lake i srednje rešime rada iznosi 0,5 do 0,6, za teške rešime rada 0,7 do 0,9). U praksi, radi lakše kalkulacije troškova investicionog održavanja (usvaja se oko 5% godišnje na fabričku cenu sredstva, što približno iznosi oko 1/3 fabričke cene kroz vek trajanja sredstva mehanizacije.

Troškovi dnevnicu voznog osoblja –  $T_d$  uzimaju se u obračun onda kada rukovaoci mehanizacije i pomoćni radnici ostaju na prekovremenom radu, ili pružaju usluge trećim licima. Ovi troškovi izračunavaju se kao:  $T_d = n \cdot b$  (n.j), gde su:  $n$  – broj dnevnica,  $b$  – iznos dnevnice u novčanim jedinicama. Po jednom radnom satu iznose:

$$t_d = \frac{T_d}{Hr_{god}} \quad (n.j./h_r).$$

Ukupni promenljivi troškovi:

$$T_p = T_e + T_m + T_g + T_{t,i} + T_d \quad (n.j)$$

Jedinični promenljivi troškovi predstavljaju zbir pojedinačnih troškova i iznose:

$$t_p = t_e + t_m + t_g + t_{t,i} + t_d \quad (n.j./h_r)$$

Promenljivim troškovima mogu se dodati i neki drugi troškovi, ukoliko sredstvo ima neke specifičnosti (dva ili više motora različitih pogonskih klasa, priključnu i zahvatnu opremu koja ima sopstveni pogon, rad u posebnim uslovima i dr.). Svaki promenljivi trošak mora biti posebno analiziran i planiran prema stvarnim jediničnim vrednostima i strukturi koja postoji za konkretan radni park.

Ukupni troškovi predstavljaju zbir stalnih i promenljivih troškova, ili prikazano izrazom:  $T = T_s + T_p$  (n.j/periodu). Ukupni jedinični troškovi određuju se kao prost zbir stalnih i promenljivih troškova, odnosno:

$$t = t_s + t_p \quad (n.j./h_r).$$

Ovako prikazani troškovi svedeni su na jedinicu učinka po satu rada. Međutim, neka sredstva mehanizacije ne rade efektivno jedan sat, već u zavisnosti od broja paljenja motora rade u nekim kraćim intervalima, što zahteva dodatna istraživanja ili svođenje na neku drugu mernu jedinicu.

#### 4.7.4. Određivanje cene rada

Poznavanje nivoa i strukture troškova, njihovo utvrđivanje, praćenje i usklađivanje sa uslovima tržišnog privređivanja, predstavlja osnovni preduslov za pouzdano planiranje rezultata rada, a time i kvalitetno rukovođenje voznim parkom mehanizacije. Prethodno je navedeno da se cena pretovara — C dobija iz količnika ukupno ostvarenih troškova u određenom vremenskom periodu i transportnog učinka iskazanog nekom jedinicom. U preduzeću sredstva mehanizacije rade za sopstvene potrebe po ceni koštanja i ne ostvaruju dodatnu dobit. Troškovi rada vode se u knjigovodstvenim evidencijama i relativno lako ih je pronaći.

Na osnovu prethodnih saznanja i usvojene strukture troškova po proizvodnom obeležju, troškovi se mogu izraziti i različitim mernim jedinicama, a time cena koštanja pretovara ( $CP_k$ ).

$$CP_k = \text{Troškovi/Učinak} \quad (\text{n.j./jedinica pretovarnog učinka})$$

Kod određivanja cene koštanja koristi se kapacitet ( $Q$  — proizvodnost) sredstva izražen najčešće količnikom masene ili težinske jedinice ( $KN, kg, gr, KN, KNkm, hr, hi, l, m^3, kom., paleta, kontenera, bala$  i dr.) pretovarenom u jedinici vremena. Formalno jedinične cene mogu se iskazati:

$$CP_t = \frac{T}{Qt} \quad (\text{n.j./KN, kg, gr}) \quad i \quad CP_{kom} = \frac{T}{Qkom} \quad (\text{n.j./kom}),$$

$$CP_{hr} = \frac{T}{QHr} \quad (\text{n.j./hr}) \quad i \quad CP_{hi} = \frac{T}{QHi} \quad (\text{n.j./hi}),$$

$$CP_{vr} = \frac{T}{QVr} \quad (\text{n.j./m}^3) \quad i \quad CP_{vt} = \frac{T}{QVI} \quad (\text{n.j./l}).$$

Gde je:  $T$  — ukupni troškovi po proizvodnom obeležju.

Smanjenjem ukupnih troškova smanjuje se i cena transporta. U cilju pouzdanog praćenja i formiranja cena kao i uspešnog poslovanja, neophodne su kompleksne analize strukture troškova i njihova međuzavisnost sa performansama procesa i to onih koji imaju značajan uticaj na sniženje troškova, a time i cene transporta. Ovako određene cene predstavljaju cene koštanja sredstva rada po nekoj jedinici učinka. Međutim, u transportnim tarifama nalaze se tzv. cene prodaje transportnih usluga, koje predstavljaju uvećane cene koštanja za procenat planirane akumulacije ( $p$ ). Formalno, cena prodaje ( $CR_p$ ) može se odrediti iz odnosa:

$$SP_p = CP_k + r + PDV \quad (\text{n.j./j.m.})$$

gde su:  $r$  — planirana akumulacija (profit, dobit) po jedinici mere, to jest troškovne stavke  
 $PDV$  — porez na dodatnu vrednost (za usluge 18%).

Veličina procenata planirane akumulacije ( $r$ ) zavisi od poslovne politike preduzeća i zakonskih propisa koji regulišu ovu materiju. Iskustveno njegova veličina planirane akumulacije kreće iznosi 1,05% do 1,10% u odnosu na cenu koštanja.

Vrlo često u praksi, usled tehnološkog procesa rada sredstva mehanizacije se ne mogu efektivno koristiti u planiranom periodu, pa se zato često u cenu prodaje obračunavaju i troškovi čekanja na početak nove operacije koja je nastala usled nekog

razloga u proizvodnji, što je posebno značajno kod slučajeva *moгуće rente na najmanje četiri sata*, kako klasičnih tako i specijalnih sredstava mehanizacije. Analizu troškova treba vršiti permanentno, jer je to osnovni zadatak i cilj zaposlenih u svakom preduzeću. Za uspešno izvršenje tog zadatka potrebno je utvrditi kakav uticaj na cenu transporta imaju pojedini KPIs. Poznavanje zakonitosti uticaja KPIs na cenu jedinice transportnog rada, predstavlja preduslov racionalizacije TPS procesa.

#### **4.8. BEZBEDNOST U RADU SA TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIM SREDSTVIMA**

Bezbednost u radu sredstavima mehanizacije dobija sve više na značaju, posebno uvođenjem OHSAS menadžment sistema radi smanjenja rizika nastanka nezgoda, kako sa aspekta zaposlenih tako i celog preduzeća. Preduzeća koja nemaju razvijenu bezbednost i zdravlje na radu, kao posledice imaju: veliku odsutnost sa posla bez pravih zamena, povećani broj nezgoda (incidenata), smanjenu produktivnost, manji kvalitet procesa i sistema i dr.

Sistem OHSAS namenjen je preduzećima koja žele da eliminišu, minimiziraju i kontrolišu rizike po zaposlene, unaprede ključne indikatore performansi procesa, implementiraju i održavaju OHSAS menadžment sistem, osiguraju OHSAS poslovnu politiku i zatraže sertifikaciju. OHSAS – standard SRRS OHSAS 18000:2008 kompatibilan je sa ISO 9001 standardima kvaliteta i ISO 14000 i sastoji se od:

- OHSAS 18001 – Sistem upravljanja zaštitom zdravlja i bezbednošću na radu – Zahtevi (*Occupational Health and Safety management Systems – Requirements*),
- OHSAS 18002 – implementacija.

Osnovni zahtevi OHSAS sistema su:

- planiranje i sprovođenje OHSAS poslovne politike,
- identifikacija potencijalnih mesta opasnosti sa aspekta procene rizika nastanka nezgode,
- definisanje ciljeva, izrada programa poboljšanja i način realizacije procesa,
- implementacija preventivno – korektivnih mera radi smanjenja nastanka ili potpune eliminacije rizika, kontrola i monitoring rizika,
- sertifikacija sistema sigurnosti sistema i procesa,
- kontinuirani napredak u poslovanju preduzeća.

U narednom periodu implementacija OHSAS – standard SRRS OHSAS 18000:2008 biće jedan od osnovnih preduslova priključenja naše zemlje EU, koja je implementaciju OHSAS-a podržala sa nekoliko Direktiva kojima se bliže preciziraju oblasti delovanja:

- 89/391/EZ, okvirna direktiva definiše obaveze poslodavaca i radnika, rizične grupe (*inter alia*), bezbednost opreme, odsutnost, prevenciju, fizičke reakcije i dr.,
- 89/654/EEZ direktiva, definiše bezbednost na radnim mestima, posebne mere u radu unutar sistema, informisanje, uključenost zaposlenih, izvore nastanka nezgoda i dr.,
- 89/655/EEZ direktiva, definiše radna sredstva i opremu, smanjenje i sprečavanje nastanka rizika, minimalne uslove rada, obuku radnika i dr.,

- 89/656/EEZ direktiva, definiše sredstva lične zaštite po radnim mestima, pravila korišćenja, procenu zaštite i dr.,
- 89/270/EEZ direktiva, definiše opremu za rad u integrisanim sistemima pod video nadzorom, bilo slovno-brojčanim ili grafičkim prikazima stanja i dr.

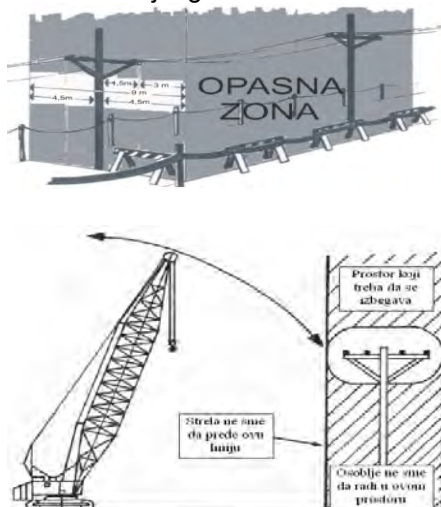
Koliki je značaj OHSAS standarda, moć e se videti na primeru identifikacije potencijalnih mesta opasnosti sa aspekta rizika i kasnije nastanka nezgode kod dizalica, gde postoji barem osam mogućih mesta nastanka incidenta:

- neodgovarajući priključni kontakti i nepoštovanje radnih zona opasnosti,
- ne postojanje dvostrukih sistema zaštite sredstva,
- preteg (preopterećenje nominalne nosivosti),
- nemogućnost postavljanja spoljnih stabilizatora kod auto dizalica,
- smanjenje preglednosti prilikom prenosa materijala,
- blokiran rad strele ili nekog zahvatnog organa,
- prenos materijala sa izvučenom strelom,
- kritični položaji strele po dijagramu nosivosti i dr.

Sva ova potencijalna mesta zahtevaju jasnu definiciju i identifikaciju mesta, opis mogućeg razloga nastanka rizika, preventivne mere i primenu propisanih obaveza.

Tabela 4.9. Bezbedna razdaljina rada strele dizalice od strujnog voda

<b>a) Prilikom rada u blizini visokog naponskog voda</b>	
Napon u voltama (1kV=1000V)	Minimalna zahtevana razdaljina
Do 0.5 kV	3.1 m
50 do 200 kV	4.6 m
200 do 350 kV	6.1 m
350 do 500 kV	7.6 m
500 do 750 kV	10.7 m
750 do 1000 kV	13.8 m
<b>b). Prilikom pomeranja bez tereta i sa spuštrenom strelom</b>	
Napon u voltama (Normalna voltaja)	Minimalna zahtevana razdaljina
do 0.75 kV	1.2 m
0.75 do 50 kV	1.3 m
50 do 345 kV	3.5 m
345 do 700 kV	4.9 m
750 do 1000 kV	6.1 m



Slika 4.100. Načini zaštite zona opasnosti

U radu dizalice najveći problemi nastaju unutar proizvodnog kruga ili terminala u kome se nalazi strujni vod vezano radijus okretanja strele, slika 4.100.

Prema EN 999, utvrčena su minimalna bezbednosna rastojanja metalnih delova, od strujnog voda sa ispruženom i spuštrenom strelom, tabela 4.9 kao i načini zaštite zona opasnosti, slika 4.91. Normirana rastojanja mogu se primenjivati i na druga sredstva mehanizacije.

Poseban značaj imaju dve ATEX (**AT**mospheres **EX**plosives) direktive, koje se odnose na industrijski rizik i zaštitu od eksplozije i požara. Prva direktiva 1999/92/EC daje čitav niz zahteva stepena zaštite sopstvenih vozila i slagača, druga 94/9/EC odnosi se na stepen zaštite vozila dobavljača. Suština je u usklađivanju

opremljenosti vozila i mehanizacije, procene mogućih rizika i usklađivanju prema zonama opasnosti. Definisane su četiri zone prema kategorijama rizika:

- zona 0, mesto gde je eksplozivna atmosfera prisutna stalno ili duže vreme,
- zona 1, mesto gde je eksplozivna atmosfera moguća da se desi povremeno u normalnom radu,
- zona 2, mesto gde se eksplozivna atmosfera verovatno neće desiti u normalnom radu ali, ako se javi, da li će potrajati kratko ili duže vreme,
- zone 21/22, za opasnosti u vezi sa prahom ili česticama prašine.

Svako preduzeće mora da ima normativnim aktom definisan proces menadžmenta, rizikom po zdravlje i bezbednost zaposlenih, posebno izvršnog osoblja. Sa aspekta realizacije procesa u intralogistici, potrebno je kontinualno pratiti moguće promene u radu sredstava mehanizacije, planirati periodične kontrole i rokove ispitivanja, jasno definisati odgovarajuća uputstva za bezbedan rad sa detaljnim specifikacijama za upravljanje i permanentno vršiti obuku i proveru znanja izvršnog osoblja.

Pored sistema OHSAS i međunarodnih direktiva, značajan broj drugih dokumenata, u našoj zemlji reguliše problematiku sredstava mehanizacije:

- Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu (*Službeni glasnik RS*, br.101/2005),
- Pravilnik o postupku pregleda i ispitivanja opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline (*Službeni glasnik RS*, br. 94/2006 i 108/06),
- Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad (*Službeni glasnik RS*, br. 23/09),
- Pravilnik o merama i normativima na radu na oruđima za rad (*Službeni list SFRJ*, br. 18/91),
- Pravilnik o tehničkim normativima za dizalice (*Službeni list SFRJ*, br. 65/91),
- Pravilnik o tehničkim normativima za livničku industriju (*Službeni list SFRJ*, br. 14/79),
- Pravilnik o opštim merama zaštite na radu od opasnog dejstva električne struje u objektima namenjenim za rad, radnim prostorijama i na radilištima (*Službeni glasnik SFRJ*, br. 21/89),
- Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona (*Službeni list SFRJ*, br. 53/88 i 54/88 i izmene i dopune *Službeni list SRJ*, br. 28/95),
- Pravilnik o jugoslovenskom standardu za vozila unutrašnjeg transporta (*Službeni list SFRJ*, br. 47/84),
- Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i radnoj okolini (*Službeni glasnik RS*, br. 72/06 i 84/06).

Osnovni cilj primene navedenih standarda, direktiva, zakona i pravilnika jeste u prevenciji industrijskih nezgoda (akcidenata), redukciji izloženosti toksičnim dejstvima na radnim mestima, zaštiti ljudskog zdravlja i sredine, izražanih:

- smanjenjem povreda na radu,
- povećanjem bezbednosti u transportu,
- povećanjem bezbednosti u operacijama rukovanjem materijalom,
- povećanjem bezbednosti u radu sa korisnicima, sprečavanje kriminalnih akata kao i bezbednosti od terorizma,
- obezbeđenjem validnosti dokumentacije (matične i kontrolne knjige) za svako sredstvo preko 10 kN nosivosti.

Sigurno je da u oblasti bezbednosti postoji još dosta obaveza u preduzećima, ali je najvažnije da transportno – manipulativna sredstva i prateća oprema i alati imaju

validne sertifikate za period njihovog važenja, kvalitetno održavanje i dobro postavljen organizaciju rada.

#### 4.9. KRITERIJUMI ZA IZBOR I POREĐENJE TRANSPORTNO-MANIPULATIVNIH SISTEMA

U analizi sistema tokova materijala, broj KPIs koji su relevantni za izbor pojedinih transportno – manipulativnih sistema veoma je veliki. Iznad tehničko-tehnoloških kriterijuma značajniji su investicioni i troškovi eksploatacije za pojedine varijante, koji se ne mogu koristiti u fazi paušalnog odnosno orijentacionog razrađivanja varijanti, već samo u konkretnim slučajevima, što zahteva opreznost u smislu da se u analizu ne ulazi s netačnim nivoom troškova. Neophodnu pretpostavku za optimalan izbor transportno – manipulativnog sredstva, odnosno povoljne kombinacije je formiranje detaljne matrice *Tehnološki zahtev – Tehnološki element*, uzimajući u obzir sva glavna mesta: zaustavljanja sredstva gde se prima i predaje materijal, mesta presecanja, topologiju transportne putanje, nosivost poda, visine i širine prolaza, dimenzije i mase materijala, zahtevani transportni kapacitet, kao i tačan redosled izvršenja transportnih operacija za svaki materijal.

Tabela 4.10. Matrica tehnološki zahtev – tehnološki element za sredstava sa kontinualnim dejstvom

Tehnološki zahtev (Kriterijum izbora)	Tehnološki element (Kontinualni sistemi)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Stepen automatizacije	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mogućnost integracije u automatizovan sistem		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Fleksibilnost <i>Layout</i> -a			●	●	●	●		●	●			
Fleksibilnost na promenu kapaciteta	●											
Potrebna površina saobraćajnica	●					●				●	●	●
Ometanje	●										●	●
Reverzibilnost		●					●	●	●	●		
Savlavljanje uspona	●	●						●	●	●	●	●
Troškovi kod grananja	●	●	●	●		●	●	●	●	Ne		●
Mogućnost puferisanja	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
Mogućnost predaje materijala	●	●			●			●	●		●	●
Zahtevi prema objektu		●	●	●	●	●	●	●		●		
Organizacija sa obradom podataka	●	●					●	●	●	●	●	●
Potrebne investicije	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	
Troškovi održavanja	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda: (● – povoljno), (● – prosečno), prazno (nepovoljno), (Ne) nemoguće

1. Ručni slagač sa vučnim lancem u podu, 2. Valjkasti transporter, vočen, 3. Valjkasti transporter gravitacioni, 4. Transporter sa rolnama gravitacioni, 5. Gravitacioni transporter sa kuglicama, 6. Kosa kliznica, 7. Transporter sa dva paralelna lamelna lanca, 8. Trakasti ili člankasti transporter, 9. Lančani sistemi, 10. S-C transporter (S-30-90° horizontalni ili vertikalni/S-vibracioni), 11. Krutni konvejer, 12. Power-and-Free (Konvejerski sistem).

Uprkos velikom broju uticajnih KPIs i ograničenja, izbor potencijalnih rešenja može se izvršiti uporednom analizom dobrih i loših svojstava pojedinih sistema, kao i međusobnim poređenjem. Ovakav pristup poređenja različitih varijanti sistema i kriterijuma izbora, opšte je prihvaćen u procesima odlučivanja, jer i u samom procesu odlučivanja neophodno je poštovanje tehničkih, vremenskih i troškovnih ograničenja. Analiza preterano velikog broja kombinacija (kriterijum – sistem) nije u principu svrsishodna, jer praksa potvrđuje da se traženo rešenje po pravilu nalazi u skupu rešenja koja su najčešće korišćena u praksi i koja se često definišu kao tipična tehnološka rešenja. Najvažniji kriterijumi za vrednovanje najčešće korišćenih transportno-manipulativnih sredstava, kontinualnih sistema, dati su u tabeli 4.10. Diskontinualni sistemi sa cikličnim dejstvom rada razvrstani su u dve grupe, prva (grupa 1) transportno-manipulativna vozila (kolica, vučni sastavi i traktori, slagači), tabela 4.11 i druga (grupa 2), dizalice i dizalična postrojenja, AGVS, tabela 4.12. U praktičnom radu, matrica kriterijum – sistem, kao polazna osnova, često se koristi kod izbora, jer je relativno jednostavna za upotrebu, obezbeđuje formiranje široke palete relevantnih ciljeva, a što je veoma važno u sistemu ciljeva uspešno se inkorporiraju i bitni ciljevi koji se ne mogu lako finansijski izraziti, jer preterano oslanjanje na troškovnu analizu može da dovede i do pogrešnih zaključaka u procesu odlučivanja.

Tabela 4.11. Vrednovanje najčešće korišćenih transportnih sredstava na bazi najvažnijih kriterijuma kod sredstava sa cikličnim dejstvom

Kriterijumi izbora	Diskontinualni sistemi (grupa 1)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Stepen automatizacije								●	●
Mogućnost integracije u automatizovan sistem						●		●	●
Fleksibilnost <i>Layout-a</i>	●	●	●	●	●		●		
Fleksibilnost na promenu kapaciteta	●	●	●	●	●		●		●
Potrebna površina saobraćajnica	●	●	●	●	●		●		
Ometanje	●	●	●	●	●		●		
Reverzibilnost	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Savlađivanje uspona		●	●	●	●				
Troškovi kod grananja	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mogućnost puferisanja	●								
Mogućnost predaje materijala	●	●	●	●	●	●	●	●	
Zahtevi prema objektu	●	●	●	●	●	●		●	●
Organizacija sa obradom podataka	●		●	●	●	●	●	●	●
Potrebne investicije	●	●	●	●	●				●
Troškovi održavanja	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda: 1. Traktor, 2. Ručni viljuškar, 3. Sredstvo za komisioniranje, 4. Kolica za visoko podizanje, 5. Motorni viljuškar, 6. Komisioni viljuškar, 7. Visoko regalni viljuškar, 8. Regalni lift, 9. Dvošinski sistem

Pored koristi koje proizilaze iz opisanog pristupa koji se temelji na opštem važećim kriterijumima i tipičnim tehnologijama, u svakom konkretnom slučaju treba pristupiti kritičnom prosuđivanju uz respektovanje specifičnih aspekata koji karakterišu svako

odlučivanje. Pri tome se preporučuje da se u okviru planiranja određenog sistema toka materijala dodatno proceni značaj različitih kriterijuma odlučivanja, kako bi se što bolje uzeo u obzir njihov uticaj na ispunjavanje postavljenih ciljeva vezanih za sistem koji je predmet planiranja. U toku postupka odlučivanja, takođe je poželjno formiranje kratkog sadržajnog prikaza najvažnijih kriterijuma odlučivanja, tabela 4.13. Stepen dostignute automatizacije treba da bude što veći, čime su obezbeđeni sigurnost u radu, jednostavan i bezbedan rad postrojenja, minimalno učešće zaposlenih, niski troškovi poslovanja, održavanje procesa unutar zadatih tehnoloških ograničenja i ispunjenje planirane količine i kvaliteta proizvoda. Stepen automatizacije je mali kod *Off-line* organizacije rada, srednji kod *On Line* u otvorenoj petlji i visok kod *On Line* u zatvorenoj petlji, u kojoj računar na osnovu trenutnog i ciljnog stanja proračunava upravljačke veličine i neposredno deluje na tehnološki proces.

Tabela 4.12. Vrednovanje najčešće korišćenih transportnih sredstava na bazi najvažnijih kriterijuma kod sredstava sa cikličnim dejstvom

Kriterijumi izbora	Diskontinualni sistemi (grupa 2)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Stepen automatizacije	●	●	●	●				●	●
Mogućnost integracije u automatizovan sistem	●	●		●	●			●	●
Fleksibilnost <i>Layout</i> -a		●				●	●	●	
Fleksibilnost na promenu kapaciteta		●		●	●				●
Potrebna površina saobraćajnica		●	●		●	●	●	●	●
Ometanje		●	●		●	●		●	●
Reverzibilnost	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Savlačvanje uspona		●	●			●	●	●	●
Troškovi kod grananja	Ne	●	Ne		●	Ne	Ne	Ne	●
Mogućnost pufersanja					●				●
Mogućnost predaje materijala		●		●	●	●	●	●	
Zahtevi prema objektu	●	●		●	●		●		
Organizacija sa obradom podataka	●	●	●	●		●	●	●	●
Potrebne investicije	●				●				
Troškovi održavanja	●			●	●	●	●	●	●

Legenda: 1. Pretovarivač, 2. AGVS, 3. Lift, 4. Distributivna kolica u kanl.regalu, 5. Trolej sistem, 6. Mosna viseća dizalica, 7. Portalna dizalica, 8. Automatska dizalica, 9. Elektro viseća prenosilica

Kod planiranja sistema toka materijala takođe se pojavljuje problem integracije u automatizovane sisteme tokova materijala. Taj stepen integracije, to jest mogućnost integracije zavisi od postojećeg stepena automatizovanosti. Konvencionalna transportno-manipulativna sredstva mogu se integrisati sa automatizovanim sistemima. Dobar primer za to je gravitaciona kliznica koja se uspešno povezuje sa automatizovanim sistemima uz neophodno opremanje odgovarajućim elementima za praćenje jedinice pakovanja. Sredstva sa manuelnim opsluživanjem, kao što su dizalice i vozila, koja se slobodno kreću po operativnoj površini (slagači, traktori, karete), mogu se delimično integrisati sa automatizovanim sistemima uz uslov, da vozač poseduje komunikacioni sistem za prenos podataka. Fleksibilnost sistema na pro-



menu *Layout*-a pokazuje koliki su troškovi potrebni u slučaju promene topologije transportne putanje. Fleksibilnost po pitanju transportnog kapaciteta pokazuje koji se oblici transportnih sistema bez problema mogu prilagoditi ovom zahtevu, npr. nabavka većeg broja dodatnih sredstava mogla bi da izmanipuliše veći broj ili količinu materijala u jedinici vremena, ali pokaže i koja sredstva kada se jedanput instaliraju nisu u stanju da prihvate povećan intenzitet materijala u prispeću ili obrnuto.

Tabela 4.13 Povoljnost različitih transportnih sistema za različite pojavne oblike tereta

Tehnološki element		Vrsta i svojstva tereta		Vrsta tereta										
				Oblik oslonca tereta					Svojstvo		Masa (kg)			
		Paleta		Boks paleta	Kontener sa glatkim dnom	Jedinica tereta sa rebrastim dnom	Nesavitiljivo	Savitiljivo	1	2	3	4	5	
		Poprečno	Podužno											
Kontinualna sredstava	Valjkasti transporter		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Valjkasti za teške terete		●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Transporter sa rolnama za teške terete		●		●		●	●	●					
	Transporter sa kuglama za teške terete				●		●	●	●	●	●	●	●	
	Kosa kliznica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Transporter sa lancem	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Trakasti transporter	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Kruž na kliznica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	S-C transporter	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Konvejer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Power-and Free transporter	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
Diskontinualna sredstava	Regalni lift	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Viljuškar	●	●	●	●	●	●	Ne	Ne	●	●	●	●	
	Potiskujuća kolica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Elektro prenosilica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Viseća prenosilica	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	Dizalica	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	
	Kanalno vozilo za regale	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

Legenda: 1. Masa do 25 kg, 2. Masa 25 kg do 50 kg, 3. Masa do 500 kg, 4. Masa 500 kg do 1000 kg, 5. Masa preko 1000 kg.

Saznanje kolika je potrebna površina za transportne puteve pokazuje koji deo površine objekta se angažuje za transportnu tehniku. Kod vrednovanja pomenutih KPIs u prednosti su transportno-manipulativna sredstva, koja se slobodno kreću po manipulativnim površinama (slagači, karete). Stepem ometanja u radu mehanizacije može da se manifestuje na različite načine. Jedan od primera je sistem s denivelisanom opera-

tivnom površinom gde povezivanje određenih mesta u transportnom procesu zahteva savlađivanje uspona. Ova okolnost predstavlja ometajući faktor za određene vrste sredstava, posebno sa elektrobaterijskim pogonom jer su nepovoljna za rad na usponima zbog brzog pražnjenja baterije. Reverzibilnost pokazuje mogućnost sredstava za prilagođavanjem, ukoliko se pojavi potreba za promenom smera transporta, tako npr. trakasti transporter ima svojstvo reverzibilnosti (povratni u vremenu), što važi i za neka sredstva cikličnog dejstva koja se slobodno kreću po operativnoj površini.

Kod višespratnih objekata za savlađivanje visinske razlike moraju se koristiti rampe ili sredstva vertikalnog transporta (liftovi). Kretanje po rampama podrazumeva savlađivanje velikih uspona, a i korišćenje liftova ima svoje nedostatke. U određenim situacijama veoma racionalno rešenje mogu da budu sredstva koja poseduju uređaj za podizanje materijala, to jest savlađivanje visinskih razlika kao što su slagači.

Pri planiranju sistema u određenim okolnostima neophodna je sposobnost grananja transportne putanje. Pojedine vrste transportnih sredstava poseduju dobre tehničke mogućnosti za grananje transportne putanje. Kod ovih sredstava troškovi izvođenja su znatno niži u odnosu na ona sredstva koja nemaju takve tehničke predispozicije. Tipični predstavnici sredstava koja imaju to svojstvo su konvejnieri (viseći transporter), sistemi sa kolicima koja vuče lanac u podu i dr.). Ova sredstva imaju i dobre mogućnosti za formiranje pufera. Mogućnost puferisanja takođe je važno, odnosno kriterijum za izbor određenog sredstva, jer puferisanje je korisna mera kojoj se često pribegava u praksi u cilju stabilizacije sistema, jer je u praksi teško ostvariti potpunu sinhronizaciju u sistemu tokova materijala.

Mogućnost transportnog sredstva da duž transportne putanje vrši distribuciju, to jest predaju materijala takođe je važno svojstvo, posebno kod složenih sistema. Kod rešavanja problema izbora ovakvih sistema često se pribegava formiranju matrice koja u sebi sadrži frekvenciju transporta i broj stanica. Kriterijum koji se odnosi na zahteve prema građevinskom objektu sadrži u sebi više aspekata: nosivost podloge, to jest mešuspratne konstrukcije, kvalitet poda, odnosno transportne putanje, nosivost stubova za oslanjanje dizalične staze kod mosnih dizalica, posebno je važno na nosivost krovne konstrukcije kod viseće prenosilice i konvejerskih sistema.

Mogućnost organizacije i obrade podataka takođe ukazuje na nivo primene automatizacije, odnosno potrebu za radnom snagom za upravljanje sredstvima za rukovanje materijalom. Potreba za radnom snagom u određenim varijantama ima kao element organizacije rada veliki značaj, pre svega može da ukazuje na potrebu za uvođenjem određenog nivoa automatizacije. Broj radnika predstavlja i jasnu indikaciju koliki se mogu očekivati troškovi u eksploataciji sistema. Takođe, treba imati u vidu da što je veće angažovanje radnika to su veći problemi sa izostancima sa posla i negativnim efektima koji iz toga proizilaze.

Prezentirani postupak preko *data matrica* obezbeđuje samo orijentacioni izkaz o pojedinim tehnološkim varijantama, kojim se vrši sistemsko tehničko razvrstavanje posmatranih varijanti i time predinsticira sredstvo mehanizacije. Ocene koje su u matricama formulisane (● – *povoljno*), (● – *prosečno*), prazno (nepovoljno) ili (№) nemoguće, ne znači da je varijanta potpuno neprihvatljiva (sem nemoguće) već samo implicira da je primena nekog sistema manje svrsishoda.

Slučaj otkaza pojedinih elemenata u sistemima takođe je značajan u eksploataciji i uopšte posmatrano i sa aspekta izvršavanja primarnog zadatka sistema i to posebno kod automatizovanih sistema. Potrebne investicije i troškovi održavanja pokazuju ekonomičnost transportno-manipulativnih sredstava. U konvencionalnom prisupu ovom problemu uvek se polazi od premise da su troškovi održavanja niži i ukoliko se primeni unifikacija sredstava mehanizacije. Najnovija istraživanja ukazuju na to da je celishodnije ovu praksu zameniti strategijom nabavke sredstava od više proizvođača. Praćenjem troškova za pojedine grupe sredstava dolazi se do važnih saznanja i odgovora koja su sredstva najekonomičnija u eksploataciji. To predstavlja važnu bazu za kreiranje novih nabavki i za ostvarivanje određenih ušteda, jer su proizvođači po pravilu zainteresovani za davanje određenih bonifikacija, čime se višestruko kompenziraju povećani troškovi zaliha i održavanja u odnosu na sisteme sa unificiranom mehanizacijom.

Sa aspekta investicija značajno je i pitanje mogućnosti proširenja, zapravo, kakve su mogućnosti primene postojeće tehnike koja je definisana za određeni prostor u nekim novim uslovima koji podrazumevaju proširenje sistema. Ovde se pre svega misli na transportna sredstva i upravljačku tehniku. Održena tehnička sredstva nisu pogodna za proširivanje sistema, već je celishodnije izgraditi novi sistem. U izboru transportnog sistema od posebnog značaja je i sama povoljnost transportno-manipulativnog sredstva, koja se može analizirati matricom tehnološki element – vrsta tereta, sa osnovnim karakteristikama pojavnih oblika, tabela 4.13.

## REZIME

Sve većim razvojem industrijske proizvodnje, specijalizacijom i podelom rada, nejednakom koncentracijom stanovništva, povećanjem potrošnje, pojavom novih oblika materijala i načinom organizacije transporta, mehanizacija dobija sve veći značaj u realizaciji proizvodnje i snabdevanja. Ove promene imale su veliki uticaj na usavršavanje tehnologija rukovanja s obzirom na hemijsko-tehnološka i fizička svojstva, kao i pojavni oblik materijala, zahteve u vremenu i dr., što je dovelo do raznih tehničkih rešenja, počev od klasičnih mehaničkih do potpuno automatizovanih sredstava s primenom u vrlo složenim tehnološkim procesima, što je pokazano njihovom klasifikacijom. Dati su osnovni indikatori mehanizacije i procesa kojima se može ocenjivati njihov rad.

Objašnjeni su zajednički elementi sredstava mehanizacije u kojima je dat značaj pogonskog motora i baterije na osnovu čega se može vršiti njihov pravilan izbor. Analizirani su pribor i uređaji za prenošenje, zahvatanje, redukovanje sile pritiska i privlačenje materijala. Sva sredstva klasifikovana su u dve grupe, sa cikličnim i neprekidnim dejstvom, izabrani su tipično predstavnici pojedinih familija, date su njihove tehničko-eksploatacione indikatore, mesta korišćenja, načini određivanja osnovnih karakteristika i dr., čime se stiče solidna osnova za izbor odgovarajućeg sredstva mehanizacije, u zavisnosti od tehnoloških zadataka što je i objašnjeno u posebnom pod poglavlju.

Ukazano je na značaj bezbednosti u radu sa sredstvima mehanizacije i navedeni su osnovni zakonski i drugi propisi koji se moraju poštovati. Na kraju data je metodologija proračuna cene koštanja i prodaje po jedinici rada, kojom se vrlo precizno

mogu utvrđivati kako stalni tako i promenljivi troškovi sa kojima se pored tehničko-eksploatacionih svojstava može donositi pouzdana odluka o opravdanosti uvođenja određenih sredstava mehanizacije.

Poznavajući problematiku transportno-manipulativnih sistema, moguće je postizanje znatno većeg obima rada, kvalitetnije rukovanje materijalima, bolje korišćenje mobilnih i stabilnih tehnoloških elemenata, efikasniji i ekonomičniji transport, manje angažovanje ljudskog rada, potpuna humanizaciju rada i mnogi drugi efekti koji se ostvaruju u zavisnosti od vrste TPS procesa, mesta rada, načina organizacije i tehnologije rada.

### **Pitanja za proveru znanja**

1. Šta se sve mora uzeti u obzir prilikom izbora sredstava mehanizacije?
2. Navesti moguće klasifikacije sredstava mehanizacije.
3. Kako se određuje kapacitet kod sredstava sa cikličnim dejstvom?
4. Kako se određuje kapacitet kod sredstava sa neprekidnim dejstvom?.
5. Objasniti vrste pogonskih sistema i njihovu primenu kod sredstava mehanizacije.
6. Navesti klasifikaciju pribora i uređaja i njihove osnovne indikatore.
7. Transportno-manipulativna vozila kao sredstva intralogistike. Prednosti i nedostaci.
8. Navesti indikatore i obeležja tehnoloških zahteva koja pretpostavljaju primenu slagača u procesima intralogistike.
9. Predložiti model za dimenzionisanje potrebnog broja slagača.
10. Liftovi kao sredstvo mehanizacije, vrste, prednosti i nedostaci.
11. Objasniti osnovne indikatore mosnih dizalica kao sredstava mehanizacije.
12. Kako se utvrđuje kapacitet dizalica i kojih?
13. Objasniti osnovne indikatore sredstava za rukovanje kontenerima i masovnim teretima.
14. Mesta primene i osnovne indikatore automatski vođenih vozila (AGV).
15. Trakasti transporter kao sredstvo intralogistike, prednosti i nedostaci.
16. Ostali transporteri kao sredstva intralogistike, prednosti i nedostaci.
17. Izraziti strukturu troškova po slobodno izabranoj jedinici rada.
18. Kako se određuje cena rada transportno-manipulativnih sredstava?
19. Navesti sedam koraka planiranja tokova materijala.
20. Koji su najbitniji kriterijumi kod izbora transportno-manipulativnih sistema?

## 5. IDENTIFIKACIJA PROBLEMSKIH MESTA I PRAVCI RACIONALIZACIJE TEHNOLOŠKIH ZAHTEVA

Posle analize tehnoloških zahteva i tehnoloških elemenata, pristupa se identifikaciji problemskih mesta. Ovaj posao nije ni malo lak, ni jednostavan, jer se u tokovima rukovanja materijalom pojavljuje veliki broj uticajnih faktora koji teže da dezorganizuju proizvodnju. Kada se govori o racionalizaciji obično se misli na optimizaciju procesa i aktivnosti čije realizacije predstavljaju najbolju varijantnu kombinaciju od mogućih. Realizacija najbolje varijante opšta je funkcija cilja (min. ili maks.), jer generalno pruža, zadovoljavajuće (ekonomske, organizacione, tehničko-tehnološke, ekološke i dr.) efekte koji treba da budu veći od potrebnih ulaganja. Realizacija tokova može da bude optimalna u odnosu na zadate kriterijume (merila), ali je u opštem smislu reč o racionalizaciji, jer optimalno ne postoji ili je teško dostići. Na osnovu navedenog, ispravniji izraz je racionalizacija zahteva, jer je teško izabrati kriterijume koji imaju apsolutno najveću važnost. U tom smislu, potrebno je prepoznati sporne situacije, mesta i uzroke njihovog nastanka i putem racionalizacije smanjiti ili potpuno neutralisati njihovo dejstvo.

### 5.1. PROBLEMSKE SITUACIJE I UZROCI NJIHOVOG NASTANKA

Potražnja za materijalima, a time i prevozom nije ravnomerno i prostorno-vremenski raspodeljena, što dalje utiče i na pojavu većih pritisaka na različite segmente pojedinih tehnoloških elemenata i ujedno dovodi do pojave zastoja u reprodukcijom lancu. U osnovi prekidi nastaju usled većeg broja uzroka, što je zahtevalo i razvoj postupka za njihovu identifikaciju i klasifikaciju, radi njihovog lakšeg uočavanja. Iz literature, preuzet je izvestan broj potencijalnih oblika problemskih situacija u procesima intralogistike sa aspekta TPS procesa, sa njihovim uzrocima pojavljivanja, a to su:

- *zauzetost transportnih puteva i frontova pretovara* (saobraćajnica, manipulativnih površina, pristupnih puteva) što dovodi do zastoja u isporuci materijala po određenim lokacijama, povećanog broja manipulacija i dvofaznog pretovara, nemogućnost postavljanja vozila na mesto za manipulaciju, ometanja izvršenja ostalih operacija, nedostatka pouzdanog materijalnog i vremenskog planiranja procesa, praćenja izvršenog rada ...,
- *rad u prezauzetom prostoru*, po pravilu, prezauzetost pokazuje da se procesi rada realizuju haotično, posebno sa aspekta vremenske komponente. Situacija tipično nastaje kada se na jednom, ili na nekoliko radnih mesta, predvidi takav obim rada koji oni ne mogu da opsluže,
- *neadekvatna organizacija rada*, loša realizacija proizvodnog procesa (sa aspekta vremena i prostora), stajanje opreme, čekanje na dokumentaciju, pogrešno upućen materijal, loša obrada radnih naloga, neodgovarajuće sastavnice sa alternativama i tehnološkim postupcima...,
- *uvećana povratna kretanja u tokovima materijala* dešavaju se i zbog nepoštovanja procesa rada (tehnološka nedisciplina), ili zbog kvarova neke mašine i prestanka rada, nedostatka alata...,

- *nemogućnost kontinualnosti toka materijala*, zbog prisustva zastoja i dužeg vremena isporuke materijala, korišćenje obilazne saobraćajnice, pogodniji oblik tehnološkog zahteva, neblagovremeno trebovanje...,
- *korišćenje manuelnog utovara i istovara* angažuje višak radne snage, nema kontinualnosti tokova u procesima, ne koriste se transportno-manipulativna sredstva, ponavljaju se operacija, povećan je broj povreda na radu, manja bezbednost i zaštita na radu,
- *jednovremeno angažovanje dva i više radnika pri rukovanju teretima*, na ispomoći kod podizanja, spuštanja, prenošenja...,
- *dugo vremene u procesima skladištenja*, zbog nedostatka pouzdanih informacija, posebno kod komisioniranja i sortiranja, nedostatka podrške servisu...,
- *nedovoljno korišćenje površine i prostora*, posebno kod skladišta usled neadekvatnog planiranja međuskladišnih procesa,
- *značajno ponavljanje manipulacija*, usled čestih i nepotrebnih kontrola, nesinhronizovanosti operacija, znatan broj zahvatanja, odlaganja i manipulisanja po različitim pozicijama, angažovanje dodatne radne snage, veća mogućnost oštećenja robe...,
- *rukovanje komadnim umesto zbirnim jedinicama tereta*, bez primene paleta i kontenera, bez horizontalne koordinacije modul sistema...,
- *prisustvo zastoja u proizvodnji* nastali neblagovremenom pripremom za rad i obezbećenjem sredstava za rad, neplanirani zastoji, nedostatak transportno-manipulativnih sredstava...,
- *znatno oštećenje materijala* nastaje usled neadekvatnih jedinica rukovanja, neadekvatna sredstva za manipulaciju i skladišne opreme ...,
- *značajna dodatna plaćanja zbog kašnjenja i dangubnina* nastaje usled ne profesionalnog poslovanja, tehnološke nediscipline, neracionalnosti u rukovanju materijalom...,
- *visoki indirektni troškovi* nastaju usled neadekvatnog upravljanja osnovnim sredstvima, većeg broja angažovanih radnika i drugih logističkih troškova,
- *nedovoljno iskorišćenje kvalifikovanih i visokokvalifikovanih radnika po radnim mestima* nastaje usled čestog napuštanja radnih mesta, dužih pauza, ispomoći na drugim radnim mestima, lošeg upravljanja kadrovima...,
- *značajna starost transportno-manipulativnih sredstava*, što uslovljava veću potrošnju pogonskih materijala, manja brzina (utiče na intenzitet opsluge), manja pouzdanost, opada proizvodnost.

Za rešavanje problemskih situacija i njihovih uzroka, treba koristiti različite metode i pristupe koji se u osnovi baziraju na organizacionim metodama, a koje ne zahtevaju novčana ulaganja.

## **5.2. IDENTIFIKACIJA MOGUĆIH MESTA RACIONALIZACIJE**

Polazeći od činjenice da TPS proces predstavlja radni proces, čiji je primaran zadatak (skup tehnoloških zahteva) realizacija prostorne i vremenske promene koordinata na robnom toku, pri identifikaciji mogućih mesta racionalizacije pojavljuju se tehnološki segmenti u okviru kojih treba tražiti mesta racionalizacije, kroz:

- tehnološke procese unutar i oko tehnoloških elemenata,
- tehnološke elemente sistema koji realizuju tehnološke zahteve,

- tehnološke zahteve kao veze okruženja i pretovarno-skladišnog sistema.

U racionalizaciji, posebno tehnoloških procesa, odavno je uočeno da zadatak koji postavlja sistem na višem hijerarhijskom nivou ne treba prihvatiti kao nešto što je apsolutno determinisano. Brojna istraživanja pokazuju suprotno, često se mnogo veći potencijal racionalizacije krije upravo u racionalizaciji zadatka, a ne u njegovoj realizaciji ili organizaciji. Osnovna ideja racionalizacije pretovarno-skladišnog zadatka počiva na primeni odgovarajućih organizacionih i tehničkih mera, kojima bi se zadatak transformisao u oblik povoljniji za realizaciju. Kada su u pitanju intralogistički procesi, pomenuta transformacija zadatka usmerena je na:

- homogenizaciju, to jest unifikaciju pojava oblika tereta,
- homogenizaciju mesta pojavljivanja tehnoloških zahteva,
- smanjenju nestacionarnosti i stohastičnosti tokova tereta u vremenu,
- postizanju što kraće realizacije zahteva, to jest ubrzavanju procesa rada.

Transformacija zadatka podrazumeva:

- optimalno slaganje robe na nosače teretnih jedinica u smislu njihovog optimalnog iskorišćenja,
- optimalno iskorišćenje transportno-manipulativnih sredstava i radne snage,
- optimalan tok robe po principu *JIT (Just In Time)* i *JIS (Just In Sequences)*,
- optimalan proces nakupljanja i koncentracije teretnih jedinica,
- minimalno trajanje manipulativnih operacija (utovar, istovar, pretovar),
- minimalni prazni hodovi i vožnje,
- minimalan prevozni put,
- minimalna čekanja na pretovarna i transportna sredstva i dr.

Racionalizacija tehnoloških elemenata (transportni zahtev — transportna usluga), podrazumeva iznalaženje najboljih rešenja u procesu udovoljenja transportnim zahtevima, što znači da je u skladu sa najbitnijim standardima kvaliteta (kriterijumima ISO), a da se pri tom ostvaruju pozitivni ekonomski efekti.

Od racionalizacije tehnoloških zahteva, kao veze okruženja i pretovarno — skladišnog sistema, tražiti: optimalne ekonomske efekte u odnosu na zadate kriterijume, kao što su:

- minimalni troškovi poslovanja,
- maksimalni prihodi i minimalni troškovi za organizatore i realizatore,
- minimalni troškovi za društvenu zajednicu (državu, region).

Takođe, očekuju se i optimalni ekološki efekti koji se odnose na maksimalnu zaštitu životne okoline i nestanak problema *kapacitet sistema — energija — ekologija* kao i optimalno informisanje u procesu realizacije, što podrazumeva da se informacije i podaci delegiraju: lako, tačno (u izvornom obliku), blagovremeno i da je sistem prenosa (teleprocesinga) pouzdan.

Uglavnom, racionalizacijom (pa samim tim i optimizacijom u odnosu na zadate kriterijume i razvojne koncepcije) moguće je ostvariti niz prednosti, kao što su:

- kvalitetnija realizacija TPS procesa, koja se ostvaruje podelom rada i uprošćavanjem postupaka i operacija,
- ubrzan protok roba u reprodukcionom lancu, koji rezultira smanjenjem mase vezanog kapitala i, uopšte ubrzanje celokupnog procesa reprodukcije,
- smanjenje vremena i troškova procesa i operacija u funkciji skladištenja i pretovara, korišćenjem unificiranih i standardizovanih teretnih jedinica (paleta, boks malih kontenera i mehanizacije),
- bolje iskorišćenje ljudskog potencijala i sredstava rada,

- uštede u troškovima pakovanja pri korišćenju savremenih teretnih jedinica,
- ušteta zbog smanjenih oštećenja robe pri korišćenju savremenih teretnih jedinica,
- ušteta u smanjenju gubitaka robe, smanjenje krađa (naročito kod plombiranih teretnih jedinica),
- izbor sredstva sa najpovoljnijim karakteristikama kod proizvođača transportno – manipulativne opreme i dr.

Racionalizacija, a time i efekti zavise od: obima istraživanja, specifičnosti zadatka i zahteva, kompleksnosti problemskog mesta i značajnosti u ukupnom poslovanju preduzeća, rizika i dr. i predstavljaju osnovni zadatak svakog tehnologa.

### 5.2.1. Mesta racionalizacije u pretovarno-skladišnom zadatku

U identifikaciji mesta racionalizacije u pretovarno-skladišnom zadatku mora se poći od karakteristika kojima se opisuje sam zadatak, odnosno njegov pojavni oblik. Stoga je potrebno identifikovati moguća mesta racionalizacije u sklopu pojedinih karakteristika tehnoloških zahteva.

#### *Količina i pojavni oblik tereta*

U transportno-pretovarno-skladišnim (TPS) procesima pojavljuju se različite količine tereta, homogenog i nehomogenog pojavnog oblika. Kada su u pitanju količina i pojavni oblik tereta, kao karakteristika zadatka, mogu se uočiti mesta racionalizacije (MR):

- MR 1.1. Utvrđivanje minimalnog intenziteta toka tereta koji opravdava primenu sredstava mehanizacije za realizaciju pretovarnih procesa:

U radnim procesima čiji je osnovni zadatak opsluživanje, to jest realizacija određenog obima tehnoloških zahteva, tipičan problem u kreiranju rešenja jeste pitanje donje granice obima zahteva koja ekonomski opravdava nedostatak, odnosno uvođenje određenog sredstva mehanizacije. Ovaj problem sadrži čitav kompleks pitanja i ne može se uvek svesti samo na analizu troškova. Potrebno je uključiti i druge instrumente kao što je tzv. *koncentracija rada*, koja se ostvaruje usmeravanjem tokova tereta na određeno mesto kako bi se stvorili uslovi za primenu mehanizacije, koja ne samo što obezbeđuje ubrzanje procesa rada i snižavanje troškova, već ima znatne reperkusije i u domenu humanizacije rada i smanjenja stepena povreda radnika.

- MR 1.2. Unifikacija pojavnog oblika tereta:

Jedan od osnovnih zadataka u racionalizaciji transportno-pretovarno-skladišnih procesa jeste stvaranje adekvatnih uslova za povezivanje svih podsistema, koji su obuhvaćeni transportnim lancem. Unifikacija obezbeđuje potpunu ispomoc u prostoru i vremenu, što ima poseban značaj u stohastičkim procesima i što je veoma karakteristično za intralogističke procese, jer se unifikacijom obezbeđuje zbir zahteva, odnosno bolje iskorišćenje angažovanih sredstava.

- MR 1.3. Ukрупnjavanje tereta:

Formiranje zbirnih jedinica tereta predstavlja osnovnu pretpostavku primene mehanizacije u TPS procesima. Veličina zbirne jedinice zavisi od čitavog niza faktora, što se zbog povezanosti sa drugim činiocima mora pažljivo analizirati.



### *Mesto nastanka tehnološkog zahteva*

U TPS procesima mesto kao osnovna karakteristika tehnološkog zahteva jeste tačka iz koje se šalje i u koju se prima teret. Efektivnost rada zavisi od razmeštaja ovih mesta, odnosno relacija koje nastaju u samoj realizaciji zadatka. Za razliku od ostalih karakteristika kojima se definiše zadatak, *mesto* je specifično po tome što se određenim merama, već u pojavljivanju, bez usaglašavanja sa subjektom koji postavlja zahtev, može dobiti povoljniji oblik zadatka sa aspekta realizacije.

Mesto kao karakteristika tehnološkog zahteva u tesnoj je vezi s tokom tereta, to jest s načinom kretanja tereta, zbog čega pripada problemu prostornog uobličavanja. Izmeću prostornog uobličavanja i toka tereta postoji jak interakcijski uticaj, jer se prostornim uobličavanjem moraju ispuniti određeni zahtevi u vezi s načinom kretanja tereta, ali, isto tako, prostornim uobličavanjem deluje se i na način kretanja tereta kroz proizvodni tehnološki sistem, kao i na angažovanje sredstava, koji u toj realizaciji učestvuju. Proizlazi da se, u vezi s ovom karakteristikom pretovarno-skladišnog (PS) zadatka, mogu identifikovati sledeća mesta racionalizacije:

- MR 2.1. Usaglašavanje geometrijskog oblika skladišnog objekta s karakteristikama toka tereta,
- MR 2.2. Zoniranje skladišta prema određenim svojstvima tereta, odnosno njegovog toka,
- MR 2.3. Grupisanje zona sa homogenim tehnologijama na racionalna rastojanja radi stvaranja preduslova za eventualnu ispomoć mehanizacije.

### *Vreme nastanka, završetka i strpljivost tehnološkog zahteva*

Za TPS procese karakteristična je nestacionarnost i stohastičnost tehnoloških zahteva u vremenu. Zahtevi s ovakvim karakteristikama veoma su nepovoljni sa aspekta opsluge zbog lošeg iskorišćenja sredstava. Sa aspekta realizacije, najpovoljniji su zahtevi koji imaju stacionarno i determinističko pojavljivanje, ali su veoma retki i u potpunosti ostavarivi, ali delovanjem na trenutak nastanka tehnoloških zahteva odgovarajućim merama može se ublažiti nestacionarnost i stohastičnost, iz čega proizlaze kao moguća mesta racionalizacije:

- MR 3.1. Delovanje na vreme nastanka i završetak tehnološkog zahteva,
- MR 3.2. Delovanje na strpljivost tehnološkog zahteva.

Obično se ova mesta racionalizacije istražuju pomoću odgovarajućih matematičkih modela, a zatim se njihova realizacija s veoma pouzdanom verovatnoćom koriguje pri projektovanju tehnoloških rešenja, to jest u praksi.

#### 5.2.2. Moguća mesta racionalizacije u realizaciji tehnoloških zahteva

TPS procese karakteriše kompleksnost koja se manifestuje velikim brojem operacija u realizaciji i složenosti koja proizlazi iz različitosti tih operacija. Opšte definisanje, odnosno identifikovanje mogućih mesta racionalizacije u svim klasama ovih procesa nije svrsishodno, posebno iz razloga što je racionalizacija procesa s komadnim teretom znatno složenija nego s rasutim teretima, te će analiza biti ograničena na klasu procesa u kojima se kao predmet rada pojavljuju komadni tereti. Dominan-

tni tehnološki elementi, koji učestvuju u realizaciji pretovarno-skladišnih procesa s komadnim teretom, mogu se podeliti na:

- pomoćna transportna sredstava za ukрупnjavanje, to jest homogenizaciju tereta,
- tehnička sredstva za realizaciju glavnih pretovarnih operacija,
- stacionarna oprema za slaganje tereta po visini – regali,
- ostali objekti i operativne površine.

Međuzavisnost tehnoloških elemenata i tehnoloških zahteva može se najbolje prikazati korespondentnim matricama, na osnovu kojih se uočavaju potencijalna mesta racionalizacije [9].

#### *Pomoćna sredstva za ukрупnjavanje, to jest homogenizaciju tereta*

Da bi se sprovela mera, to jest racionalizacija koja je identifikovana kao ukрупnjavanje i unifikacija, danas se koriste različiti oblici transportno-manipulativnih sredstava. Posmatrano sa aspekta masovnosti, odnosno korišćenja, u realnim procesima najveći značaj imaju paletne jedinice tereta. Da bi se opisao veliki broj varijanata, koje se u ovom segmentu ponavljaju, potrebno je uočiti moguće karakteristike i kombinacije koje proizlaze na primeru paletnih teretnih jedinica: dimenzije (standardne, nestandardne), nosivost, konstrukcija (ravne, ravne s raznim dodacima u obliku ramova, stubne, boks-paleta, nekonvencionalni oblici paleta zasnovani na primeni tzv. skupljajućih folija i drugih materijala), vrsta materijala od koga je paleta napravljena (drvo, čelik, plastika, presovane drvenaste mase, papir), broj ciklusa korišćenja (trajne – razmenjive, izgubljene – bespovratne) i dr.

Na osnovu ovako brojnih mogućih svojstava paletnih jedinica, pronalaženje najpovoljnije kombinacije jeste složen posao, što takođe predstavlja značajno mesto racionalizacije. Treba imati u vidu i to da se u sistemu, po pravilu, koristi veliki broj jedinica koje zahtevaju velika ulaganja, što ima veliki uticaj na troškove rada čitavog sistema. Pored izbora adekvatnog oblika pomoćnog transportnog sredstva, odnosno nosača tereta, potencijalno mesto racionalizacije predstavlja i određivanje potrebnog broja sredstava, što znači da se kao moguća mesta racionalizacije mogu definisati:

- MR 4.1. Izbor najpovoljnijeg pomoćnog transportnog sredstva za ukрупnjavanje tereta,
- MR 4.2. Utvrđivanje potrebnog broja pomoćnih transportnih sredstava – nosača tereta za ukрупnjavanje tereta.

U svetu se sve više koriste, u okviru različitih tehnologija, tzv. *Unit Load* teretne jedinice sa tendencijom povećanja njihove nosivosti, što pojednostavljuje izbor sredstava.

#### *Tehnička sredstva za realizaciju pretovarnih operacija*

Potreba za stalnim povećavanjem produktivnosti uslovlila je porast stepena mehanizovanosti u TPS procesima. Kvalitativna i kvantitativna promena zahteva u procesu reprodukcije utiče na razvoj tehnologija tako da se stalno povećava:

- broj proizvedenih pretovarnih sredstava,
- broj specijalizovanih sredstava s diferenciranim karakteristikama,
- veličina pretovarno-skladišnih tehnoloških elemenata kao skupa većeg broja konstruktivno i funkcionalno povezanih pretovarno-skladišnih sredstava.

Opšte svojstvo sredstva za realizaciju tehnoloških zahteva u pretovarnom procesu jeste hvatač, odnosno radni organ tehničkog sredstva. Svojstvima, to jest karakteristikama hvatača određena je oblast primene pretovarnog sredstva. U praksi su najrasprostranjenija tehnološka rešenja zasnovana na primeni sredstava koja se proizvode u serijama i to za nepoznatog korisnika.

Na osnovu navedenog, proizlazi da se kod tehničkog sredstva za realizaciju pretovarnih operacija kao mesta racionalizacije, mogu definisati:

- MR 5.1. Izbor najpovoljnije tehnološke kombinacije (izbor tipične tehnologije),
- MR 5.2. Izbor sredstva mehanizacije u okviru određene tipične tehnologije sa najpovoljnijim karakteristikama,
- MR 5.3. Utvrđivanje potrebnog broja sredstava odnosno kapaciteta.

Katalozi tipičnih tehnologija nalaze se kod proizvođača opreme, raznih instituta i fakulteta, koji se bave projektovanjem tehnologija TPS procesa. Određivanje potrebnog broja sredstava može se vrlo pouzdano utvrditi odgovarajućim modelima koje podržava matematički aparat.

### *Stacionarna oprema za slaganje tereta u visinu*

U procesima u kojima se pojavljuju komadni tereti masovno se koristi stacionarna oprema – regali za slaganje tereta po visini. Slaganjem tereta po visini dobija se skladišni sistem sa strukturom veće gustine, što ima svoje pozitivne efekte. Sistemi velike gustine angažuju manju površinu podloge i obezbeđuju dobre uslove za primenu automatizacije. Skladišni regali imaju veliko učešće u ukupnim ulaganjima u pretovarno-skladišni sistem. Procentualno, učešće investicija u regale u odnosu na ukupna ulaganja raste sa povećanjem visine slaganja. Kod visokoregalnih skladišta regalna konstrukcija figurira kao multifunkcionalni element. Naime, regali pored nošenja tereta na sebe preuzimaju i funkciju nošenja spoljne obloge, to jest zidova i krovne konstrukcije skladišnog objekta. Procentualno učešće regala u ukupnim investicionim troškovima varira, kod visokoregalnih skladišta, iznosi 40 % do 52 %. Kada je u pitanju izbor stacionarne opreme, odnosno regala za slaganje komadnih tereta po visini, kao moguća mesta racionalizacije pojavljuju se:

- MR 6.1 Utvrđivanje potrebe za regalima,
- MR 6.2. Izbor najpovoljnijeg oblika regala, ako za njim postoji potreba,
- MR 6.3. Usaglašavanje dimenzija regala s dinamičkim karakteristikama sredstava, koja obavljaju uskladištenje i izskladištenje tereta u skladištu.

Visokoregalna skladišta primenjuju se u industrijskim i javnim skladištima, kod kojih je manipulativni prostor ograničen i na mestima gde je obavljena homogenizacija tereta.

### *Skladišni objekat*

Skladišni objekat kao tehnološki element sve elemente povezuje u jednu integralnu celinu. Za skladištenje tereta u tipičnim tehnologijama koje se danas najviše primenjuju u realnim procesima, koriste se različiti tipovi skladišta. Koji će tip skladišta biti korišćen zavisi, pre svega, od fizičko-tehnoloških svojstava tereta i drugih uticajnih karakteristika. Danas se sve više grade zatvorena skladišta i kod onih vrsta tereta koje su tradicionalno čuvani u otvorenim skladištima. Ova tendencija u tesnoj je vezi s podizanjem nivoa zadovoljenja zahteva korisnika. Pored vrste objekta, na tehnologiju i ulaganja u preto-

varno-skladišni sistem veliki uticaj ima i nivo zaliha tereta u skladištu. Bez obzira na primenu različitih strategija za upravljanje tokovima materijala, iz tehnoloških i ekonomskih razloga, prisustvo skladišta kao stabilizirajućeg elementa između dva sistema je neizbežno. Stoga, optimizacija nivoa zaliha predstavlja veoma značajno mesto u racionalizaciji, u okviru skladišnog sistema. Veza skladišnog objekta s okruženjem uspostavlja se preko fronta pretovara. Front pretovara, odnosno njegov oblik i veličina, zavise od intenziteta toka tereta i predstavljaju značajno mesto racionalizacije. Za definisanu količinu tereta, koja će se čuvati u određenom skladištu na investicione i eksploatacione troškove, značajan uticaj ima i geometrijski oblik objekta.

Na osnovu prethodno navedenog, za skladišni objekat mogu se identifikovati mesta racionalizacije:

- MR 7.1. Izbor vrste skladišnog objekta,
- MR 7.2. Utvrđivanje optimalnog nivoa zaliha,
- MR 7.3. Definisane oblike i dužine fronta pretovara,
- MR 7.4. Definisane geometrijskog oblika skladišnog objekta.

Planiranje skladišnih procesa, počev od izbora lokacije, obezbeđenja infrastrukture, projektovanja tehnologije i organizacije rada, do kontrole i optimizacije rada, predstavlja tipičan tehnološki zadatak.

### 5.2.3. Mesta racionalizacije u organizaciji rada

U konvencionalnom pristupu naučnoj organizaciji rada funkcije su samo jedna dimenzija ili faktor kojim je obeležen prostor u kome se manifestuje organizacija, a kao funkcije definišu se upravljanje, organizovanje, rukovođenje, izvršavanje i kontrolisanje. Novija saznanja nameću potrebu drugačijeg raščlanjavanja, odnosno, šta pripada domenu tehnološkog projekta, a šta domenu organizacije. Ovaj problem utoliko je aktuelniji što se tehnološko projektovanje danas razvija kao autonomna oblast, gde granica može da se objasni preko relevantnih indikatora.

Relevantni indikatori na osnovu kojih se određuju tehnološki postupci, najčešće su veoma promenljivi u vremenu. Ukoliko bi se svi uključili u tehnološki projekat, dobio bi se enormno veliki broj parcijalnih tehnoloških rešenja za pojedine procese i pojedine tehnologije. Zbog necelishodnosti takvog pristupa, samo pojedina mesta racionalizacije koja imaju opštiji karakter, pripadaju tehnološkom projektu, a operativna regulacija pripada sferi organizacije.

Polazeći od prethodnih činjenica, kao i od toga da se tehnološki zahtevi menjaju u vremenu i da te promene imaju stohastički karakter, kao moguća mesta racionalizacije u organizaciji identifikuju se:

- MR 8.1. Dvofazni način realizacije tehnoloških zahteva,
- MR 8.2. Izbor strategije upravljanja mobilnim sredstvima rada,
- MR 8.3. Izbor strategije korišćenja skladišnog prostora,
- MR 8.4. Operativno regulisanje pretovarno-skladišnih procesa,
- MR 8.5. Povezivanje skladišta i TPS procesa u širi skladišni sistem, odnosno mrežu u robno-distributivnih centara.

Navedene i druge potencijalne mere organizacije rada predstavljaju suštinske mere racionalizacije, jer se one, u našim uslovima, često poistovećuju s nabavkom nove opreme, ili izgradnjom nekog objekta, što je sasvim pogrešno. Iz tih razloga veoma je značajno pristupiti identifikaciji i drugih mogućih mesta racionalizacije, jer ova grupa mera traži i najniže troškove uvođenja u eksploataciju.

## 5.2.4. Rekapitulacija mogućih mesta racionalizacije, njihova meĀuzavisnosti i nivoi racionalizacije

Nakon identifikovanih mesta racionalizacije u pojavljivanju, realizaciji i organizaciji, pristupa se njihovom objedinjavanju radi lakše rekapitulacije, tabela 5.1. Koristeći principe sistemske analize, za analizu pravaca i postupaka racionalizacije od znaĀaja je meĀuzavisnost uoĀenih mogućih mesta racionalizacije. MeĀuzavisnost pojedinih mesta racionalizacije u pretovarno – skladišnim procesima izraĀava se korespondentnom matricom „tehnološki element– tehnološki zahtev“, iz koje se uoĀava prisustvo meĀuzavisnosti kod velikog broja mesta racionalizacije. Sva mesta koja imaju znaĀajnu meĀuzavisnost kroz analizu moraju biti zajedno tretirana, shodno tome moraju se primeniti i različiti postupci racionalizacije. Kako je meĀuzavisnost indikacija, odnosno podloga za klasifikaciju, celishodno je da se nivoi racionalizacije diferenciraju u tri nivoa.

Tabela 5.1. Rekapitulacija mogućih mesta racionalizacije

U pojavljivanju	U realizaciji	U organizaciji
<p><b><u>MR 1. KoliĀina i pojavni oblik tereta</u></b>            MR 1.1. UtvrĀivanje minimalnog intenziteta tereta koji opravdava primenu sredstva mehanizacije za realizaciju pretovarnih procesa            MR 1.2. Unifikacija pojavnog oblika tereta            MR 1.3. Ukрупnjavanje tereta</p> <p><b><u>MR 2. Mesto nastanka tehnološkog zahteva</u></b>            MR 2.1. Usaglašavanje geometrijskog oblika skladišnog objekta s karakteristikama toka tereta            MR 2.2. Zoniranje skladišne zone prema odreĀenim svojstvima tereta, odnosno njegovog toka            MR 2.3. Grupisanje objekata s homogenom tehnologijom na racionalnom rastojanju radi ispomoci mehanizacije</p> <p><b><u>MR 3. Vreme nastanka i strpljivost tehnološkog zahteva</u></b>            MR 3.1. Delovanje na vreme nastanka tehnološkog zahteva            MR 3.2. Delovanje na strpljivost tehnološkog zahteva</p>	<p><b><u>MR 4. Pomoćna transportna sredstva za ukрупnjavanje tereta</u></b>            MR 4.1. Izbor najpovoljnijeg pomoćnog transportnog sredstva za ukрупnjavanje tereta            MR 4.2. UtvrĀivanje potrebnog broja pomoćnih transportnih sredstava za ukрупnjavanje tereta</p> <p><b><u>MR 5. TehniĀka sredstva za realizaciju operacija</u></b>            MR 5.1. Izbor najpovoljnije tehnološke kombinacije            MR 5.2. Izbor sredstava mehanizacije sa najpovoljnijim karakteristikama u okviru odreĀene tipične tehnologije            MR 5.3. UtvrĀivanje potrebnog broja sredstava mehanizacije, odnosno kapaciteta</p> <p><b><u>MR 6. Stacionarna oprema za slaganje tereta u visinu</u></b>            MR 6.1. UtvrĀivanje potrebe za regalima            MR 6.2. Izbor najpovoljnijeg oblika regala, ako za njim postoji potreba            MR 6.3. Usaglašavanje dimenzija regala s dimnamiĀkim sredstvima rada i objektom</p> <p><b><u>MR 7. Skladišni objekat</u></b>            MR 7.1. Izbor vrste skladišnog objekta            MR 7.2. UtvrĀivanje optimalnog nivoa zaliha            MR 7.3. Definisavanje oblika i duĀine fronta pretovara            MR 7.4. Definisavanje geometrijskog oblika skladišnog objekta</p>	<p><b><u>MR 8. MoĀuća mesta racionalizacije u organizaciji</u></b>            MR 8.1. Dvofazni naĀin realizacije tehnoloških zahteva            MR 8.2. Izbor strategije upravljanja dinamiĀkim sredstvima rada            MR 8.3. Izbor strategije korišćenja skladišnog prostora            MR 8.4. Operativna regulacija pretovarno-skladišnog sistema            MR 8.5. Povezivanje skladišta u širi skladišni sistem i mreĀu u robno-distributivnih centara</p>

Nakon pojedinačne racionalizacije i njihove kompleksne analize po nivoima, pristupa se vrednovanju, sintezi i uklapanju pojedinačnih u jedinstveno tehnološko rešenje.

Prvi nivo racionalizacije obuhvata parcijalne racionalizacije na pojedinim mestima. Parcijalna racionalizacija karakteristike okruženja uglavnom posmatra kao zadate veličine i ograničava se samo na racionalizaciju odabranog mesta (na primer: utvrđivanje broja mobilnih sredstava mehanizacije). Ona ima ograničen domet i veoma je podobna za racionalizaciju pretovarno – skladišnih procesa koji već egzistiraju, to jest nalaze se u eksploataciji.

Drugi nivo racionalizacije sprovodi se u okviru određene tipične tehnologije, kako bi se kompleksnim posmatranjem postigao što je moguće veći stepen usaglašenosti elemenata sistema s tehnološkim zahtevima pretovarno skladišnog procesa. Treći nivo racionalizacije bavi se problemom izbora tehnološkog rešenja u okviru lanaca snabdevanja. Područje posmatranja u ovom slučaju proširuje se i na spoljni transport i sve probleme usaglašavanja pretovarno-skladišnog sistema sa njim.

Treba teži izboru optimalnog tehnološkog rešenja koje daje najbolje efekte po onim kriterijumima koji su merodavni za ocenu kvaliteta nivoa usluge. Za razliku od primenjenih naučnih postupaka u analizi mera racionalizacije, ovde se uglavnom koriste ekspertne metode. Kako su TPS procesi složeni po svojoj strukturi, tako su i mere racionalizacije veoma složene i različite u konkretnim situacijama gde se sprovodi racionalizacija, te je njihov broj gotovo neograničen. Ovde su prikazane osnovne mere racionalizacije koje su se najviše koristile u dosadašnjim istraživanjima.

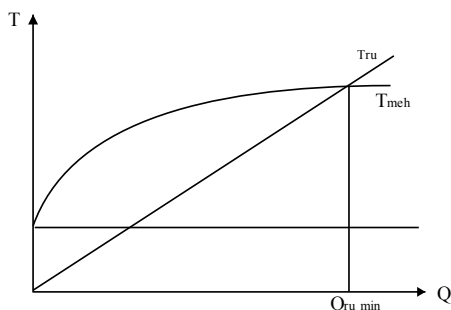
### **5.3. PRAVCI I POSTUPCI RACIONALIZACIJE**

#### **5.3.1. Pravci i postupci racionalizacije pretovarnog zadatka u pojavljivanju**

Pravci i postupci racionalizacije u pojavljivanju biće dati prema redosledu njihove identifikacije, odnosno potencijalnim mestima racionalizacije.

Utvrđivanje minimalnog intenziteta tereta koji opravdava primenu tehničkog sredstva za realizaciju pretovarnih operacija (MR 1.1.) predstavlja prvu moguću meru racionalizacije. Uvođenje mehanizacije, pre svega, inicirano je humanim i ekonomskim razlozima. Kod malih količina tereta, uz primenu pomoćnih sredstava relativno jednostavne konstrukcije, mogu se stvoriti zadovoljavajući uslovi za rukovanje teretom.

Egzaktno utvrđivanje granice za uvođenje mehanizacije obično počiva na troškovnom modelu. On se zasniva na analizi ukupnih fiksnih, odnosno stalnih i varijabilnih troškova mehanizovanog ( $T_{meh}$ ) i nemehanizovanog rada ( $T_{ru}$ ) u funkciji količine tereta ( $Q$ ), slika 5.1. Na dijagramu su troškovi manuelnog rada prikazani kao linearni, jer se radna snaga obično koristi i za druge poslove, odnosno u rešimu ispomoći, dok su parabolom prikazani troškovi mehanizovanog rada. U preseku linija dobija se granična količina do koje je ekonomski celishodnije koristiti manuelnu radnu snagu, a preko te granice ekonomski je celishodnija primena mehanizacije. Ova granica veoma je relativna, jer zavisi od čitavog niza faktora.



Slika 5.1. Utvrđivanje minimalnog intenziteta tereta  $Q_{n1\ min}$  koji opravdava primenu mehanizacije

Predloženi model analize može se koristiti i kod upoređivanja različitih tipova sredstava mehanizacije u okviru jednog tehnološkog rešenja ili više njih.

Unifikacija tereta (MR 1.2.) je sledeća mera racionalizacije kojom se teži ka primeni standardizovanih teretnih jedinica kao osnovne pretpostavke formiranja univerzalnog transportnog lanca, kroz :

- mogućnost izbora dimenzija osnovnog pakovanja nezavisno od transportnog sredstva omogućava četiri osnovne komponente: sastavljenost, povezanost, usaglašenost dimenzija i masa, permanentnost,
- teretna jedinica, kao opšti naziv za ukupnjene terete pruža mnogo mogućnosti za snižavanje troškova preko logističke ideje da teretna jedinica bude jedinica naručivanja = jedinica proizvodnje = jedinica skladištenja.

Ova nezavisnost obezbeđuje smanjenje troškova pretovara, ubrzava pretovar, olakšava kontrolu, poboljšava iskorišćenje skladišta i transportnih kapaciteta, snižava troškove pakovanja, gubitke usled kraće, stvara uslove za automatizaciju procesa i dr. Uvođenjem unificiranih teretnih jedinica homogenizuje se tok tereta i time omogućava i unifikacija tehnologije za rukovanje. Postupak unifikacije tereta posebno je interesantan zbog stohastičkog karaktera transportnog procesa, jer za posledicu ima sabiranje stohastičkih zahteva, a time i smanjenje stohastičnosti, iz čega proizlazi čitav niz korisnih efekata u boljem korišćenju tehnoloških elemenata.

Ukupnjavanje tereta (MR 1.3.) i unifikacija tereta jesu tesno povezane tehnološke mere, koje se, po pravilu, sprovode paralelno, s tim što je kod ove mere akcenat na formiranju što veće teretne jedinice, jer se time stvaraju bolji uslovi za primenu mehanizacije, ubrzava proces pretovara uz značajno sniženje troškova, stvaraju uslovi za bolje iskorišćenje površine skladišta i dr. Izbor tipa i veličine teretne jedinice u procesu ukupnjavanja veoma je kompleksno pitanje, jer zavisi od brojnih faktora.

Strukturne promene u procesima reprodukcije i uvođenje strategije *JIT*, u realnim procesima uslovljavaju masovnu primenu relativno malih teretnih jedinica kao što je EPAL-paleta, ali i manjih jedinica. Ovde je očigledno reč o protivrečnim zahtevima: ubrzavanje procesa i snižavanje troškova uslovljavaju što veću jedinicu, dok privredni subjekti imaju potrebu za dostavom tereta u malim jedinicama uz veliku frekvenciju dostave, koja je u praksi najčešće realizovana kroz *zbirni prevoz (Collected Transport)*. Opšta preporuka kod ukupnjavanja bila bi da gde god postoje uslovi za primenu većih jedinica treba ih koristiti, dok bi osnovni pravac racionalizacije kod manjih jedinica bio jednovremeno zahvatanje većeg broja jedinica tereta primenom specijalnih zahvatnih uređaja. Ova preporuka nalazi sve širu primenu u praksi, tako da danas već postoje primeri gde se

na frontu pretovara primenom specijalnih zahvatnih uređaja viljuškarom zahvata i po šest paleta jednovremeno kod utovara i istovara drumskih vozila. Jednovremeno zahvatanje primenjuje se i kod pretovara ISO-kontenera u velikim pomorskim lukama – zahvataju se jednovremeno po dva, četiri ili više kontenera (20") pri pretovaru pomoću odgovarajućih spredera, *Luf*-platformi ili postolja.

Usaglašavanje geometrijskog oblika skladišnog objekta s karakteristikama toka tereta (MR 2.1.) predstavlja meru racionalizacije u okviru mesta nastanka tehnološkog zahteva.

Osnovne relevantne karakteristike toka tereta, posmatrano iz aspekta pretovarno-skladišnog procesa jesu:

- širina asortimana tereta,
- kapacitet skladišta zajedno s koeficijentom izmene tereta u pretovarno-skladišnom procesu (protok),
- zakon prispeća i otpreme tereta.

Od ovih karakteristika zavise generalna svojstva pretovarno-skladišnog sistema. Usaglašavanje geometrije skladišnog objekta s karakteristikama toka tereta pripada problemu geometrijskog uobličavanja. U pretovarno-skladišnim sistemima sa širokim asortimanom tereta, iz koga se po jednoj porudžbini isporučuju relativno male količine od svake vrste, zahtevaju idealan oblik skladišnog objekta, ili bolje rečeno zone komisioniranja kao podsistema skladišnog sistema u obliku pravougaonika sa podužim kretanjem tereta kroz tehnološki sistem. Kako geometrijsko uobličavanje ne zavisi samo od karakteristika toka tereta, već i od drugih uticajnih veličina (karakteristike sredstava kojima se obavlja rukovanje teretom, način slaganja tereta, oblik i dimenzije teretne jedinice i jedinice tereta i dr.), proces geometrijskog uobličavanja mora se sprovesti u okviru određene tipične tehnologije.

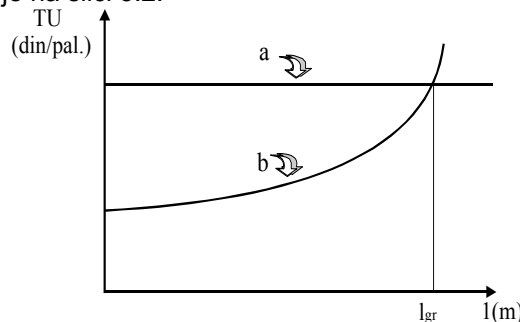
Zoniranje skladišne zone prema određenim karakteristikama tereta (MR 2.2.) jeste mera racionalizacije čiji je osnovni cilj zoniranje skladišne površine uz što povoljnija lociranja određenih vrsta tereta, kako bi se redukovao obim rada sredstava mehanizacije. Redukcija angažovanja mehanizacije postiže se približavanjem zona ulazu i izlazu skladišta s teretom koji po određenoj osnovi izaziva veći transportni rad. Zoniranje predstavlja značajnu meru racionalizacije i ima svoju podlogu u osnovi svih materijalnih sistema. U pretovarno-skladišnim sistemima kod zoniranja koristi se više kriterijuma: broj izmena tereta u skladištu (protok), masa i zapremina jedinica tereta i teretnih jedinica. U praksi, najveći značaj ima zoniranje prema broju izmena tereta u skladištu, odnosno protoku. U analizi pretovarno-skladišnog zadatka treba utvrditi zakon preferencije u tokovima tereta, odnosno odvojiti glavne tokove od sporednih, čime se mogu postići uštede i odgovarajući kvalitet opsluge.

Grupisanje objekata s homogenom tehnologijom na racionalno rastojenje radi ispomoći mehanizacije (MR 2.3.) ima za cilj da se stvore adekvatni tehnokonomske uslovi za ispomoć mobilnih sredstava mehanizacije, a time i njihovo bolje iskorišćenje, kako po vremenu, tako i po nosivosti, nosećoj površini i zapremini. Uslov za bolje iskorišćenje sredstava mehanizacije u stohastičkim procesima jeste sabiranje stohastičkih zahteva, čime se smanjuje stepen stohastičnosti, odnosno koeficijent varijacije zahteva za opslugom. U rešavanju ispomoći sredstava mehanizacije merodavni kapacitet zbog sabiranja zahteva mora biti manji od zbira parcijalnih kapaciteta za isti nivo, odnosno verovatnoću opsluge.

Suštinski problem u sprovođenju ove racionalizacije jeste utvrđivanje graničnog rastojanja između objekata s homogenom tehnologijom do koje je ekonomski



opravdana ispomoć mehanizacije jer s povećanjem rastojanja između objekata raste relativno učešće praznih vožnji u radu mehanizacije, što smanjuje efektivnost rada mehanizacije, a posledica jeste duže zadržavanje vozila spoljnog transporta, neblagovremena isporuka, zastoji u isporuci i sl. Za utvrđivanje traženog graničnog rastojanja, merodavne veličine jesu prosečni troškovi viljuškara i troškovi nastali zadržavanjem vozila spoljnog transporta na čekanju i opsluzi. Povećanjem rastojanja ( $l$ ) između objekata rastu pomenuti troškovi. Granično rastojanje do koga je ekonomski opravdana ispomoć jeste ona vrednost pri kojoj se izjednačavaju ukupni prosečni troškovi rada u režimu ispomoći i bez ispomoći. Dinamika kretanja ovih troškova prikazana je na slici 5.2.



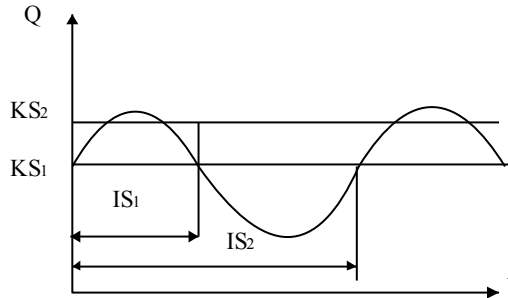
a – Prosečni troškovi rada bez ispomoći, b – Prosečni troškovi rada u režimu ispomoći

Slika 5.2. Princip utvrđivanja graničnog rastojanja između objekata

Zbog nemogućnosti da se definiše analitička veza ulaznih veličina i promena stanja u sistemu za utvrđivanje graničnog rastojanja, koristi se, po pravilu, metoda simulacije. Vreme nastanka tehnološkog zahteva (MR 3.1.) vrlo je značajna mera jer se na vreme može delovati određenim organizacionim merama i tehnološkim rešenjima tako da se tehnološki zahtev transformiše u povoljniji oblik s aspekta realizacije. Transformacija se odnosi na *umirivanje* zahteva u vremenu, odnosno pretvaranje nestacionarnih i stohastičkih zahteva u stacionarne i determinističke, u što većoj meri. Na prvi pogled ova preporuka može da deluje neubedljivo, jer se u konvencionalnom pristupu zahtev prihvata u izvornom obliku, kao i zbog činjenice da zahtevi u pretovarnoskladišnim procesima imaju izrazito stohastičan i nestacionaran karakter.

Prihvatanje pretovarno-skladišnog zadatka, u izvornom obliku bez pokušaja da se on racionalizuje u samom pojavljivanju jeste velika greška. Praktična iskustva u potpunosti su potvrdila prethodnu tezu. Delovanje na vreme nastanka tehnološkog zahteva nije u vezi s komplikovanim merama, mada se one, u principu moraju usaglašavati s okruženjem pretovarno-skladišnih sistema, odnosno sa subjektom koji postavlja zahtev. Nekada je dovoljno da se u dovozu sirovina promeni vid saobraćaja, pa da se ostvari značajna racionalizacija kroz smanjivanje stohastičnosti i povećanje stacionarnosti.

Strpljivost tehnološkog zahteva (MR 3.2.) i njegovo uvođenje kao karakteristike tehnološkog zahteva u sistemsku analizu pretovarno-skladišnog procesa ima kapitalan značaj. Kumulativno dejstvo intervala strpljivosti u nedeterminisanim procesima značajno deluje na smanjenje stohastičnosti kroz sabiranje njihovih zahteva, a proširivanjem intervala i na povećanje stacionarnosti u užem i u širem smislu. Iz ovog sledi, da su sve kvantifikacije koje se sreću u raznim radovima vezanim za proučavanje pretovarno-skladišnih procesa, sprovedene bez jasno proučenog i definisanog intervala strpljivosti, nepouzdate.



Q – obim zahteva za realizaciju

Slika 5.3. Prikaz promene merodavnog kapaciteta mehanizacije u funkciji širine intervala strpljivosti

Iz opisanih razloga svako povećanje strpljivosti tehnoloških zahteva doprinosi smanjivanju merodavnog kapaciteta koji treba da se obezbedi u realizaciji, čime se postiže u znatne uštede, jer se manjim angažovanjem sredstava u stohastičkom procesu obezbeđuje ista verovatnoća, odnosno isti kvalitet opsluge. Za posmatranu slučajnu funkciju na slici 5.3, uočava se da instalirani kapacitet  $KS_1$ , za obim zahteva u intervalu strpljivosti  $IS_1$ , neće biti dovoljan da se opsluže svi zahtevi. Da bi se to postiglo za zadatu širinu intervala strpljivosti  $IS_1$  treba instalirati veći kapacitet  $KS_2$ . Proširivanjem intervala strpljivosti na  $IS_2$  ovaj obim zahteva bio bi realizovan s istim kvalitetom i prvobitnim kapacitetom  $KS_1$ . Neusklađenost tehnološkog zahteva i kapaciteta za realizaciju izaziva troškove čekanja opsluge, a isto tako i uvećane troškove viška kapaciteta, ukoliko je sistem za realizaciju predimezionisan.

Na osnovu iznetog, sledi zaključak da se interval strpljivosti može optimizirati samo gde za to postoje uslovi. Optimizacija intervala strpljivosti ne može se odvojeno posmatrati. Ona treba da se obavi jedinstvenom optimizacijom tehnološkog rešenja u okviru jedne tipične tehnologije. Jednovremeno se optimiziraju: tehnološki elementi pretovarno-skladišnog procesa i kvalitet opsluge pri realizaciji tehnoloških zahteva, čime se interval strpljivosti dobija kao izlazna veličina iz matematičkog modela za optimizaciju.

### 5.3.2. Pravci i postupci racionalizacije u realizaciji

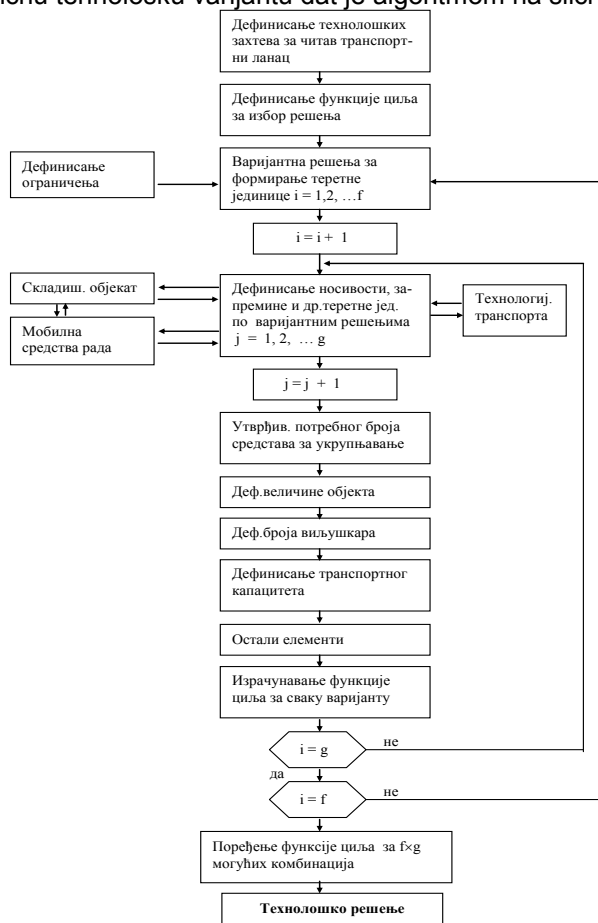
U ovoj grupi mera ima najviše pravaca i postupaka racionalizacije, jer tehnoloških elemenata i zahteva u TPS procesima ima veoma mnogo. Tehnološki elementi za realizaciju pretovarno-skladišnih zadataka najčešće se klasifikuju u dve osnovne grupe: stabilni i mobilni (dinamički), odnosno u četiri grupe: pomoćna transportna sredstva za ukupnjavanje tereta, tehnička sredstva za realizaciju pretovarnih operacija, stacionarna oprema, objekti i operative površine. Svaki tehnološki element u procesu projektovanja pojavljuje se kao objekat koji obezbeđuje realizaciju, ali istovremeno se mora posmatrati i kao potencijalno mesto racionalizacije.

Izbor adekvatnog pomoćnog sredstva za ukupnjavanje tereta (MR 4.1.) mera je izbora tehnološke varijante koja isključuje upotrebu sredstva za ukupnjavanje primenom posebno prilagođenih zahvatnih uređaja koji imaju ograničena svojstva. Na to utiče više faktora, ali je primarno da svako odstupanje od konvencionalne teretne jedinice na mestima prekida transporta komplikuje manipulaciju, odnosno zahteva posebno prilagođena sredstva mehanizacije, koja se ne mogu uvek dobro iskoristiti. Zbog velike primene paleta u realnim procesima, u razradi ovog problema analiza će biti ograničena na paletizovane teretne jedinice.

Pomoćno sredstvo za ukрупnjavanje, kao element planiranja, dosta je specifično, jer je:

- nabavna cena pomoćnog sredstva relativno mala u odnosu na ukupna potrebna ulaganja u jedan pretovarno-skladišni sistem,
- kao najmanja jedinica, sa veoma jakim uticajem na veličinu skladišnog objekta, troškove manipulacije i ostale troškove,
- tehnička integracija različitih vidova saobraćaja determinisala sredstvo za ukрупnjavanje. Konkretno, kada je u pitanju realizacija tehnologija zasnovanih na viljuškarskoj tehnici – sлагаћа, pri integraciji u intralogistici, to je ravna drvena – EPAL paleta, sa dimenzijama (1.200 mm · 800 mm) i metalna boks (1.240 mm · 835 mm · 970 mm).

Iz opisa specifičnosti pomoćnog sredstva kao elementa u TPS procesu uočava se kolizija između pojedinih kriterijuma relevantnih za njegov izbor. Kompleksna racionalizacija, odnosno optimizacija izbora pomoćnog sredstva za ukрупnjavanje, mora da obuhvati čitav transportni lanac, što otvara probleme koji su izvan domena interesovanja ove knjige. Iz tih razloga ovaj problem posmatra se samo principijelno. Izbor optimalnog pomoćnog sredstva, odnosno načina za formiranje teretne jedinice za određenu tipičnu tehnološku varijantu dat je algoritmom na slici 5.4.



Slika 5.4. Algoritam postupka za optimalan izbor pomoćnog transportnog sredstva za ukрупnjavanje tereta

Prvi korak u postupku izbora jeste definisanje tehnoloških zahteva. Na osnovu njih definiše se funkcija cilja (FC) i traži njena minimalna vrednost. Opšti oblik strukture funkcije cilja dat je jednačinom:

$$FC = TS + TM + TSU + TF + TR + TA + TT + TTP + TMSP \rightarrow \min$$

Gde su: TS – Troškovi skladištenja teretne jedinice, TM – Troškovi manipulacije teretne jedinice, TSU – Troškovi sredstava za ukupnjavanje, TF – Troškovi formiranja teretne jedinice, TR – Troškovi rasformiranja teretne jedinice, TA – Troškovi ambalaže, TT – Transportni troškovi teretne jedinice, TTP – Troškovi transporta praznih pomoćnih sredstava za ukupnjavanje, TMSP – Troškovi manipulacije i skladištenja praznih pomoćnih sredstava za ukupnjavanje.

Na osnovu tehnoloških zahteva i ograničenja formiraju se varijantna rešenja. Centralni problem jeste definisanje zapremine i nosivosti, odnosno dimenzija teretne jedinice, jer ta veličina bitno utiče na sve ostale elemente tehnološkog sistema u realizaciji transportnog lanca. U postupku se za pojedine varijante formiraju i podvarijante kao kombinacije raznih dimenzija radi sagledavanja interakcijskog uticaja između sredstava za ukupnjavanje, skladišnog objekta, dinamičkog sredstva za rukovanje i tehnologije transporta. Za zadati obim rada, za svaku varijantu, utvrđuje se broj sredstava za ukupnjavanje, veličina objekta, kapacitet mehanizacije, transportni kapacitet i ostali elementi. Za svaku kombinaciju, odnosno varijantno rešenje, utvrđuje se vrednost funkcije cilja, a poređenjem vrednosti funkcije cilja s mogućim brojem kombinacija ( $x \cdot y$ ) dobija se podloga za izbor rešenja na osnovu kriterijuma  $FC(T_1) \rightarrow \min$ . U praksi, kod pretovarno-skladišnih procesa koji se nalaze u sastavu transportnih lanaca spoljnog transporta i bez ozbiljne tehnoekonomske analize, treba koristiti standardnu EPAL-paletu. Suprotno ovom, u onim pretovarno-skladišnim procesima koji se pojavljuju u okviru unutrašnjeg transporta koji nema dodirnih tačaka sa spoljnim transportom (brodogradnja, kotlogradnja, teška mašinska industrija i sl.), mogu se postići značajne uštede primenom transportnih jedinica većih od EPAL-paleta.

Utvrdjivanje potrebnog broja pomoćnih sredstava za ukupnjavanje tereta (MR 4.2.) predstavlja sledeću meru racionalizacije. Merodavna veličina za utvrđivanje broja pomoćnih transportnih sredstava za ukupnjavanje u pretovarno-skladišnim sistemu je optimalan nivo zaliha u skladištu. Ukoliko je predmet posmatranja transportni lanac, onda je merodavna veličina ukupne transportne mase. Problem optimalnog nivoa zaliha obrađen je u okviru poglavlja 3.6.3. Broj pomoćnih sredstava za ukupnjavanje dobija se deljenjem količine zaliha s kapacitetom jednog pomoćnog sredstva za ukupnjavanje.

Izbor sredstava, koja optimalno zadovoljavaju zahteve i uslove konkretnog slučaja, veoma je bitna faza u projektovanju tehnoloških procesa. Iz tih razloga, projektant mora dobro da pozna:

- konstruktivne i tehničko-eksploatacione karakteristike sredstva,
- organizaciju i tehnologiju rada unutar preduzeća gde se uvodi mehanizacija,
- postupke upoređivanja mogućih varijantnih rešenja.

Osnovni kriterijumi izbor sredstva mehanizacije zahteva zadovoljenje niza kompleksnih tehničkih i tehnološko-ekonomskih uslova radi što efektivnijeg korišćenja razmatranog sredstva, a to su:

- vrste i fizičko-mehaničke karakteristike tereta kojima treba rukovati,
- zahtevi čuvanja i dostave tereta u transportu i početno-završnim mestima,
- neophodna pouzdanost i kvalitet rada sredstva,

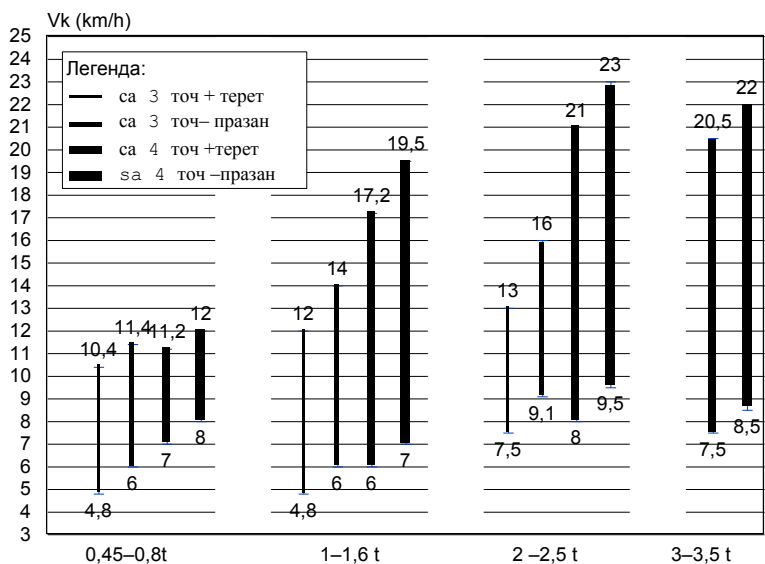
- zahtevi zaštite radne i životne sredine,
- opšta procena sredstva sa aspekta tipizacije, unifikacije i standardizacije i trajnosti postojanja,
- najpovoljniji uslovi rada (upravljalivost, lako i jednostavno rukovanje, pasivna bezbednost, prohodnost, preglednost i sl.) i lako održavanje,
- neophodan kapacitet sredstva,
- pravac, dužina i konfiguracija trase premeštanja tereta,
- zahtevi radnih procesa, njihovo širenje i usklađivanje s TPS procesima,
- posebni mesni (lokacijski) i klimatski uslovi,
- uslovi nabavke sredstva i rezervnih delova,
- cena po jedinici rada i drugi kriterijumi.

Često u praksi navedeni kriterijumi projektanta navode na prihvatanje skupljeg rešenja, sa aspekta ekonomske procene, što navodi na zaključak da su tehničko-tehnološki faktori ipak odlučujući u odnosu na ekonomske faktore i da tehnološko projektovanje ima apsolutno smisla u racionalizaciji tehnoloških procesa.

Pod optimalnim izborom sredstava mehanizacije treba podrazumevati onaj tip sredstva ili grupe sredstava koje zadovoljavaju sve tehničko-tehnološke zahteve TPS procesa, obezbeđuju visok stepen mehanizovanosti, imaju najnižu cenu rada i najkraći rok isplativosti investicija. Postupak izbora optimalnog sredstva zasnovan je na ekspertnim metodama kod kojih se vrednovanje kriterijuma bazira na objektivnim ocenama, prioritetima i strategijama u poslovanju preduzeća.

Definisanje najpovoljnije tehnološke kombinacije – tipične tehnologije (MR 5.1.), po prirodi problema predstavlja drugi nivo racionalizacije. Najpovoljnija tipična tehnologija u konkretnoj situaciji, u prvom koraku zahteva delovanje na sve utvrđene pravce optimizacije, pri čemu se svaka tehnološka kombinacija posmatra posebno, a u drugom koraku se, poređenjem tehno-ekonomskih indikatora dolazi do konačnog odgovora koje rešenje je najpovoljnije. Radi zadovoljenja uslova koji proizilaze iz tzv. finansijskih i vremenskih ograničenja, u procesu odlučivanja danas se kao pomoćni alati sve više koriste katalogi tipičnih tehnologija, CAD-tehnologija, kao i ekspertni sistemi.

Izbor sredstava mehanizacije s najpovoljnijim karakteristikama u okviru određene tehnologije (MR 5.2.) predstavlja mesto racionalizacije, ali i pretpostavku objektivizacije izbora tipične tehnologije. Pored napretka koji je učinjen u razvoju tehničkih rešenja, evidentne su razlike u karakteristikama između sredstava mehanizacije koja se nudi na tržištu u okviru određene konstruktivne grupe iste klase nosivosti. Od značaja je i sagledavanje potencijalnih mogućnosti racionalizacije preko izbora sredstava mehanizacije sa najpovoljnijim performansama. Kako bi se pomenute razlike bolje razumele, na slici 5.5 prikazan je varijacioni interval brzina kretanja čeonih viljuškara u srednjoj klasi nosivosti na osnovu podataka koje daju najpoznatiji svetski proizvođači viljuškara.



Slika 5.5. Varijacioni interval brzina kretanja  
 čeonog viljuškara srednje klase nosivosti u praznom i tovarenom stanju

Viljuškar je tipičan predstavnik familije sredstava s cikličnim dejstvom, kod koga realizaciju određenog tehnološkog zahteva, najadekvatnije reprezentuje vreme trajanja ciklusa za nerezultirajuće kretanje tereta, koje može da se izrazi na sledeći način:

$$t_c = t_{uv} + t_{ps} + t_d \quad (s)$$

Gde su:  $t_c$  - Vreme trajanja ciklusa,  $t_{uv}$  - Ukupno vreme vožnje to jest Kretanje slagača,  $t_{ps}$  - Ukupno vreme podizanja i spuštanja zahvatne naprave i rukovanja teretom,  $t_d$  - Dodatno vreme za manevrisanje, zahvatanje i odlaganje tereta (30 s do 90 s).

Vremena trajanja ciklusa, je značajna ulazna performansa za određivanje potrebnog broja sredstava u postupku njihove optimizacije. Optimalan broj viljuškara na osnovu vremena trajanja ciklusa najcelishodnije se može utvrditi primenom simulacione i tehnno-ekonomske analize. Rezultati ove analize mogu se uopštiti i primeniti pri sprovođenju racionalizacije i u tehnologijama u kojima se koriste druga sredstva za realizaciju tehnoloških zahteva u pretovarno-skladišnim procesima.

Utvrđivanje potrebnog broja i definisanje kapaciteta pretovarnih sredstava (MR 5.3.) relativno je složen zadatak, posebno u diskretnim procesima koji se realizuju sredstvima sa cikličnim dejstvom rada. Prvi korak u postupku identifikacija tehnoloških zahteva u merodavnom intervalu treba da sadrži racionalizovan oblik i obim tehnoloških zahteva. Način kvantifikacije tehnoloških zahteva, u principu, zavisi od:

- tehnoloških elemenata koji se dimenzionišu,
- karakteristike procesa kome pripadaju,
- modela kojima se može opisati proces,
- željenog oblika i kvaliteta izlaznih rezultata.

Potencijalni modeli za proračun broja viljuškara, koji se danas u našoj i svetskoj nauci i praksi koriste su:

- klasičan (konvencionalan) metod korišćenja srednjih vrednosti i koeficijenta neravnomernosti,
- modeli masovnog opsluživanja,
- model simulacije procesa metodom *Monte Karlo (Monte Carlo)*.

Pored ovih metoda mogu se koristiti, u određenim slučajevima, i neke druge metode operacionih istraživanja: linearno i dinamičko programiranje, metode iz oblasti transportnih mreža i *fazi logika*. Primenom konvencionalnih analitičkih modela, zasnovanih na srednjim vrednostima, dobijaju se veoma nepouzdana rezultati i oni se mogu koristiti samo pri veoma grubim proračunima i procenama. Sistemi masovnog opsluživanja daju relativno tačne rezultate ukoliko su zadovoljene premise vezane za Puasonov ulazni tok i eksponencijalni zakon raspodele kod vremena opsluge. Najveći praktičan značaj ima primena simulacije gde je na raspolaganju veliki broj specijalizovanih softvera, koji uz pomoć računara daju vrlo pouzdane rezultate. Nakon utvrđenog potrebnog broja sredstava (na radu i inventarski), pristupa se određivanju kapaciteta sredstava, a time i TPS sistema.

Utvrdjivanje potrebe za regalima (MR 6.1.) nije karakteristično za sve tipične tehnologije. Skladištenje bez regala pojavljuje se kao potencijalno mesto racionalizacije samo u tehnološkim kombinacijama, gde su male visine slaganja, putem blokova i redova. Tamo gde je širok asortiman tereta u skladištu u kojem se nalaze relativno male količine od svake vrste tereta, veoma je svrsishodna primena regala, jer se eliminiše preslaganje tereta, a direktnim pristupom teretu skraćuje se i vreme njegove isporuke. Problem utvrđivanja potrebe za regalima može da se svede na problem poređenja troškova posedovanja regala i troškova dodatnih manipulacija zbog preslaganja teretnih jedinica kada se oni ne koriste. Troškovi posedovanja regala sadrže dve komponente: troškove amortizacije i održavanja. Definisane stope amortizacije i nivoa troškova održavanja regala jeste problematično, jer nema statistički obrađenih iskustvenih podataka. U literaturi se preporučuje godišnja amortizaciona stopa za regale 3% od investicione vrednosti regala, a za održavanje 2% od investicione vrednosti. Troškovi preslaganja (dvojnih operacija) direktno zavise od obima dvojnih operacija. Kvantifikacija dvojnih operacija analitičkim putem u ovakvim okolnostima relativno je komplikovana, a svako uprošćavanje ugrožava objektivnost rezultata. Najefikasniji način za kvantifikaciju dvojnih operacije bio bi postupak simulacije odvijanja realnog procesa.

Izboru najpovoljnijeg oblika regala (MR 6.2.) u praksi se, ovoj meri ne poklanja dovoljna pažnja, što dovodi do predimenzionisanja regala. Istraživanja pokazuju da je stepen neusaglašenosti veliki između deklarisanosti nosivosti regala, koja je izvedena iz maksimalno dozvoljene nosivosti palete i stvarne mase teretnih jedinica. Ako se zna, da kod robe široke potrošnje 46% teretnih jedinica ne prelazi masu od 320 kg i da je ugrađena količina čelika u regale po metru kubnom skladišta različita od proizvođača do proizvođača, uočava se da pri izboru regala kriju značajne rezerve. Kod velikih visina slaganja s obzirom na visok nivo učešća regala u ukupnim investicionim troškovima, ova mera zasluži posebnu pažnju. Izbor, odnosno konstrukcija regala, nije u potpunosti u domenu tehnologa koji projektuju pretovarno-skladišni proces, ali je njegov uticaj vrlo značajan u delu koji se odnosi na definisanje potrebne nosivosti na osnovu analize karakteristika tereta.

Usaglašavanje dimenzija regala sa karakteristikama mobilnog sredstva za rad i objektom (MR 6.3.) meću zavisna je mera zbog tesne povezanosti sredstva, regala i

objekata, pri čemu se dimenzije regala moraju odrediti jedinstvenim postupkom kroz geometrijsko usaglašavanje skladišnog objekta.

Izbor vrste skladišta (MR 7.1.) prva je faza u njegovom tehnološkom uobličavanju. Osnovu za određivanje vrste skladišnog objekta čine fizička i hemijska svojstva tereta, odnosno kvalitativna osetljivost na spoljne uticaje, kao što su atmosferilije, vlažnost, oscilacije temperature i dr. Glavni kriterijum za izbor vrste skladišnog objekta jeste promena kvaliteta tereta u funkciji uslova čuvanja i vremena uskladištenja, što zahteva posebne tipove skladišta: otvorena (primenljiva za terete koji su neosetljivi na padavine, temperaturne oscilacije i vlažnost vazduha), poluotvorena (natkrivena, pogodna za terete osetljive na padavine, ali neosetljive na temperaturne promene i vlažnost vazduha), zatvorena (namenjena teretima osetljivim na padavine, velike promene temperature i vlažnosti vazduha), zatvorena i klimatizovana (specijalan Tip skladišta namenjen čuvanju lakokvarljivog tereta, koji zahteva određen temperaturni režim).

Pri određivanju vrste skladišnog objekta, pored aspekta očuvanja kvaliteta tereta, u praksi sve više dolazi do izražaja humanizacija rada i problemi fluktuacije radne snage, koji su veoma izraženi ukoliko su radni uslovi loši. Kod otvorenih skladišta ne samo što se pojavljuju određeni troškovi zbog fluktuacije radne snage, već je ugrožena i redovnost snabdevanja, sa svim posledicama koje iz toga proizlaze. Iz ovih razloga, u svetu se povećava učešće zatvorenih skladišta i kod tereta koji su tradicionalno bili orijentisani na uskladištenje na otvorenim skladištima.

Utvrđivanje optimalnog nivoa zaliha u skladištu (MR 7.2.) jeste osnovno svojstvo skladišta koje proizlazi iz nesinhronizovanosti i određenih aktivnosti koje se preko njega usaglašavaju. Skladište predstavlja svojevrsnu kategoriju pufera, čime obezbeđuje izjednačavanje između ulaznog i izlaznog toka tereta, ali i stabilizaciju rada celog skladišnog i tehnološkog sistema, što se može opisati:

$$\sum_{t=0}^T Q_t \geq \sum_{t=0}^T q_t$$

gde su:  $Q(t)$  – količina tereta koja je u vremenu  $T$  ušla u skladište, a  $q_t$  – količina tereta koja je izašla u istom vremenu iz skladišta (za dosta veliko  $T$ ).

Razlika ulaza i izlaza u određenom trenutku određuje nivo zaliha tereta u skladištu. Količina tereta u skladištu ekonomski deluje na troškove čuvanja zaliha, ali bitno utiče i na kvalitet realizacije tehnoloških procesa. Izučavanje ovog problema može se principijelno posmatrati kroz dva osnovna segmenta:

- merodavni nivo zaliha u proizvodnji i prometu (MR 7.2.1.),
- merodavni nivo zaliha u javnim skladištima (MR 7.2.2.).

Nivo zaliha u proizvodnji i prometu (MR 7.2.1.) sadrži i motiv za formiranje zaliha, koji se ne može jednostrano posmatrati, jer se odnosi na ulazni i izlazni tok repromaterijala, odnosno tereta. Kod izlaznog toka tereta glavni motiv jeste zadovoljenje tražnje, a kao posledica uvek se pojavljuje tražnja za većim servis – stepenom, dok je kod ulaznog toka motiv snižavanje troškova naručivanja repromaterijala. Dovođenje ovih motiva u sklad u funkciji nivoa zaliha, odnosno troškova koje one uslovljavaju, osnovni je zadatak upravljanja zalihama. Zalihe se ne formiraju samo zbog zadovoljenja tražnje u uslovima nesigurne ponude (zaštitne zalihe), već i zbog korišćenja prednosti koje obezbeđuju nabavka ili proizvodnja većih količina (kalkulativne zalihe), iako mogu da budu špekulativne i anticipativne. Motivi za formiranje zaliha ne pojavljuju se gotovo nikada u elementarnom obliku. Oni su po pravilu uvek kombinovani.



Na nivo zaliha moće se delovati preko ulaznog i izlaznog toka. Delovanje na nivo zaliha preko izlaznog toka, sreće se u specijalnim slučajevima. Za određivanje nivoa zaliha u pretovarno-skladišnim sistemima u industriji i prometu, tipično je upravljanje preko ulaznog toka. Ekonomski značaj optimizacije zaliha veoma je veliki zbog ogromnih sredstava koja su zamrznuta u zalihama, kao i zbog troškova koji nastaju u procesu njihovog čuvanja.

Zadatak upravljanja zalihama svodi se na pronalaženje takve strategije koja sve bitne ciljeve (motive) povezuje na najpovoljniji način. Kriterijumi za definisanje nivoa zaliha takoće su različiti. U mnogim slučajevima polazi se od toga da verovatnoća zadovoljenja traženje bude visoka (servis-stepen). Ovaj zahtev povećava nivo zaliha u skladištu i suprotan je težnji da troškovi čuvanja zaliha budu što niži. Troškovi naručivanja takoće su u koliziji s troškovima čuvanja zaliha, jer ušteda koja se ostvaruje kroz popuste pri kupovini i proizvodnji veće količine tereta ne moće uvek da bude dovoljna za kompenzaciju povećanja troškova velikih zaliha.

Evidentno je da ovi ciljevi nisu saglasni, a karakteristično je i to da se njihov značaj veoma razlikuje u različitim situacijama.

U praksi je najrasprostranjeniji kriterijum za definisanje nivoa zaliha Q minimizacija troškova posedovanja i odsustva zaliha Q u nekom širem periodu. Troškovi posedovanja i čuvanja zaliha značajna su karakteristika. Oni obuhvataju parcijalne troškove:

- vezivanja novćanih sredstava u zalihe,
- skladištenja i manipulacije,
- osiguranja,
- kontrole,
- gubitaka nastalih oštećenjem i promenom kvaliteta,
- pojavu nekonkurentne robe.

Odsustvo zaliha takoće izaziva odrećene troškove. Oni se pojavljuju kao troškovi:

- dodatne proizvodnje,
- hitne nabavke,
- izgubljene razlike u ceni (roba se traži, a ne moće da se ponuditi),
- stanja proizvodnje.

Neosporno je da je osnovni zadatak optimizacije nivoa zaliha, odnosno upravljanja zalihama usaglašavanje divergentnih karakteristika (troškova naručivanja, troškova posedovanja i čuvanja i troškova odsustva zaliha), što se jedino moće obaviti matematićkim modeliranjem.

Matematićki modeli različito se koncipiraju u zavisnosti od izbora strategije upravljanja, koja se u tom slučaju pojavljuje kao ulazna velićina s ostalim karakteristikama zaliha. Često se dešava da je potrebno optimizirati i strategiju. U tom slučaju utvrćuje se više te ljenih stanja za različite strategije, pa tek potom, njihovim porećenjem i vrednovanjem, jednovremeno se optimizira i izbor te ljenog stanja i strategija upravljanja. Znaćajan deo strategije upravljanja predstavlja izbor velićina preko kojih će se upravljati zalihama, odnosno preko kojih će se odrećivati te ljeno, odnosno optimalno stanje, detaljnije videti taćku 3.6. ove knjige.

Nivo zaliha u javnim skladištima (MR 7.2.2.) sve je znaćajniji zbog naglog porasta malih i srednjih preduzeća. Javna skladišta, slična su, sa aspekta realizacije osnovnih zadataka, industrijskim i prometnim, jer je i njihov osnovni zadatak usaglašava-

vanje određenih nesinhronizovanosti koje su neizbežne u kretanju robe. Zahvaljujući sabiranju tehnoloških zahteva, koji su uslovljeni funkcijama javnih skladišta, obezbeđuju dobre uslove za racionalizaciju stohastičkih transportnih procesa. Definisavanje skladišnog kapaciteta u javnim skladištima prvenstveno zavisi od načina njegovog korišćenja. U praksi se sreću dva oblika korišćenja skladišnog prostora:

- zakupljivanje dela skladišnog prostora (kada određeni korisnik za sopstvene potrebe zakupi deo skladišta),
- fleksibilno korišćenje skladišnog prostora, bez parcijalizacije skladišnog prostora.

U prvom slučaju, kapacitet skladišta isključivo je posledica potreba i odabrane strategije upravljanja zalihama korisnika skladišta, gde skladišno preduzeće izdaje skladišni prostor u zakup. U drugom slučaju, kapacitet je posledica potreba odabrane strategije upravljanja zalihama, ali i koristi koje rezultiraju iz mogućnosti sabiranja stohastičkih zahteva, gde korisnik plaća skladišnu uslugu po tarifama za uskladištenu robu.

Način korišćenja skladišnog prostora u tesnoj je vezi s problemom verovatnoće opsluge (servis stepenom) i problemom tarifa. Korisnik se za određeni nivo opsluge često obezbeđuje zakupom skladišnog prostora, na osnovu procene svojih potreba. Kod ovog slučaja korišćenja skladišnih usluga uočava se određena krutost, u smislu da korisnik ne koristi sve mogućnosti koje mu obezbeđuje javno skladište. Sigurno je daleko racionalnije da se u ovakvim okolnostima zakupljuje skladišni prostor samo za zalihe do nivoa naručivanja ( $r_n$ ), a da se preko ovog nivoa obezbeđuje fleksibilnim korišćenjem skladišnog prostora bez parcijalizacije. Kada korisnik isključivo za svoje potrebe zakupi skladišni prostor, kapacitet se definiše identično kao u industrijskim, odnosno prometnim skladištima. Kod fleksibilnog načina korišćenja skladišnog prostora, potreban kapacitet može se odrediti na više načina. Jedan od načina jeste korišćenje modela masovnog opsluživanja, mada postoji mali broj poznatih teoretskih raspodela potrošnje i roka isporuke koje mogu da se obrade metodom teorije masovnog opsluživanja. Najčešće se koriste *Monte Carlo* metoda i simulacija raspodela verovatnoća količina tereta koji se jednovremeno nalazi u skladištu.

U određenim slučajevima verovatnoća opsluge može se odrediti i na osnovu troškova posedovanja praznog skladišnog prostora i troškova nemogućnosti prihvatanja zahteva za skladištenjem (penali ili nerealizovana usluga). Ukoliko su troškovi penala i vrednost nerealizovanih usluga visoki, mora se ići na povećanje servis stepena. Metod simulacije pored prednosti sadrži i nedostatak, što promene zakona raspodele ili potrošnje, zahtevaju novu simulaciju. Kod sistema koji postoje, simulacija se mora ponoviti za promenjene uslove, pri čemu izlazni rezultati predstavljaju podlogu za vođenje poslovne politike i predlaganje novih tehnoloških rešenja, dok se kod projektovanja novih sistema eksperimentisanjem moraju sagledati moguće konsekvence potencijalnih promena.

Definisanje oblika i dužine pretovarnog fronta (MR 7.3.) direktno zavisi od zakona dolaska sredstava ili vozila, količine tereta koja se nalazi u njima i kapaciteta mehanizacije koja realizuje tehnološke zahteve na frontu pretovara. Merodavna veličina za dimenzionisanje fronta pretovara jeste broj vozila spoljnog transporta, koja se istovremeno nalaze na frontu pretovara. Simulacioni model za optimizaciju broja viljuškara koncipiran je tako da prati promenu broja vozila na frontu pretovara u svakom simulacionom intervalu u izlaznom bloku. Kao izlazni rezultat dobija se i raspodela verovatnoća broja vozila, koja se u isto vreme nalaze na frontu pretovara. Znajući graničnu vrednost verovatnoće preko ove raspodele može se odrediti

merodavan broj mesta na frontu pretovara za određeni intezitet ulaznog toka vozila i optimalan kapacitet mehanizacije.

Jedno od suštinskih pitanja u vezi sa oblikom fronta pretovara kod TPS sistema s viljuškarskom tehnikom, jeste i pitanje da li front pretovara treba graditi s rampom ili bez nje, zbog povećanja cene čitavog skladišnog objekta usled podizanja nivoa poda. U literaturi nema posebnih predloga u vezi sa ovim problemom. Uglavnom se nude tehnička rešenja, ali bez preporuka kada ih treba primeniti. Viljuškarska tehnika, u principu, može da funkcioniše i bez rampe na frontu pretovara, uz pretpostavku da su vozila spoljnog transporta prilagođena viljuškarskoj tehnici. Danas se u skladištima, gde postoji veza s železnicom, pretovarni frontovi uglavnom grade sa rampama. Kod drumskih vozila istovar i utovar teretnih jedinica bez rampe, mogući je s bočnih strana vozila. U sistemima gde se dovoz i odvoz obavlja železnicom i drumom, cena koštanja skladišnog objekta može se smanjiti primenom relativno uske rampe za železnička kola bez podizanja nivoa poda skladišta. Ova denivelacija uslovljava prekidanje transportno-manipulativnog procesa, ali se primenom dvofazne realizacije tehnoloških zahteva mogu postići niži troškovi manipulacije preko smanjenja merodavnog kapaciteta mehanizacije. Ako je intezitet odvoza i dovoza mali, ovi problemi mogu se prevazići specijalnim *podiznim rampama* preko kojih sлагаči – viljuškari /sлагаči ulaze i izlaze iz železničkih kola i drumskih vozila.

Definisanje geometrijskog oblika skladišnog objekta (MR 7.4.) predstavlja karakterističnu fazu u tehnološkom projektovanju pretovarno – skladišnog sistema, jer se time elementi TPS sistema povezuju u celinu s dalekosežnim posledicama na kvalitet funkcionisanja sistema.

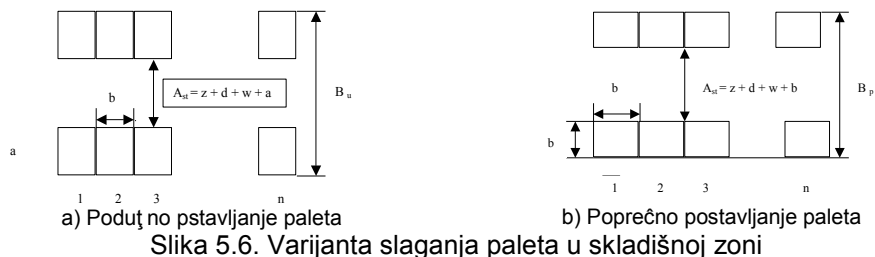
Pri definisanju geometrijskog oblika skladišnog objekta, mora se uzeti u obzir uticaj svih tehnoloških elemenata TPS sistema:

- tereta kao materijala koji se skladišti i koji je nosilac svojstava tehnoloških zahteva,
- mobilnih sredstava mehanizacije, kojima se realizuje premeštanje tereta po najkraćim putanjama,
- stacionirane skladišne opreme za slaganje tereta,
- objekata kao nosača, odnosno omotača kojim se ostvaruje funkcija čuvanja tereta.

Usaglašavanje se sprovodi na osnovu principa kojima se određuje mesto pojedinih elemenata u prostoru. Oblik, veličina i masa teretne jedinice od značaja su za geometrijsko uobličavanje skladišnog objekta. S obzirom na strukturu i zahteve transportnog lanca kao sistema na višem hijerarhijskom nivou, teretna jedinica je najčešće pri geometrijskom uobličavanju obično zadata, odnosno njene karakteristike su obične ulazne veličine. Vrlo su značajna dva postupka tehnološkog projektovanja:

- određivanje najpovoljnijeg načina slaganja teretne jedinice u skladišnoj zoni,
- utvrđivanje najpovoljnije površine skladišnog objekta s definisanjem broja vrata i rastojanja između vrata.

Do odgovora, koji je način slaganja teretne jedinice povoljniji, može se doći analizom koeficijenata iskorišćenja skladišne površine za najtipičnije načine slaganja teretne jedinice u skladišnoj zoni, slika 5.6.



Slika 5.6. Varijanta slaganja paleta u skladišnoj zoni

Za varijantu s podužno postavljenim paletama, koeficijent iskorišćenja skladišne površine može se izraziti na sledeći način:

$$\eta_u = \frac{2 \cdot n \cdot a \cdot b}{3 \cdot n \cdot a \cdot b + n \cdot a \cdot k} \quad \text{za } k = z + d + w = \text{const}$$

Koeficijent iskorišćenja kod poprečno postavljenih paleta jeste:

$$\eta_p = \frac{2 \cdot n \cdot a \cdot b}{3 \cdot n \cdot a \cdot b + n \cdot b \cdot k}$$

gde su: a – Širina paleta, b – Dužina paleta, z – Zaštitna zona u radnom prolazu, d – Rastojanje između paleta na viljuškama i tačke dodira točka s tlom, w – Spoljni radius okretanja slagača.

Analizom odnosa koeficijenta iskorišćenja površine skladišta kod podužnog i poprečnog načina slaganja, zaključuje se da li je  $k/3a > k/3b$ . Ako je taj uslov ispunjen, onda je  $\eta_u > \eta_p$ , što znači, da je podužno slaganje paleta u skladišnom slogu povoljniji način iz aspekta iskorišćenja površine skladišta, iz čega sledi:

$$\frac{\eta_u}{\eta_p} = \frac{1 + \frac{k}{3a}}{1 + \frac{k}{3b}}$$

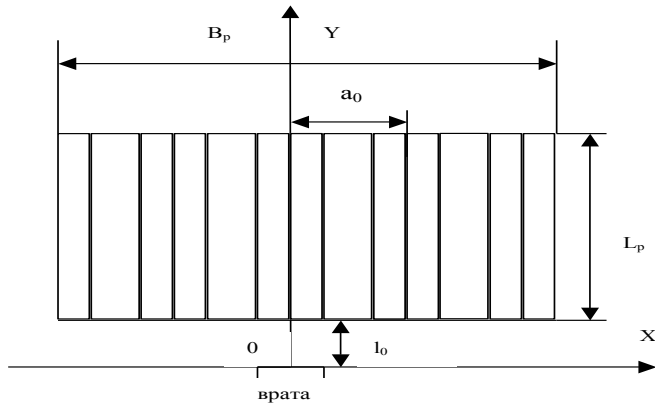
Za utvrđivanje najpovoljnije osnove skladišnog objekta s definisanjem broja vrata i rastojanja između njih, često se koriste softverski paketi koji kao izlazni rezultat daju najpovoljniji geometrijski Tip skladišta. Na slici 5.7 dat je algoritam koji obezbeđuje utvrđivanje najpovoljnijih dimenzija osnove skladišnog objekta, polazeći od količine preferentnog i nepreferentnog tereta po grupama i variranjem rastojanja između susednih vrata na skladišnom objektu. Visina objekta, kao varijabla u traženju rešenja, figurira kao veličina zadata izborom tipične tehnologije, odnosno vrstom viljuškara.

Na slici 5.7 dat je algoritam koji obezbeđuje utvrđivanje najpovoljnijih dimenzija osnove skladišnog objekta, polazeći od količine preferentnog i nepreferentnog tereta po grupama i variranjem rastojanja između susednih vrata na skladišnom objektu. Visina objekta, kao varijabla u traženju rešenja, figurira kao veličina zadata izborom tipične tehnologije, odnosno vrstom viljuškara. Izbor najpovoljnije osnove skladišnog objekta temelji se na minimizaciji funkcije cilja  $FC_c = T_M + T_O$ , koja predstavlja zbir troškova rukovanja ( $T_m$ ) i objekta ( $T_o$ ). Pri minimizaciji troškovi rukovanja pošlo se od izbora dimenzija skladišnog polja koje obezbeđuju najkraće putanje pri opsluživanju. U prvom bloku zadaje se egzaktna vrednost za rastojanje između susednih vrata na skladišnom objektu. Nakon toga, analizira se teret, to jest utvrđuju se homogene grupe i stepen preferencije odnosno grupe tereta koje imaju karakter preferentne i nepreferentne terete, čime se dolazi do približno optimalnog rešenja skladišta.



Slika 5.7. Algoritam za definisanje najpovoljnije osnove skladišnog objekta

Za preferentne terete  $\sum_{i=1}^e Q_{pi}$  određuje se najpovoljnija proporcija osnove skladišnog polja za zadato rastojanje, između vrata, prema sledećem modelu, slika 5.8.



Slika 5.8. Osnova modularnog polja s koordinatnim početkom postavljenim u osi vrata

Srednja dužina puta koju viljuškar prevaljuje pri opsluživanju pojedinih prolaza može da se izračuna na sledeći način:

$$l_1 = 2l_0 + 2\frac{a_0}{2} + 2\frac{L_p}{2}, l_2 = 2l_0 + 2\frac{a_0}{2} + 2a_0 + 2\frac{L_p}{2}, + \dots$$

$$l_m = 2l_0 + 2\frac{a_0}{2} + 2(m-1)a_0 + 2\frac{L_p}{2}$$

Kako je u pitanju aritmetički niz sa diferencijom  $2a_0$ , srednja dužina putanje pri opsluživanju svih prolaza biće:

$$\bar{l}_m = \frac{S_m}{m} = 2l_0 + ma_0 + L_p$$

Kapacitet proizvoljnog skladišnog polja oslonjenog na jedna vrata  $Q_f$  (paleta) može se izraziti na sledeći način:

$$\frac{Q_f}{2} = 2m \frac{L_p}{0,9} r$$

gde su:  $m$  – Broj prolaza, odnosno duplih redova regala u polovini modularnog polja, za širinu paletnog mesta ( $1.200 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm}$ ) pri podužnom slaganju u slogu jeste  $0,96 \text{ m}^2/\text{pal.mesto}$ ,  $L_p$  – Dužina modularnog skladišnog polja,  $r$  – Broj paleta u slogu po visini na jednom paletnom mestu u osnovi.

Rešavanjem prethodne jednačine po  $L_p$  dobija se :

$$L_p = \frac{0,96 \cdot Q_f}{4 m r}, \text{ Zamenom u jednačinu za } \bar{l}_m \text{ sledi:}$$

$$\bar{l}_m = 2l_0 + ma_0 + \frac{0,96 Q_f}{4 m r}$$

Na ovaj način, srednji put viljuškara izražen je u funkciji od kapaciteta modularnih skladišnih polja i broja prolaza. Tražena ekstremna vrednost dobija se:

$$\bar{l}'_m = a_0 - \frac{0,96 Q_f}{4 m^2 r} = 0 \quad \text{pri čemu je: } m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{0,96 Q_f}{a_0 r}}, \text{ a širina } B_p = 2 a_0 m \quad (\text{m})$$

Zamenom izraza za  $m$  u jednačinu za  $Q$  dobija se dužina modularnog skladišnog polja, pri kojoj je srednja dužina puta koji viljuškar prelazi pri opsluživanju modularnog skladišnog polja minimalna:

$$L_p = \sqrt{\frac{0,96 a_0 Q_f}{4 r}} \quad (\text{m})$$

U prvom koraku pošlo se od pretpostavke da se tok ukupne količine tereta kroz skladište realizuje kroz jedna vrata. Da bi se preferentan teret približio frontu pretovara, a time i skratile putanje, viljuškar kretanje preferentnog tereta razdeljuje na veći broj vrata. Polazeći od ovog principa, određenim transformacijama dobija se broj modularnih polja za smeštaj svih pozicija tereta iz preferentne grupe.

$$B_M = \frac{\sum_{i=1}^e Q_{pi}}{Q_f^*}$$

gde  $Q_f^*$  predstavlja količinu preferentnog tereta koja se skladišti u jednom modularnom polju. Da bi se stvorili uslovi za smeštaj i nepreferentnih tereta, utvrđena dužina modularnog polja  $L_r$  uvećava se za  $\Delta L_r$ .

$$\Delta L_p = \frac{0,9 \sum_{i=1}^e Q_{pi}}{4 m r B_M}, \text{ gde je: } Q_{pi} \text{ količina nepreferentnog tereta koji se skladišti.}$$

### 5.5.3. Pravci i postupci racionalizacije u organizaciji

Ova grupa mera u osnovi sadrži četiri potencijalna mesta racionalizacije, mada se mogući broj mera može proširiti na sve segmente organizacije rada koji na bilo koji način dolaze u kontakt sa PS procesima i utiču na njegovu realizaciju, kroz određeni broj spoljnih ili unutrašnjih faktora.

Dvofazni način realizacije tehnoloških zahteva (MR 8.1.) predstavlja, u suštini, razdvajanje procesa punjenja i pražnjenja skladišta na dva fizički razdvojena dela. Cilj razdvajanja u procesu upravljanja rada sistema jeste da se istovar i utovar vozila spoljnog transporta, kao najkritičnija faza realizuje što brže. Povezivanje i izjednačavanje ovih faza uspostavlja se preko *pufera* koji se formira na frontu pretovara. Ovime se skraćuje vreme trajanja ciklusa viljuškara pri utovaru i istovaru, a uskladištenje, odnosno priprema za otpremu tereta, prenosi se u povoljniji trenutak za realizaciju, to jest kada su viljuškari slobodni. Prekidanje procesa ne mora uvek da bude svrsishodno. Da li će se proces prekidati ili ne, zavisi od odnosa obima zahteva, kapaciteta sredstva i kritičnog rastojanja pri kome počinju da rastu troškovi čekanja vozila i viljuškara u ređimu jednofazne realizacije tehnoloških zahteva.

U trenucima pojave vršnog opterećenja, kada je poremećen sklad između obima zahteva i kapaciteta mehanizacije, prekidanjem procesa, to jest razdvajanjem na dve faze mogu se obezbediti uslovi za realizaciju tehnoloških zahteva u te ljenom intervalu strpljivosti raspoloživim kapacitetom mehanizacije, ili znatno ublažiti posledice nesklada obima zahteva i kapaciteta mehanizacije.

Izbor strategije upravljanja slagačima – viljuškarima (MR 8.2.) u stohastičkom procesu analiza treba da se bazira na korišćenju poznatih efekata, koji nastaju sabiranjem stohastičkih zahteva, što se praktično postiže kroz ispomoc sredstava mehanizacije. Ispomoć viljuškarskog radnog parka u eksploataciji može se postići na više načina:

- preko dispečera,
- preko dispečera i radio ili druge veze sa vozačem slagača/viljuškara,
- upravljanjem preko računara i pokretnih terminala na viljuškaru s prenosom podataka GPS-om ili nekom drugom informacionom tehnologijom.

Prvi oblik je najprimitivniji i ne obezbeđuje dobro iskorišćenje slagača/viljuškara, pošto je dolazak i odlazak do i od dispečera za viljuškar prazna vožnja. Radio ili druga veza, vozača viljuškara s dispečerom eliminiše prazne vožnje uslovljene primanjem informacija od dispečera i predstavlja znatno povoljniji oblik komunikacije. Treći oblik jeste najkvalitetniji, jer zadovoljava praktično sve zahteve u pretovarnom sistemu. Upravljački sistemi zasnovani na primeni računara i adekvatne bežične tehnike za prenos podataka proširuju funkcije mobilnih manipulativnih sredstava i znatno povećavaju efektivnost čitavog sistema, s očekivanjem da će na tom planu u narednim godinama biti ostvaren veliki napredak, jer se već u primeni pojavljuju AGV viljuškari.

Mobilna sredstva ne mogu optimalno da funkcionišu u složenim sistemima u kojima tok podataka nije integrisan, sinhronizovan, kao i bez moderne komunikacione tehnologije između dispečera/magacionera i vozila. Za izbor strategije korišćenja skladišnog prostora (MR 8.3.) moguće su dve strategije:

- sistem korišćenja skladištenja s fiksnim skladišnim mestima (*singl-sistem*),
- sistem korišćenja skladišta sa slobodnim izborom skladišnih mesta (*multi-sistem*).

Prvi oblik strategije jeste bez ispomoci, a drugi uz ispomoc skladišnog prostora. Slobodnim izborom skladišnog mesta u okviru homogenih tehnoloških grupa kroz sistem ispomoci, to jest sabiranja stohastičkih zahteva može se postići isti kvalitet usluge s manjim skladišnim kapacitetom. Kod korišćenja skladišnog prostora u praksi, obično se pozicije grupišu prema određenoj pripadnosti (rezervni delovi određene mašine, oprema za određenu organizacionu jedinicu) i po pravilu skladište po singl sistemu, što dovodi do lošeg iskorišćenja skladišnog prostora.

Operativna regulacija pretovarno-skladišnog sistema (MR 8.4.) u procesu projektovanja tehnološkog rešenja ima više varijanata. Sve moguće varijante stanja sistema ne mogu se iz svrsishodnih razloga uzeti u obzir tako da se operativnim upravljanjem sistem mora obezbediti od izvesnih odstupanja i prekoračenja u odnosu na projektovano stanje. Samo kompenzacija smetnji predstavlja oblik racionalizacije, međutim, operativnim upravljanjem mogu se postići određene uštede kroz praćenje rada sistema i celishodno donošenje odluka za čitav niz aktivnosti koje se sprovode u samom procesu.

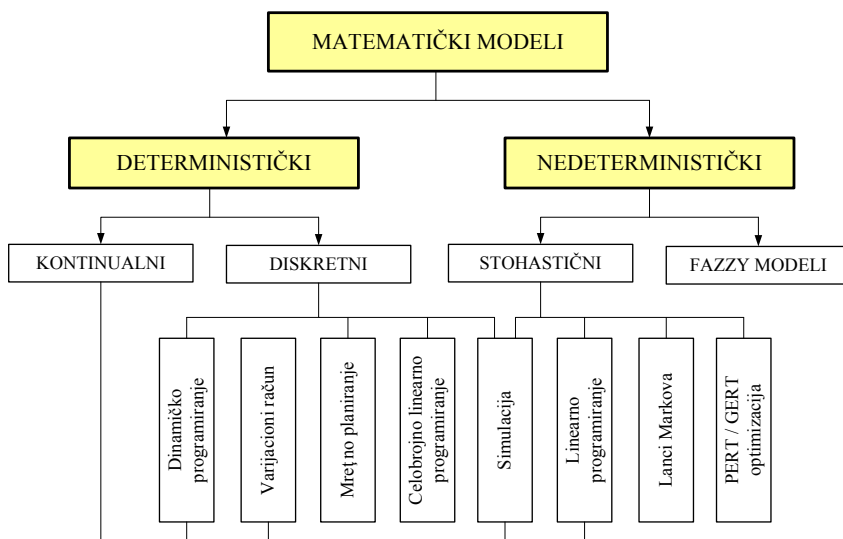
Povezivanje skladišta u širi skladišni sistem (MR 8.5.) poznata je mera racionalizacije koja se sprovodi u svetu i kod nas. Koncentracija teretnog rada zbog boljeg korišćenja transportnih sredstava i drugih tehnoloških elemenata, kao ideja nije nova. Transportna privreda je kroz čitav niz godina pokušavala da stvori punktove za nakupljanje i distribuciju tereta u okviru gravitacionih zona velikih potrošačkih centara. Ta ideja došla je do punog izražaja prodorom *servis strategije*, kao posled-



dica maksimalnog prilagođavanja zahtevima kupaca, koja uslovljava veliku verovatnoću opsluge kupaca u realizaciji pretovarno-skladišnih procesa. Jedan od efikasnih načina da se obezbedi visok nivo opsluge i racionalna distribucija tereta uz zadovoljavajuće korišćenje transportnih sredstava, u tim novim uslovima, jeste formiranje robno distributivnih terminala (RDC), *Cross docking* i drugih oblika terminala u zonama velikih gradova, koji su po prirodi veliki proizvođači i potrošači materijalnih dobara. Mreža a RDC-a kao sistem šire povezanih skladišta, danas predstavlja najpovoljniji organizaciono – tehnološki oblik za realizaciju distributivne funkcije. RDC-i u sadašnjim uslovima nisu više mesta samo za nakupljanje tereta u klasičnom smislu, jer pored realizacije distributivne funkcije obezbeđuju i realizaciju ostalih logističkih funkcija i na taj način rasterećuju proizvođača određenih problema i omogućavaju mu racionalniji način poslovanja, a samim tim i jedostavnije uklapanje u nove oblike poslovanja.

## 5.4. POTREBA PRIMENE MATEMATIČKIH METODA U INTRALOGISTICI

Sa razvojem teorije optimalnih sistema razvijen je i čitav niz raznih metoda optimizacije, među kojima posebno mesto pripada kvantitativnim metodama operacionih istraživanja. Treba znati, da u suštini kvantitativne metode nisu optimizacione metode, već su pomoćne metode koje nakon izvršenih analiza predstavljaju kvalitetnu podlogu za sprovedene optimizacije koja se bazira na različitim metodama sinteze rešenja, slika 5.9.



Slika 5.9. Prikaz osnovne klasifikacije matematičkih metoda

Posmatrano sa sistemskog pristupa, zadaci optimizacije mogu se svrstati u tri osnovne grupe: *zadatke upravljanja*, *planiranja* i *projektovanja*. Zadaci *upravljanja* odnose se na procese čije su strukture i indikatori unapred poznati, što znači da se upravlja postojećim procesom. Upravljanje se sastoji u tome da se izaberu iz niza

mogućih promeljivih vrednosti one vrednosti koje daju ekstremum kriterijuma odlučivanja i da se predvidi njihova realizacija. Teorija optimizacije, bar u postavci, pokriva sve zahteve tehnoloških procesa. Međutim, praktično primenjeno optimalno upravljanje razvijeno je za vrlo uske klase problema i pored činjenice da je od napred navedene tri grupe zadataka optimizacije primena kvantitativnih metoda na zadatke upravljanja najviše razrađeno. Zadaci *planiranja*, u opštem slučaju sastoje se u izboru najbolje strukture plana, dinamike realizacije i najbolje raspodele sredstava. Za ovako opšti zadatak planiranja nije moguća matematička postavka celog problema, već samo nekih njegovih delova.

Centralno pitanje optimizacije sačinjava problem postavke matematičkog modela tehnološkog procesa koji će najpouzdanije reprezentovati taj proces. Složenost zahteva koji se javljaju u intralogistici dovodi do velikih teškoća prilikom njihovog matematičkog modeliranja, odnosno vrlo je teško predvideti njihovo ponašanje bez egzaktnih matematičkih modela. Konstrukcija samog matematičkog modela složen je posao, jer treba prevesti problem iz verbalnog i pisanog u jezik matematike. Matematički model, da bi u realnosti podržavao proces koji se istražuje, treba da omogući da se odrede uticaji upravljačkih indikatora u cilju optimalnog funkcionisanja procesa. Iskazujući problem jezikom oznaka, brojeva i simbola, može se reći da postavka matematičkog modela predstavlja definisanje funkcije cilja, skupa ograničenja, sistematizovano prikupljanje, verifikovanje i sređivanje potrebnih podataka u cilju određivanja modela koji će posredstvom funkcije cilja i ograničenja održavati vezu promenljivih veličina procesa koji se optimizira.

Najčešće se koriste dva pristupa u optimizaciji: prvi, da se na osnovu unapred definisanog ulaza traži optimalni izlaz, a drugi, da se na osnovu fiksiranog izlaza traži optimum ulaza. U praksi, vrlo je čest slučaj da su fiksirani i ograničeni faktori i ulaza i izlaza, a da je neke druge faktore ulaza i izlaza potrebno optimizirati. Na mogućnost postavljanja modela koji imaju karakter ovog trećeg vida optimizacije, gotovo da se i ne ukazuje u literaturi. Osnovni problem postavke modela je u velikom *broju slučajnih faktora* koji se javljaju tokom tehnološkog procesa. U praksi se često dešava da se pojave problemi koji zahtevaju razvoj potpuno novih matematičkih metoda, pre svih, matematičke statistike i teorije verovatnoće.

Vrlo bitan zahtev u *projektovanju* TPS procesa je njihova *kriterijumska funkcija*, koja se definiše kroz tehnološke zahteve, kao na primer ostvarivanje minimalnog pređenog puta, minimalni troškovi, najkraće vreme manipulacije i dr. Taj zahtev doveo je do problema koji su nerešivi na nivou klasičnih matematičkih postupaka optimizacije kroz diferencijalni i varijacioni račun. Zbog toga su razvijene nove matematičke metode koje rešavaju takve zadatke, i to: linearno i dinamičko programiranje, diskretna optimizacija, višekriterijumska optimizacija, teorija grafova, fazi logika i dr. Prikaz osnovnih matematičkih modela dat je na slici 5.9. Posebno su teško rešivi problemi diskretne optimizacije u kojima se ne mogu koristiti klasični matematički postupci (diferencijalni i integralni račun), već se moraju tražiti potpuno novi modeli. Javljaju se i problemi u kojima je teško utvrditi da li neki element pripada određenom skupu ili ne. To dovodi do potrebe da se u analizu uvede funkcija kojom se meri stepen pripadanja elementa skupu. Skupovi opisani takvim funkcijama nazivaju se rasplinuti ili *Fuzzy* skupovi. Jasno je da rešavanje problema koji se javljaju u praksi ne mogu čekati razvoj novog matematičkog modela, koji može potrajati i više godina. Računari poslednjih generacija mogu da izvrše više hiljada simulacija u minuti i tako obezbede prilično pouzdanu sliku o budućem ponašanju sistema. Simulacijom uspešno se rešava većina problema koji nastaju prilikom modeliranja

sistema masovnog opsluživanja. Kvalitet simulacije direktno zavisi od kvaliteta matematičkog modela kojim se oponaša proces. Treba naglasiti da se simulacija realizuje kroz dva postupka, konceptijsko formiranje strukture modela tehnološkog procesa, što je zadatak saobraćajnih inženjera i programsko modeliranje koje u poslednje vreme takođe rade saobraćajni inženjeri. U intralogistici primenom simulacijom vrši se:

- dimenzionisanje tehnoloških elemenata,
- operativno planiranje i upravljanje procesima,
- ocena kvaliteta funkcionisanja procesa,
- modeliranje prostornog rasporeda tehnoloških elemenata.

Kako su pretovarni procesi sigurno nedeterministički, odnosno stohastički, primena matematičke statistike i verovatnoće koristi se za opisivanje i analizu procesa opsluživanja, pri čemu se TPS procesi identifikuju sa sistemima masovnog opsluživanja. U praksi je veliki broj različitih sistema opsluživanja, tako da se njihov izbor vrši na osnovu:

- karaktera tehnološkog zahteva,
- vrste teretne jedinice, vozila i mehanizacije,
- broja i vrste kanala (mesta) opsluživanja,
- klasifikacije i karakteristika ulaznog i izlaznog toka teretne jedinice, vozila ili mehanizacije,
- funkcionalne zakonitosti vremena opsluživanja i dr.

Svi modeli se baziraju na nekoliko osnovnih ulaznih veličina koje detaljnije karakterišu pretovarni proces, a koje se koriste u toku proračuna, a to su:

- prosečan broj i vrsta teretnih jedinica (konačan – beskonačan, homogen – nehomogen), vozila ili mehanizacije u procesu opsluživanja,
- intenzitet opsluživanja (konstantan – promenljiv),
- koeficijent iskorišćenja ili neiskorišćenja mesta opsluživanja,
- srednja dužina reda (ograničena – neograničena),
- broj i vrsta kanala (jedan – više, jednaki – različiti, jednofazno – višefazno opsluživanje),
- interval između nailazaka (konstantan – promenljiv) i intenzitet (zavistan – nezavistan od dužine čekanja),
- ponašanje teretne jedinice, vozila ili mehanizacije (strpljiv – nestrpljiv),
- redosled i verovatnoću opsluživanja (*FIFO*, *LIFO*, po najkraćem – najdužem vremenu, po prioritetu, slučajno i dr.).

Modeli kojima se utvrđuju vrednosti navedenih veličina ovde neće biti prikazani, jer se mogu naći u većini knjiga i priručnika iz oblasti teorije masovnog opsluživanja. Isto tako, neće biti prikazani modeli simulacije, jer su vrlo različiti za pojedine procese i njihove specifičnosti.

## REZIME

U svakoj proizvodnji bez obzira na stepen organizovanosti javljaju se određeni problemi koje treba prepoznati tokom realizacije procesa. Prepoznavanje problematičnih situacija i identifikacija potencijalnih mesta racionalizacije nije jednostavan zadatak i po svom značaju identičan je sa tehnološkim inovacijama. U ovom poglavlju su navedene najčešće sporne situacije i uzroci njihovog nastanka čime su locirana potencijalna mesta racionalizacije. Nakon toga, dati su konkretni načini i

postupci racionalizacije čime je metodološki stvorena osnova za dalja istraživanja, što predstavlja osnovni i stalni zadatak svakog inženjera u proizvodnom procesu. Na kraju poglavlja ukazano je na najčešće korišćene metode koje predstavljaju neizostavan alat za pouzadnu analizu podataka na osnovu koje se donose odgovarajući zaključci. Primenom navedenih metoda po predloženim segmentima, svaka analiza dobija naučni karakter, razvija se istraživački duh i time stvaraju uslovi za poboljšanje poslovnih procesa.

### **Pitanja za proveru znanja**

1. Naveste nekoliko problemskih situacija i uzroke njihovog nastajanja.
2. Na kojim intralogističkim segmentima je moguće vršiti racionalizaciju?
3. Navesti moguća mesta racionalizacije u pretovarno-skladišnom zadatku.
4. Navesti moguća mesta racionalizacije u realizaciji tehnoloških zahteva.
5. Koja su potencijalna mesta racionalizacije u organizaciji?
6. Da li postoji meĎuzavisnost mesta racionalizacije i kako se odreĎuju?
7. Objasniti pravce i postupke racionalizacije u pojavljivanju.
8. Objasniti pravce i postupke racionalizacije u realizaciji.
9. Objasniti pravce i postupke racionalizacije u organizaciji.
10. Koju meru racionalizacije smatrate najefektivnijom i zašto?

## 6. PLANIRANJE SISTEMA TOKOVA MATERIJALA

Pojam planiranja je tehničko-ekonomska kategorija i primenjuje se u svim oblastima kao univerzalan pojam za predviđanje mera kojima se obezbeđuje zadovoljenje određenih zahteva, odnosno razvoj novih rešenja, vrši poboljšanje u smislu proširenja ili racionalizacije i kod reprojekovanja postojećih elemenata sistema. Ako se upravljanje može posmatrati kao proces realizacije planom utvrđenih aktivnosti, planiranje se može razumeti kao sofisticirana podrška tom procesu i, pored prikupljanja i obrade informacija, koordinacije, upravljanja i kontrole, predstavlja osnovnu logističku funkciju *Controlling-a*.

Organizovani pristup planiranju tokova materijala objašnjava se kroz sedam ključnih koraka: definisanje zadatka planiranja, identifikaciju postojećeg stanja, projektovanje varijanti procesa i sredstava, dimenzionisanje, kontrolu i vrednovanje varijanti, fino planiranje u smislu optimalnog izbora prethodno generisanih varijanti i, konačno, realizaciju, to jest sprovođenje rešenja u praksi.

Ovakvim pristupom u planiranju tokova materijala omogućava se eliminacija neusklađenosti prostornog razmeštaja aktivnosti i neadekvatna tehnologija i organizacija rada u intralogistici, čime se ostvaruje nekoliko ciljeva: optimalan tok materijala, stvaranje optimalnih radnih uslova, dobro iskorišćenje radnih mesta, površina i drugih prostora, visoka fleksibilnost sistema, opreme i objekata, poboljšano snabdevanje, smanjena zagađenost i dr.

### 6.1. ZADACI I ZNAČAJ PLANIRANJA

Najopštije gledano planiranje se može definisati kao misaoni sistemski proces koji se prethodno sprovodi radi bavljenja nekim budućim aktivnostima. U tom procesu se pristupa odmeravanju različitih alternativa i donošenju odluke, to jest izboru alternative koja za date uslove predstavlja najbolje rešenje. Planiranje treba razumeti kao instrument vođenja preduzeća sa jasnom tendencijom dostizanja postavljenih ciljeva preduzeća. Sprovođenje i dostizanje postavljenih ciljeva nekog budućeg stanja sistema treba da se sprovede sistematično, metodično, dinamično, interaktivno, tačno, fleksibilno, prilagodljivo, potpuno, jednoznačno, kontinualno, ekonomično i uravnoteženo između ponude i potražnje u nekom vremenskom periodu. Gledajući planiranje u preduzeću na taj način, ono shodno tome mora da ima i odgovarajući funkcionalni položaj u organizaciji preduzeća.

U intralogistici je značajno operativno planiranje sa kratkim vremenskim obuhvatom, koje se odnosi na ciljeve i postupke tekućeg *svakodnevnog* upravljanja skladišnim, transportnim, procesima komisioniranja, *Cross Docking* procesima, sortirnim i drugim procesima. Zadatak operativnog planiranja je stalno *usmeravanje* sistema ka željenom stanju kroz implementaciju postupaka kojima se sistem iz skupa različitih mogućih stanja dovodi u ono koje je najbliže ciljnog stanju.

Značaj planiranja nalazi se u potrebama za: proširenjem asortimana, povećanjem obima i kvaliteta proizvodnje, merama racionalizacije ili uvođenjem novih tehnoloških postupaka. Osnovni interni uzroci za planiranje logističkih procesa su:

- redukovanje vezanog kapitala usled visokog nivoa zaliha,
- redukovanje kapitala usled viška zaposlenih i komplikovane, to jest neefikasne organizacije,
- modernizacija zbog zastarele skladišne tehnike, nepreglednih odnosa i smetnji,
- poboljšanje servisa korisnika (vreme isporuke, vreme obrade naloga, servis stepen, to jest verovatnoća zadovoljenja tražnje korisnika),
- poboljšanje bezbednosti u pogonu,
- slabo iskorišćenje transportnih i skladišnih sredstava,
- povećanje stepena mehanizovanosti i automatizovanosti,
- štednja skladišnog prostora,
- ekspanzija, to jest povećanje i širenje poslovanja,
- uvođenje novih regulatornih pravila.

Eksterni razlozi mogu da budu obezbeđenje sigurnosti u snabdevanju, kao i promene u sferi nabavke i plasmana.

Planiranjem se uvek teži za popravljajem postojeće strukture, razvijanjem nove, to jest perspektivne strukture kojom će se izbeći nedostatak investicija, odnosno sve aktivnosti treba tako sprovesti da se na budućnost deluje aktivno kako vremenski, tako i prostorno. Uspešno planiranje se bazira na različitim osnovnim postavkama i aksiomima logističkog planiranja uz definisanje ciljeva (opštih i posebnih), uzimajući u obzir uticaj okruženja, poštovanje etabliranih principa planiranja, kao i sprovođenje sistemskog pristupa u procesu planiranja.

## 6.2. OSNOVNE POSTAVKE I AKSIOMI LOGISTIČKOG PLANIRANJA

U logističkom planiranju u praksi su potvrđene određene osnovne postavke i aksiomi kojima se preciziraju funkcije planiranja. Osnovni pristup baziran je na primeni principa **7P**. On obuhvata sedam glavnih logističkih zadataka kojima se određuju glavni ciljevi logističkih aktivnosti, a to su: **Prava roba**, **Pravo vreme**, **Pravo mesto**, **Prava količina**, **Pravi kvalitet**, **Pravo pakovanje** i **Prihvatljivi troškovi**. U tržišnoj privredi ispunjavanje ovih ciljeva ima neprocenjiv značaj u savlađivanju otpora tržišta jer je realizacija logističkih funkcija danas u pojedinim situacijama plasmana proizvoda značajnija i od cene proizvoda. U realizaciji ovih ciljeva veliki značaj imaju i troškovi pošto od njih zavisi kontinuitet poslovanja i razvoj preduzeća. Pored opšteprihvaćenog 7P principa kao osnovnog instrumenta za savlađivanje otpora tržišta, kod planiranja se moraju poštovati još neki principi kao što su: permanentna spremnost za planiranjem, analiza životnog ciklusa proizvoda sa primenom tzv. ekonomije kružnog toka bitne za zaštitu životne sredine, koordinacija tokova materijala i informacija i sl.

Koncept permanentne spremnosti za planiranjem opisuje analogiju kontinualnog planiranja sa povratnom spregom u upravljačkom smislu. Permanentno merenje i praćenje izlaza, odnosno relevantnih veličina sa jedne strane služi u upravljanju logističkim sistemom, a sa druge strane stalna spremnost podrazumeva da se preko spoljne regulacije u obliku planskih aktivnosti kroz određene modifikacije utiče na korigovanje neželjenog stanja sistema, to jest da se sistem dovede ponovo u režiim stabilnog rada. U ovom smislu primena benčmarkinga daje dobre rezultate.

Diferenciranjem logistike uočavaju se parcijalni zahtevi u procesima planiranja, i to: nabavna logistika se bavi strategijom nabavke, to jest obezbeđenjem proizvodnog procesa sirovinama, kao i polufabrikatima i gotovim proizvodima; saobraćajna logistika obuhvata planiranje tura i ruta, kao i koncept saobraćajnog upravljanja; proizvodna logistika ima zadatak da se bavi *Layout* planiranjem proizvodnih sistema oblikovanjem, to jest kreiranjem tokova materijala i informacija, kao i upravljanjem tokovima robe kroz proizvodni proces; distribucija se bavi plasiranjem, to jest dostavljanjem gotovih proizvoda na tržište; logistika otpadnih materijala bavi se planiranjem koncepta reciklaže, sakupljanjem, transportom i pretovarom otpadnih materijala. U okviru planiranja mora se posvetiti posebna pažnja meĎuzavisnosti ovako diferenciranih sistema i planirati razvoj prema zajedničkim ciljevima.

Ekonomija kružnog toka u svetu je promovisana 1996. godine kao nov pristup u rešavanju povratnog i otpadnog materijala. Reciklažu u ne gleda više kao čisto tehnički problem zaštite sredine, već kao nov izvor kapitala, revitalizaciju i ponovno korišćenje otpisanih proizvoda, dobijanje nove energije i novih sirovina u procesu eliminacije otpadnih materijala. Danas se u prvi plan stavlja životni ciklus proizvoda pri definisanju reciklaže i kružnog toka sirovina u procesu prerade otpada.

Pored izloženih čisto logističkih principa, veliki uticaj na planiranje imaju i druge opšte osnovne postavke planiranja:

- idealan koncept kao glavnu ciljnu veličinu, to jest polaznu osnovu planiranja čini idealno rešenje koje se, kasnijim uključivanjem određenih kompromisa, dovodi do realnog rešenja,
- definisanje alternativa čini polaznu osnovu za planiranje izbora određenog broja alternativa iz kojih se postupkom izbora rešenja bira najpovoljnije, rešenje,
- praćenje troškova sistem ciljeva u svakom planiranju u sebi sadrži i određene konfliktne situacije, stoga su troškovi veoma pogodan instrument za kontrolu konfliktnih ciljeva. Definisanjem graničnih troškova i efekata ovaj problem može da se prevaziđe uz poštovanje pravila da rešenje treba da bude *toliko tačno, odnosno dobro koliko mora, a ne koliko je to moguće*,
- definisanje vremenskog horizonta rešenja sistem se uvek koncipira tako da može da zadovolji neke perspektivne zahteve u budućnosti. Iz ovog razloga buduće planske veličine moraju da budu uključene u planiranje i dobijene uz upotrebu kvalitetne prognoze,
- vremenski trenutak odluke u realnim uslovima nije moguć u bilo kom vremenskom trenutku i zato treba obezbediti činjenice koje bi odredile pogodan trenutak za donošenje odluke.

Sve ovo zahteva formiranje informacione osnove koja će omogućiti povezivanje svih indikatora sa svojstvima sistema koji se planira od kretanja radnika i tereta, infrastrukture, socio-ekonomskih i prostornih karakteristika do kontrole i monitoringa u eksploataciji.

### 6.3. CILJEVI PLANIRANJA

Svako planiranje, kao što je već pomenuto, polazi od toga da popravi postojeće stanje respektujući definisane ciljeve oličene u te ljenom stanju. Osnovni zahtevi kod planiranja uslovljavaju poštovanje dva osnovna zahteva: svako planiranje treba da bude dugoročno i da obuhvata što kraći vremenski ciklus koji je potreban da bi

se pripremio i sproveo planirani poduhvat. Da bi dugoročno planiranje bilo uspešno, moraju se uzeti u obzir prognoze razvoja preduzeća i okruženja, kao i mogućnost prilagođavanja, pri čemu projekat treba da obuhvati sve neophodne elemente, to jest da bude potpun. Stabilnost procesa u okviru preduzeća treba da bude cilj svakog projekta, ali da bi se ovaj uslov ostvario, projekat treba da obezbedi jedinstvenost sistema uz mogućnost lakog kontrolisanja. Treba istaći da projekat mora da obezbedi i mogućnost lake realizacije.

U određenom planskom projektu više faktora utiče na utvrđivanje ciljeva. Uspešan logistički učinak postiže se kroz efektivnost i korist koju ostvaruju korisnici i dobro pozicioniranje na tržištu. Efektivan logistički učinak podrazumeva ekonomičnost objekta planiranja. Što je više korisnika koji profitiraju, utoliko je i bolja veza između komitenata. Ukoliko se planiranjem ostvari bolje pozicioniranje na tržištu kroz veću konkurentnost, utoliko je izvesnija budućnost poslovnog sistema. U zavisnosti od delatnosti, strukture preduzeća, proizvoda ili zahteva korisnika pri planiranju pažljivo se pristupa proučavanju uslova, odnosno ograničenja i uticajnih veličina. Od ovih okolnosti zavisi i rešenje i ono po pravilu nije univerzalno, ne odgovara svim uslovima i zahtevima. Iz ovih razloga pri planiranju se pažljivo proučavaju ograničenja kako bi se postiglo optimalno rešenje.

Na osnovu prethodnog mogu se definisati tri opšta logistička cilja: ekonomičnost, zadovoljenje korisnika i sigurna budućnost. Ovi ciljevi su protivrečni. Kroz odmeravanje značaja pojedinih ciljeva ciljni konflikti mogu se uspešno prevazići. Logistički ciljevi se, pre svega, postižu preko kratkog protočnog vremena, niskog nivoa zaliha i dobrog kvaliteta. Uspešno logističko rešenje takođe karakteriše visok servis stepen (verovatnoća zadovoljenja korisnika) i niski troškovi skladištenja, transporta i pretovara. Zbog različitih uzroka postizanje ovih ciljeva može da bude sporno. Čest uzrok tome može da bude nedostatak analize koncepta i instrumenata planiranja. Što je veći projektantski tim, utoliko je izraženija podela posla, a to može da ima za posledicu da pojedina projektna rešenja zahtevaju određena prilagođavanja u završnom delu projekta. U zavisnosti od komplikovanosti zadatka svaki učesnik na projektu treba da neguje sistemski pristup. U timu je često izraženo ograničeno procenjivanje, što je posledica parcijalnog posmatranja, koje je u logistici veoma kontraproduktivno s obzirom na karakter logistike kao discipline.

Nepoštovanje, to jest neposredovanje adekvatnih indikatora performansi može da dovede do neadekvatnog plana ako informacioni sistem ne obezbeđuje potrebne podatke i informacije za njihovu bazu, a time i za stalnu analizu. Pored ovoga, loš rezultat planiranja može da usledi i zbog nedovoljnog iskustva učesnika u projektu, problema sa kooperantima koji su uključeni u proces planiranja, krute strukture i postojeće organizacije preduzeća. U malim i srednjim preduzećima obično je nedovoljan broj saradnika koji se bave tokovima materijala i njihovim planiranjem.

## **6.4. VRSTE I KORACI U POSTUPKU PLANIRANJA**

Prema nivou donošenja odluka vrhovni nivo odlučivanja u preduzeću donosi strateškijske odluke, srednji nivo odlučivanja zadužen je za one taktičke, a najniži i niži nivo za operativne planove i odluke. Na svakom nivou mogu se identifikovati pravci planiranja i područja intervencije bilo da se radi o novom objektu, proširenju postojećeg, racionalizaciji tehnoloških procesa ili reprojektovanju nekog procesa.



*Novo planiranje* moće da bude uslovljeno lošim rezultatima, potrebom racionalizacije ili proširenjem u uslovima nedostatka prostora. Aktivnosti planiranja mogu da budu inicirane i uvoćenjem novih zakonskih propisa. Gradnja na novoj lokaciji podrazumeva pokretanje potpuno novog ciklusa planiranja, koje u značajnoj meri garantuje ispunjenje postavljenih ciljeva, kao i maksimalno moguću slobodu u planiranju, pri čemu se uvek mora voditi računa o potrebi za proširenjem u budućnosti. Ciljevi u okviru novog planiranja moraju da obuhvate realizaciju dugoročnog koncepta razvoja preduzeća.

*Proširenje* je uslovljeno potrebom da se postojeći kapacitet proizvodnje poveća i proširi npr. preko skladišnih površina kako bi se pratile nove potrebe proizvodnje, što obuhvata planiranje racionalizacije ili reintenjeranga. U ovakvim okolnostima zadatak je veoma zahtevan jer se moraju respektovati postojeće okolnosti, postojeći objekti, smanjene prostorne mogućnosti, a često i postojeći proizvodni procesi.

*Racionalizacija* kao cilj planiranja ima za zadatak snižavanje troškova. Ova vrsta planiranja je svrsishodna i onda ako nije moguće proširenje. U okviru planiranja racionalizacije ostvaruje se obično prilagoćavanje postojećeg postrojenja novim zahtevima, postit'e se i povećanje produktivnosti u proizvodnji, kao i tehnička poboljšanja proizvoda.

*Reinženjering* obuhvata redefinisane tehnoloških procesa, to jest to je radikalni redizajn tehnoloških i ostalih poslovnih procesa i generiše visoke troškove jer se često sprovodi u okolnostima vremenskog ograničenja, momentalnih zahteva koje hitno treba ispuniti i rezultat u tehničkom i ekonomskom smislu često nije optimalan.

*Reprojektovanje* poslovnih procesa obično se izvodi kod kvalitativnog prilagoćavanja na nove promenjene uslove (ograničenja) i zakonske propise, poboljšanje kvaliteta ili cene.

U industrijskoj praksi postoje različiti pristupi i postupci kao baza za planiranje i realizaciju u oblasti opštevaće metodike planiranja. Ovi postupci se razlikuju međusobno po stepenu detaljnosti pojedinih koraka planiranja. Iz svrsishodnih razloga ovde će biti prikazan postupak koji u procesu planiranja obuhvata sedam koraka a koji se pokazao kao dobro rešenje u praksi visoko razvijenih zemalja, tabela 6.1.

Tabela 6.1. Sistematika stepenastog planiranja u sedam koraka

	Definisanje zadataka	Sadržaj	Pomoćna sredstva planiranja	Rezultati
1	Definisanje zadataka	.....	.....	Planska baza
2	Analiza podataka	.....	.....	Baza podataka za planiranje
3	Projektovanje varijanti procesa	.....	.....	Struktura tokova materijala
4	Projekat varijanti sredstava rada	.....	.....	Varijante sredstava rada
5	Dimenzionisanje, kontrola i vrednovanje rada	.....	.....	Izbor varijante
6	Fino planiranje	.....	.....	Osnova za realizaciju
7	Realizacija	.....	.....	Eksploatacija

Opisivanje pojedinih koraka planiranja ne bi trebalo da zavara subjekat planiranja jer postupak planiranja podrazumeva veliki broj iteracija. Po zaključivanju pojedinih koraka u daljem postupku planiranja može da dođe do potrebe povratka na prethodni korak radi promene, to jest dobijanja novog rezultata. Što se kasnije u toku planiranja pojavi potreba za eventualno vraćanje na prethodni korak, odnosno promenu, utoliko je manje angažovanje subjekta planiranja, a time su niži i troškovi planiranja. Stoga se preporučuje da se posebno u prvoj fazi planiranja pristupi intenzivnoj i preciznoj obradi indikatora i informacija kako bi se predupredila potreba za naknadnim promenama.

#### 6.4.1. Definisane zadatka

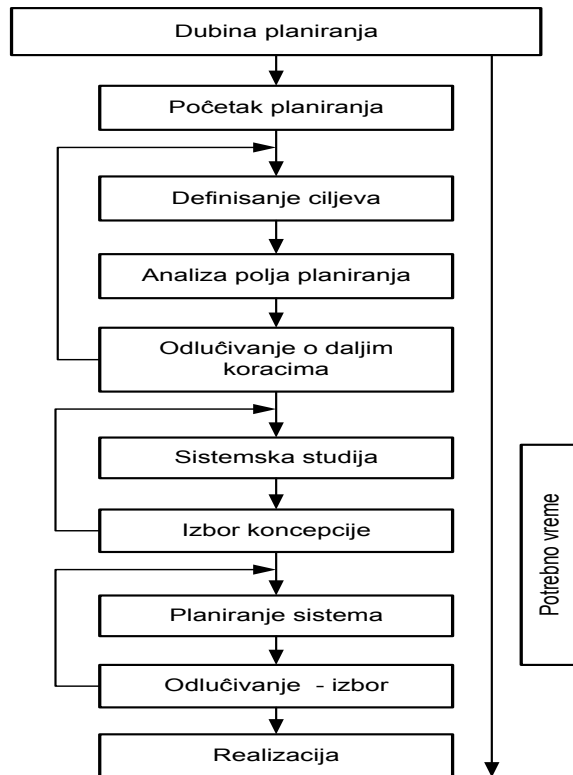
Polaznu osnovu organizovanog planiranja čini najpre egzaktno definisanje zadatka, odnosno što detaljnije formulisane vizije preduzeća i njene transformacije u plan. Obuhvata, između ostalog, utvrđivanje generalnih i parcijalnih ciljeva, prioriteta i mera, kao i širine i dubine planiranja, to jest obuhvata organizaciju planiranja (vremenski plan, zadatke i delove zadatka ...).

Tabela 6.2. Struktura prvog koraka planiranja

Korak 1. Definisane zadatka		
Sadržaj	Pomoćna sredstva planiranja	Rezultat
Definisane ciljeva i metodologije planiranja	Organigram	Formiranje informacione osnove
Utvrđivanje dubine i širine planiranja	Tehnike mrežnog planiranja – TMR	
Ograničavanje sistema koji se planira	SRM – Analiza vremena	
Utvrđivanje ograničenja	Metode modeliranja, prognoza potreba	
Utvrđivanje prioriteta		
Utvrđivanje organizacije planiranja		

Konkretno definisanje ciljeva i njihova formulacija obavezan su preduslov za uspešno planiranje. Ciljevi planiranja moraju biti tehničko-tehnološki, socijalno i ekonomski opravdani, pri čemu se diferenciraju na glavne na nivou preduzeća i sporedne na nivou pojedinih tehnoloških celina. Sledeći korak je upoznavanje sa uslovima, odnosno ograničenjima, uključujući i prioritete koje treba pretočiti u ciljeve planiranja. Utvrđivanju organizacije planiranja pripada određivanje članova tima planiranja. Tipična pomoćna sredstva za to su metode mrežnog planiranja TMP (*CPM*, *PERT* i *PDM*) koje uz računarsku podršku služi vizualizaciji vremenskog toka projekta, odnosno početka i završetka pojedinih aktivnosti, vremenskih rezervi, verovatnoća realizacije kritičnog puta određenog zadatka i sl.

Ciljevi ovog koraka u planiranju su i definisanje konkretnog ugovora, kao i određivanje rukovodioca projekta, tabela 6.2. Dubina i širina planiranja, opisuju obim rada kod konkretnog planiranja. Što je planiranje iscrpnije i detaljnije, utoliko je veća dubina planiranja. Širina planiranja opisuje obim i prostiranje planskog projekta. Iz ovog razloga planiranje može da se ograniči samo na jedno preduzeće, transportni ili skladišni sistem. Moguća meĎforma bila bi planiranje ograničeno samo na područje jednog proizvoda ili jednog pogona, sa slike 6.1.



Slika 6.1. Dubina planiranja

S obzirom da dubinu planiranja odnosno stepen detaljnosti razlikuje se od roka to jest dužine planiranja jer između dubine i roka planiranja postoji sadržinska međuzavisnost. Po pravilu stepen detaljnosti opada sa skraćanjem roka i obrnuto. Dugoročno planiranje obično ima formu grubog planiranja. Za određenu dubinu planiranja odlučujući je kvalitet planiranja, ali i obim angažovanja saradnika na projektu. Određivanje optimalne dubine planiranja trebalo bi da služi izbegavanju problema koji nastaju kada je planiranje grublje od onog što je potrebno, ali i detaljnije od potrebnog. U vezi sa tim treba istaći da dubina planiranja zavisi od toga da li se radi o detaljnom planiranju ili o konceptualnom. Relevantan kriterijum za dubinu planiranja je broj bitnih obeležja za planiranje, kao i potreba da se izbegnu naknadne greške kao posledice grubog planiranja. Odnos troškova planiranja i rezultata nije direktno merljiv, stoga je teško odrediti optimalnu dubinu planiranja.

Ograničenja pri planiranju se, u zavisnosti od okolnosti, mogu slobodno odrediti zajedno sa odabranim i definisanim KPIs. Kao primer, slobodnog izbora može se uzeti prihvatanje pri planiranju rada sa unificiranim ukupljenim jedinicama tereta. Uprkos tome što one obezbeđuju dobro iskorišćenje prostora i olakšavaju pretovar, ova se sredstva ne moraju bezuslovno prihvatiti kod svake vrste planiranja. Ograničenjima pripada i izbor nosača tereta, to jest pomoćnih transportnih sredstava, kao i saobraćajnih sredstava.

Tabela 6.3. Ograničenja pri planiranju

Primer zadatih ograničenja pri planiranju		
Materijal	Ograničenje	Zakonske odredbe i propisi
Svojstva	Prostorni odnosi	Standardi SRPS, DIN, OSHA
Osetljivost	Ergonomija	Smernice VDI, VDE, FEM
Veličina, oblik, masa	Ograničenja i uslovi iz predhodnog i narednog koraka	Odredbe Zakona o zaštiti na radu, Tivotne sredine Građevinski propisi

Kreiranje ciljeva prioriteta takođe ima veze sa ograničenjima, kao i raznim vrstama propisa i zakonskih odredbi, tabela 6.3.

#### 6.4.2. Analiza i ocena postojećeg stanja

Sledeći korak se odnosi na analizu indikatora performansi neophodnih za planiranje. Ovaj korak obuhvata aktivnosti za pribavljanje, pripremu i analizu relevantnih KPIs postojećeg stanja sa definisanjem te ljenog, to jest ciljnog stanja. Ovo je istovremeno i podloga za utvrđivanje, to jest projektovanje potencijalnih varijanti procesa (pregled radnih operacija, operacija sa tokovima materijala, oblikovanje transportnih lanaca...).

Tabela 6.4. Struktura drugog koraka planiranja

Korak 2. Analiza i ocena postojećeg stanja		
Sadržaj	Pomoćna sredstva planiranja	Rezultat
Dobijanje indikatora Priprema indikatora za planiranje Provera stohastičnosti Koncentracija i validnost indikatora Analiza indikatora Utvrdjivanje karakterističnih KPIs Identifikacija postojećeg stanja	Snimanja vremena ABC/XYZ analiza Lista aktivnosti, plan rada Statistika otpreme Statističke evidencije Senkijev dijagram, Matrice tokova materijala Analiza indikatora (Exsel, Access, dBase)	Baza indikatora za planiranje

Relevantni i tačni indikatori su od neprocenjivog značaja kao podloga za utvrđivanje strukture sistema, kao i tokova materijala u intralogističkim procesima, zbog čega se njihovoj analizi mora posvetiti izuzetna pažnja, tabela 6.4.

Ova faza u procesu planiranja vremenski je najzahtevnija. Analiza obuhvata definisanje postojećeg stanja, a kroz dalju analizu se definiše i buduće, to jest te ljeno stanje. Polaznu osnovu predstavlja pribavljanje indikatora, nakon čega se indikatori pripremaju za samu analizu. Za dobijanje indikatora koriste se različite metode, najčešće *Multimomentna metoda* i *Metoda intervjuja*, ali kao koristan pomoćni postupak koristi se i vizualizacija indikatora preko Senkijevog dijagrama ili različitih tipova matrica i grafova. Rezultati analize indikatora predstavljaju bazu za buduće planiranje sistema.

Sve indikatore neophodne kao podloga za planiranje možemo posmatrati kroz dve grupe KPIs – statične (nepromenljive) i dinamične (promenljive). Za statične indikatore je karakteristično da su u dužem vremenskom periodu konstantni, tabela 6.5. Ovi KPIs su nezavisni od naloga korisnika. Dinamični KPIs, za razliku od onih statičnih, zavise od broja naloga i vremena, npr. broj naloga po danu, ulaz/izlaz robepo danu i drugih, tabela 6.6. Na osnovu dinamičnih KPIs mogu se pratiti kretanja u sistemu.

Tabela 6.5. Statični indikatori

Primer statičnih indikatora	
Područje posmatranja	Empirijski indikatori
Struktura jedinica tereta	Broj jedinica tereta Količina jedinica tereta Svojstva jedinica tereta
Struktura pomoćnih transportnih sredstava	Vrsta i broj upotrebljenih pomoćnih transportnih sredstava za formiranja jedinica tereta Dimenzije, mase i težine pomoćnih transportnih sredstava
Struktura pakovanja	Jedinice osnovnog pakovanja po artiklu Dimenzije pakovanja po artiklu
Pretovarna i skladišna sredstava	Broj viljuškara i vrsta regala
Struktura površina i prostora	Kapacitet Ograničenja koja se odnose na površinu Ograničenja koja se odnose na zapreminu Stepen iskorišćenja površine Stepen iskorišćenja zapremine
Struktura zaliha	Prosečan nivo zaliha
Struktura osoblja	Broj zaposlenih Regulacija radnog vremena Stepen obrazovanosti
Organizaciona struktura	Strategija zaposedanja skladišnih mesta Strategija uskladištenja i izskladištenja

U fazi planiranja i kasnije u eksploataciji karakterizaciju skladišta treba vršiti sa što više indikatora performansi. Pored navedenih mogu se koristiti i sledeći: broj isporučilaca, struktura porudžbenice po narudžbama, udeo Bar-cod i drugih modernih tehnologija, stepen iskorišćenja sredstava po vremenu i nosivosti, stepen automatizacije, broj radnika u skladištu, stepen iskorišćenja površine i zapremine skladišta, komisione vreme po artiklu, broj grešaka, stepen skladišne usluge, troškovi obrade jedne pozicije i mnogi drugi.

Tabela 6.6. Dinamični indikatori

Primer dinamičnih indikatora	
Predmet posmatranja	Empirijski indikatori
Struktura uskladištenja i izskladištenja	Količinski ulaz po danu Količinski izlaz po danu Uskladištenje po danu Izskladištenje po danu Preslaganje robe po danu Pretovar po godini Dupli ciklusi po danu Broj kompletnih jedinica tereta
Struktura iskomisioniranih materijala i proizvoda	Broj naloga po danu Broj pozicija po danu Broj zahvata/pozicija Broj naloga po artiklu
Struktura troškova	Raspodela troškova po artiklu Prosečno stanje troškova Troškovi po nalogu

U nastavku se pristupa dimenzionisanju, kontroli i vrednovanju varijanti, a zapravo se radi o kvantitativnom povezivanju sa sredstvima rada, zatim se proveravaju funkcije preko računskog postupka ili simulacije, na osnovu čega se predinsticira najbolja varijanta.

### 6.4.3. Projektovanje varijanti procesa

U sledećem koraku se detaljno definišu, to jest projektuju varijante. Ovo podrazumeva kvalitativno utvrđivanje sredstva rada, parcijalnih rešenja koja korespondiraju sa operacijama toka materijala i izbor tipičnih tehnologija. U svakom planiranju uvek postoji rizik da se previdi mogućnost uvođenja određene alternative koja u sebi sadrži visok pozitivan potencijal. Kao strategija za izbegavanje ovakvih situacija preporučuje se pažljiva analiza varijanti shodno opisanom postupku metodskog planiranja, tabela 6.7. Osnovu za razvoj varijanti procesa čini baza indikatora za planiranje. Sadržaj ovog radnog koraka je misaono i metodično oblikovanje tokova materijala sa strukturom čitavog sistema proizvodnje. Pored postojanja više različitih formi oblikovanja, ne postoji opšta strategija za definisanje varijanti, ali uprkos tome postoje opšta pravila koja se mogu primeniti pri definisanju varijanti:

- klasifikacija – segmentacija,
- izjednačavanje – objedinjavanje,
- uporedna analiza investicija – optimizacija troškova,
- uređenje – povezivanje – osiguranje (generalni princip).

Tabela 6.7. Struktura trećeg koraka planiranja

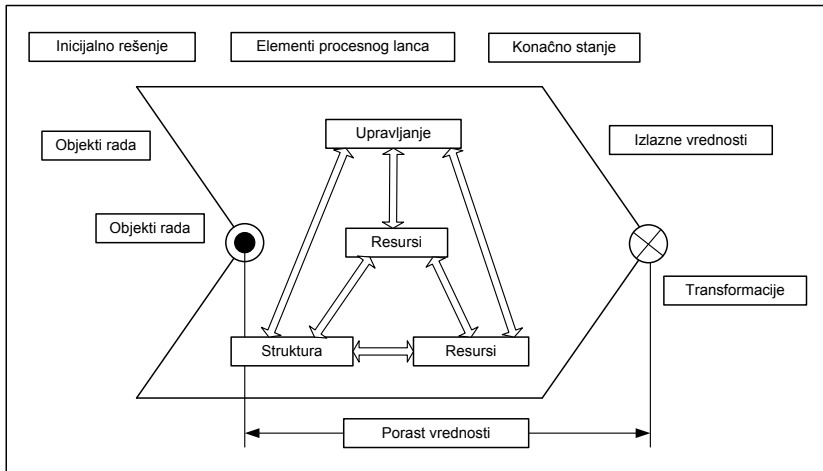
Korak 3. Projektovanje varijanti procesa		
Sadržaj	Pomoćna sredstva planiranja	Rezultat
Planiranje toka radnih operacija Redosled operacija toka materijala Planiranje toka dokumentacije, radnih naloga, narudžbe Transportni lanac	Dijagram toka materijala Modulacija procesnog lanca Formiranje Layout-a Modeli pufera Brainstorming	Struktura tokova materijala

Polazeći od definisanog zadatka, projekat ovih varijanti definiše konačno, to jest željeno stanje i povezivanjem pojedinih radnih operacija i aktivnosti. U ovoj fazi planiraju se procesi kao npr. radni tok, redosled operacija, tokovi materijala i transportni lanac. Rezultat ove faze, to jest koraka konačan je tok materijala, struktura pogona, skladišta i saobraćajnica. Za prikazivanje procesa neophodno je:

- posedovanje strukturnog dijagrama (organigram), procesnog lanca (prostorni i vremenski), dijagrama toka (vremenski tok i logične veze operacija), količinski orijentisane matrice (sistemski i procesno povezani tokovi),
- utvrđivanje operativnih i administrativnih procesnih fiksnih i mobilnih elemenata,
- imati specifikaciju ulaznih materijala sa tokovima indikatora,
- utvrđivanje intenziteta protoka.

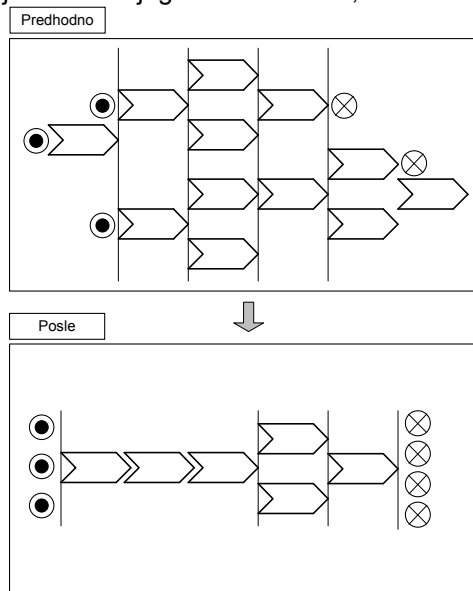
Elementi procesnog lanca neophodni su za prikazivanje tokova materijala i informacija, pri čemu tokovi treba da budu transparentno prikazani, slika 6.2. Postignutom preglednošću ostvaruju se uslovi za neophodno uprošćavanje tokova materijala i informacija.

Svakako da su procesi u centru pažnje jer sistemski identifikacija poslovnih procesa koji se realizuju u intralogistici omogućava integraciju i ujednačavanje procesa sa ciljevima planiranja, orijentaciju na povezanost svih elemenata, uzastopnost realizacije operacija i aktivnosti, mogućnost realizacije, usmerenih i prioritarnih upravljačkih zahteva viših struktura i dr. Takođe, identifikacija procesa omogućava kontrolu funkcionisanja svih aktivnosti, planiranje svih resursa, generisanje varijanti, uprošćavanje procesa i dr.



Slika 6.2. Elementi procesnog lanca za mapiranje procesa

Jedna od metoda procesnog pristupa jeste metoda mapiranja procesa, kojom se identifikuju i uspostavljaju relacije između dekomponovanih procesa. Mapiranje procesa vrši se nekom od poznatih procesno orijentisanih metoda (BSP, IDEF, HIPO, MSA, BRP...). Kako svaka proizvodna organizacija ima nekoliko desetina procesa, pa čak i više, neophodno je iz postojećeg stanja odabrati bar nekoliko ključnih koji su po prihodu, veličini, broju zaposlenosti ili nekom drugom svojstvu najznačajniji u proizvodnji. Strategije za uobličavanje procesa proizlaze iz čitavog niza različitih zahteva materijala, tokova različitog intenziteta do pojedinačnih procesa i sistema kao celine. Generisanje varijanti je stoga težak zadatak. Kroz saznavanje određenih činjenica i obradom uprošćenih manjih delova problema, odnosno procesa dolazi se do jednostavnijeg oblika zadatka, slika 6.3.



Slika 6.3. Uprošćavanje procesa

Ovo je osnovna strategija rešavanja kompleksnih problema kroz diferenciranje na manje problemske pakete. Za oblikovanje procesa postoji više mogućnosti klasifikacije i segmentiranja:

- diferenciranje sortimenta, deljenje spektra materijala prema sličnim svojstvima po funkcionalnim celinama (skladište – poručivanje, proizvodnja ili nabavka, konstantna – povremena potrošnja),
- segmentiranje naloga, analiza opterećenja sistema prema tipu naloga (redovan – ekspresan nalog, male/srednje/velike porudžbine, nalozi sa jednom ili više pozicija),
- segmentiranje zaliha (količina zaliha, zapremina, posebni zahtevi za skladištenjem, hlađenje, sitni delovi, materijali velike dužine),
- segmentiranje distribucije (hitnost, veličina pošiljki, ciljna zemlja, redovan/naročit transport, transportna sredstva – provajder).

Da bi se oblikovale varijante procesa, moraju se koristiti različita pomoćna sredstva i metode za rešavanje ovog zadatka kao što su:

- *konvencionalna pomoćna sredstva* (stručni časopisi, knjige, studije, patenti, objavljeni stručni radovi) pomoću kojih se analiziraju konkurenti, sopstvena stara rešenja, ali i svojstva sličnih proizvoda i usluga drugih preduzeća,
- *intuitivne metode* (Brainstorming, Metoda 635, Delfi metoda i *Synetik*). Brainstorming metoda podrazumeva formiranje tima do 15 stručnjaka različitih struka na istom hijerarhijskom nivou koji generišu ideje maksimalno u trajanju od jednog sata. U postupku formiranja predloga nije dopušten nikakav oblik kritike, već je akcent na slobodnom usmenom izražavanju ideja, fantazija i sl., pri čemu ponuđene varijante u daljoj razradi služe kao podsticajne ideje. Metoda 635 predviđa do šest članova projektnog tima, a oni predlažu po tri varijante iprošleću ih ostatku tima od pet članova, koji dalje analiziraju i dopunjuju dobijene predloge. Delfi metoda se zasniva na pisanom prikupljanju predloga stručnih saradnika, koji se kroz sukcesivno vrednovanje dalje poboljšavaju. *Synetik* metoda se koristi u traženju principa rešavanja analogijom koja se ne koristi u tehničkoj oblasti. Vrlo je interesantan primer aplikacije ove metode kod razvoja rešenja smanjenja pogonskih otpora kod podmornica. U tu svrhu analiziran je primer kretanja delfina, kod kojih nema turbulencije pri kretanju kroz vodu jer ispod kožne površine poseduju elastično tkivo. Oblaganjem podmornice elastičnim materijalom postignuti su dobri rezultati na planu smanjenja otpora, odnosno potrošnje goriva.
- *diskurzivna metoda* se koristi za konstrukcione kataloge, morfološku jutiju, a istražuje i fizička dešavanja u sistemu. Konstrukcioni katalogi sadrže zbirke poznatih i potvrđenih rešenja i pre svega se koriste za pronalaženje rešenja kod specijalnih problema. Kod morfološke kutije problem se raščlanjuje na parcijalne funkcije, za koje se traže različiti principi za rešavanje. Iskustvo je pokazalo da gotovo proizvoljna kombinacija parcijalnih rešenja može da bude pravo rešenje. Kod istraživanja fizičkih dešavanja fizička nezavisnost se opisuje formulama i rešenje se traži i variranjem KPIs.

U osnovi ovog koraka je dekompozicija procesa, identifikacija pojedinačnih zahteva, a zatim i njihovo grupisanje prema ciljevima celog procesa.



#### 6.4.4. Projekat varijanti sredstava rada

U ovoj fazi planiranja sprovodi se kvalitativan izbor sredstava rada sa direktnim povezivanjem po pojedinim operacijama u tokovima materijala. Pri izboru posebna pažnja se posvećuje kriterijumima planiranja, tabela 6.8.

Tabela 6.8 Struktura četvrtog koraka planiranja

Korak 4. Projekat varijanti sredstava rada		
Sadržaj	Pomoćna sredstva planiranja	Rezultat
Kvalitativan izbor sredstava rada Parcijalna i tipična rešenja Povezivanje sredstava rada sa operacijama u tokovima materijala	Brainstorming, AHP, CPM Katalozi, prospekti proizvođača Simulacija NewTech Expert Choice /Assistent System (Extra, WAREPLAN)	Generisane tehničke varijante

Kvalitativan izbor karakteriše veliki broj svojstava koja mogu biti specifična za određene vrste sredstava i tehnologije, ali ipak postoje zahtevi koji se moraju poštovati prilikom izbora sredstva i tehnologije, tabela 6.9.

Tabela 6.9. Opšta svojstva sredstava

Jednostavnost	Fleksibilnost
Ekonomičnost	Energetska efikasnost
Sigurnost	Pogodnost održavanja i životni ciklus
Komfor i ergonomija	Informacije i dokumentacija
Tehnološki nivo opreme	Dostupnost rezervnih delova

Sve brži i tehnički razvoj sredstava mehanizacije i informacionih tehnologija i njihova kompatibilnost, kao i razvoj novih vrsta goriva zahteva bezbednosti u radu, specifičnosti uslova rada zahtevaju permanentno praćenje razvoja novih tehnologija koji imaju uticaj na sistem planiranja.

#### 6.4.5. Vrednovanje tehnologije i evaluacija rangiranja

Peti korak planiranja obuhvata vrednovanje varijanti i evaluaciju kada se pojedine tehnologije vrednuju, rangiraju i najpovoljnija bira kao rešenje, tabela 6.10. U ovom koraku se za potrebe vrednovanja, odnosno izbora moraju definisati kriterijumi za vrednovanje i rangiranje. Odgovarajući postupci koji se koriste u tu svrhu imaju zadatak da osiguraju što objektivniji izbor uz minimizaciju subjektivnog faktora

Tabela 6.10. Struktura petog koraka planiranja

Korak 5. Evaluacija i vrednovanje varijanti		
Sadržaj	Pomoćna sredstva planiranja	Rezultat
Kvantitativno povezivanje sredstava rada i procesa tokova materijala Funkcionalno dokazivanje sredstava rada Vrednovanje varijanti prema kvalitativnim i kvantitativnim kriterijumima Izbor najpovoljnije varijante	Proračun radnog ciklusa Izbor sredstava rada Proračun sredstava rada Simulacija (FAD, INPAS, PERFACTI) Analiza korisnosti Proračun investicija i analiza ekonomičnosti Rizici	Predinstanciranje tehnoloških rešenja

U osnovi vrednovanja postoji nekoliko postupaka: ekonomsko vrednovanje (metoda korisnosti, *Cost/Benefit* analiza bazirana na metodi poređenja troškova, a kao komparatori su bruto profit ili bruto profit – fiksne investicije...), funkcionalno vrednovanje (jednovremeno rangiranje rešenja u odnosu na različito postavljene zadatke i ispitivanja eksploatacionih svojstava koje utiču na realizaciju pojedinih zadataka) i kompleksno vrednovanje varijanti plana sa analizom rizika (metod ostvarivanja ciljeva, plan-sko bilansna analiza, skraćena komparativna analiza, višekriterijumska analiza i dr.). Svi ovi postupci imaju veliki značaj u vrednovanju, rangiranju i selekciji varijanti.

Najznačajnija je *Metoda korisnosti*, koja se definiše kao analiza određenog broja alternativa sa ciljem da se elementi iz tog skupa uredi prema odgovarajućoj preferenciji u jednom multidimenzionalnom sistemu ciljeva. Ovako dobijeni poredak odražava korisnost posmatranih varijanti. Ova metoda je pogodna za primenu u slučajevima gde postoje uslovi za kvantifikaciju, ali i tamo gde za to nema uslova. Sprovođenje metode bazira se na prosuđivanju odgovornog subjekta koji vrši procenijavanje i služi prvenstveno za poređenje varijanti približno istih troškova. Ova metoda nalazi primenu kod klasičnih problema određivanja lokacije, kao i kod kompleksnih projekata ili *Layout* alternativa.

U cilju uprošćavanja postupka najpre se odbace alternative koje ne zadovoljavaju osnovne uslove, a onda se analiziraju preostala sredstva kroz nekoliko koraka:

- određivanje kriterijuma vrednovanja,
- određivanje težinskog faktora za svaki kriterijum,
- vrednovanje alternativa po stepenu zadovoljenja kriterijuma i njihovo poređenje,
- izračunavanje ukupne korisnosti,
- analiza senzitivnosti ukupne korisnosti.

Vrednovanje je postupak kojim se ocenjuju pozitivne i negativne posledice potencijalnih rešenja u odnosu na postavljene ciljeve i kriterijume ili očekivane efekte naspram uloženi sredstva. Kod vrednovanja varijanti na početku treba izabrati svrsishodne kriterijum za vrednovanje. Ovi kriterijumi treba međusobno da budu nezavisni, ali i da zadovoljavaju sve zahteve varijanti koje su predmet vrednovanja. Kod primene ovog koraka po pravilu ne bi trebalo koristiti troškove kao kriterijum jer metoda korisnosti služi pre svega za subjektivno poređenje različitih varijanti sa tehničko-tehnološkog aspekta. Kako svaki kriterijum nije podjednako značajan kod vrednovanja varijanti, neophodno je da se na početku nekako izmere kriterijumi, to jest da im se odredi tzv. *težinski faktor*. Težinski faktor jednog kriterijuma je relativan u odnosu na druge kriterijume. Vrednost težinskog faktora ( $G_i$ ) zavisi od njegove značajnosti, pri čemu je:

$$\sum_i G_i = 1$$

Kod vrednovanja ispunjenosti kriterijuma utvrđuje se stepen ispunjenosti određenog kriterijuma u odnosu na početno posmatranu varijantu. Preko davanja poena ili ocena ( $P_{ij}$ ) utvrđuje se stepen zadovoljenja posmatranog kriterijuma od strane svake konkretne varijante. Obično se koriste ocene od 1 do 5 ili od 1 do 10. Izračunavanje ukupne korisnosti za posmatranu varijantu se dobija preko izraza:

$$N_j = \sum_{i=1}^n G_i P_{ij}$$

gde su:  $N_j$  – korisnost posmatrane varijante,  $G_i$  – težinski faktor kriterijuma i  $P_{ij}$  – vrednovanje posmatrane varijante u odnosu na dati kriterijum.

Evaluacija predstavlja postupak na osnovu kojeg je moguće proceniti uspešnost vrednovanja i dati osnove za unapređenje nekog procesa, a može se vršiti *analiza senzitivnosti* na promene u ocenama onda kada je mala razlika korisnosti kod selektiranih varijanti, kada se ide na iteraciju, to jest promene težinskih faktora i izračunavanje ukupne korisnosti za promenjene vrednosti težinskih faktora. Ove promene se moraju kretati u realnom području primene. Ostale mogućnosti primene metode analize korisnosti su sledeće:

- metoda se ne koristi samo za vrednovanje kompletnih varijanti u procesu planiranja nego je njena primena moguća kod različitih parcijalnih delova ne samo u tehnološkim procesima već i u tehnici i ergonomiji,
- sa tehničkog aspekta moguće je vrednovanje različitih sklopova, odnosno ugradbenih grupa kod tehničkih proizvoda, ali i čitavih postrojenja.

Kod primene ove metode postoje i određena ograničenja:

- metoda analize korisnosti mora se posmatrati samo kao pomoć pri odlučivanju,
- kod primene ove metode postoji opasnost od subjektivizacije,
- veliki je uticaj kod odlučivanja lično iskustvo subjekta odlučivanja, kao i navike,
- postoje teškoće kod definisanja međusobno nezavisnih kriterijuma.

Upravljanje rizikom u intralogistici podrazumeva upravljanje: rukovaocima sredstava mehanizacije, upravljanje mehanizacijom i zaštitom životne sredine. To je proces proaktivnog donošenja odluka kojima se izbegavaju problemi pre nego što oni iskrsnu. Predviđanje događaja koji mogu da izazovu rizik postaje svakodnevna aktivnost i prepoznavanje rizika postaje ravnopravan proces sa ostalim procesima u planiranju proizvodnje. Smanjenjem uticaja rizičnih događaja direktno se poboljšava proces donošenja odluka, naročito onih koji nose velike rizike, omogućavajući projektantima da razumeju okruženje i rizike i tako zaštite direktne izvršioci i preduzeće. Smanjenjem rizika povećava se verovatnoća uspeha planiranja i smanjuje neizvesnost prilikom ostvarivanja postavljenih ciljeva. Da bi se subjektivnost kod sprovođenja postupka izbora rešenja minimizirala, preporučuje se timski rad eksperata iz različitih oblasti.

#### 6.4.6. Fino planiranje

Klasičan zadatak finog planiranja ili terminiranja je da u okviru dužine trajanja proizvodnog ciklusa proizvoda, koji sačinjavaju pojedini operativni planovi, proračuna dužine trajanja proizvodnog ciklusa za neki tehnološki proces (montažu, obradu), odredi njihove početne i završne termine. Pored toga, zadatak finog planiranja je da za pojedine procese montaže i proizvodnje odredi detaljan redosled lansiranja proizvodnje po radnim mestima i vremenskim periodima.

U fazi finog planiranja definišu se precizni detalji i sprovodi se usaglašavanje rezultata koje treba da posluži kao osnova za realizaciju projekta. Fino planiranje u sistemu tokova materijala podrazumeva konačno uobličavanje preporučene varijante u postupku izbora rešenja i obuhvata izbor strategije rada i algoritme ili uputstva za strategije skladištenja, zone, raspored regala i dr., tabela 6.11. U ovoj fazi se takođe razrađuju

detaljni crteži i planovi. Dalji koraci se odnose na definisanje opterećenja podova, uslove rada, kontakte sa proizvođačima opreme i izvođačima radova i dr.

Tabela 6.11. Struktura šestog koraka planiranja

<b>Korak 6. Fino planiranje</b>		
<b>Sadržaj</b>	<b>Pomoćna sredstva planiranja</b>	<b>Rezultat</b>
Detaljno planiranje preporučene varijante Fino dimenzionisanje Utvrđivanje svih neophodnih detalja za izvođenje Vrednovanje ponuda za izvođenje	Specijalni proračuni Simulacija (RELAP III, DILA, KISS, Vissim...) Sprovođenje optimizacije Mrežno planiranje Prioriteti	Izbor optimalne varijante kao osnova za realizaciju

Simulacija predstavlja sliku realnog sistema ili onog koji se planira u cilju sagledavanja dinamičkih promena preko postavljenog modela. Ciljevi, nova saznanja i detaljnije informacije mogu se uneti u model. Rezultati imaju direktan uticaj na selekciju i izvođenje. Kod ovog postupka je značajno što ne počiva na statičkom, već na dinamičkom modelu planiranja sistema. Simulacija ne daje optimalno rešenje, ona služi i otkrivanju slabih mesta, izbegavanju uskih grla, povećanju protoka i opterećenja, kao i pronalaženju granica opterećenja. Takođe služi za testiranja komponenti sistema, izračunavanje vremena protoka, redukovanje smetnji u jednom postrojenju, ispituju se opterećenja postrojenja, prepoznaju se uska grla, to jest nastajanje zastoja koji se mogu manifestovati čekanjem u procesu. Simulacijom se ubrzava proces projektovanja kompleksnih sistema, obezbeđuje testiranje, a omogućava se i optimizacija, opšte rečeno obezbeđuje se poboljšanje kvaliteta procesa planiranja. Iz ovih analiza u koraku šest vrši se konačna selekcija tehnologije, odnosno njene najpovoljnije varijante.

#### 6.4.7. Realizacija projekta planiranja

Realizacija je samo uslovni deo planiranja jer je predviđeno preuzimanje i puštanje sistema u eksploataciju. Izgradnja delova sistema ili celog sistema sadrži više koraka, koji se delimično vremenski preklapaju, tabela 6.12:

Tabela 6.12. Struktura sedmog koraka planiranja

<b>Korak 7. Realizacija projekta planiranja</b>		
<b>Sadržaj</b>	<b>Pomoćna sredstva planiranja</b>	<b>Rezultat</b>
Izmene, zastoji, odobrenja Izrada planskih dokumenata Realizacija projekta Preuzimanja objekta Školovanje (obuka)	Ček lista Simulacija stvarnog pogo- na MS Project 2010, Factory Design Učinci i stepen raspoloživ- osti	Eksploatacija

- projektni menadžment (projekti i upravljanje projektima),
- rangiranje i specifikacija opreme,
- izvođenje sa izgradnjom delova postrojenja,
- angažovanje radne snage, rokovi, utvrđivanja odgovornost i dr.

Nakon sedmog koraka ostaje praćenje realizacije projekta, finalizacija i zatvaranje projekta, odnosno puštanje u eksploataciju.

## REZIME

Teorija posmatra fazu planiranja kao izuzetno važnu, moć da najvažniju fazu projektnog menadžmenta. Naime, za pravilno, tačno i kvalitetno planiranje neophodno je imati pregledan raspored procesa, jasno postavljene ciljeve, uslove ograničenja, logički i tehnički pravilno oformljen plan realizacije projekta i očekivani rezultat.

Korak	Sadržaj	Rezultat
1.	Definisanje zadatka planiranja	Formiranje informacione osnove
2.	Analiza postojećeg stanja	Baza indikatora
3.	Projektovanje varijanti procesa	Struktura tokova materijala
4.	Projektovanje varijanti sredstava rada	Varijante tehničkih rešenja
5.	Vrednovanje varijanti	Predinstanciranje rešenja
6.	Fino planiranje	Izbor optimalne varijante
7.	Realizacija projekta planiranja	Eksploatacija

Data je metodologija planiranja koji u osnovi sadrži i sedam osnovnih koraka sa velikim brojem iteracija. Svaki korak ima svoj sadržaj, pomoćne alate i rezultat na osnovu kojih se od pojedinačnih zahteva ide ka opštem jedinstvenom cilju, to jest optimalnoj eksploataciji.

Ukazano je da se u planiranju mora koristiti veliki broj različitih metoda, principa i alata u procesu generisanja ideja (Brainstorming, Brainwriting, simulacije...), evaluacije ideja (*Scorescreens/Scorecards*, tehnike glasanja, obrnuti *Brainstorming*) i implementacija ideja (*PERT, CPM, RPD...*), bez kojih proces planiranja ne bi imao naučni pristup, a time i određeni kvalitet. U svetu postoji mnogo savremenih softverskih paketa za modeliranje transportnih zahteva (*VISIM*), simulacije na mikronivou (*VISSIM*) i dr. Cilj korišćenja navedenih alata i paketa je da se u okviru planiranja vrednuje postojeće i buduće stanje u okviru intralogističkih procesa koji su predmet planiranja i da se procene posledice različitih varijantnih rešenja, da se preispita situacija u smislu bezbedne realizacije transportne funkcije i predlože mere za poboljšanje procesa rada.

### Pitanja za proveru znanja

1. Navesti moguće uzroke nezadovoljavajućeg stanja u intralogistici zbog kojih se vrši planiranje, dali je neusklađenost prostora ili neadekvatno organizovanje. Navesti primere.
2. Koji su opšti zadaci i ciljevi planiranja?
3. Šta obuhvata definisanje zadatka u okviru planiranja?
4. Koja ograničenja mogu da budu u planiranju?
5. Šta obuhvata analiza postojećeg stanja i šta je njen rezultat?
6. Navesti indikatore postojećeg stanja.
7. Šta obuhvata projektovanje procesa?
8. Koje se metode mogu koristiti kod oblikovanja varijanti procesa?
9. Navesti opšta svojstva koja se koriste kod izbora sredstava.
10. Navesti korake u vrednovanju rešenja i objasniti značaj težinskog faktora.
11. Navesti neke kriterijume vrednovanja.
12. Šta je evaluacija i gde se može koristiti u planiranju?
13. Šta podrazumevate pod finim planiranjem?
14. Šta obuhvata realizacija projekta?
15. Navesti ciljeve sadržaja i posledice, odnosno rezultate po fazama planiranja.



## LITERATURA

- [1] Arnold D., *Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen*, Springer Berlin Heidelberg, New York, 2006.
- [2] Arnold D., Isermann H. et al., *Handbuch Logistik*, Springer Berlin Heidelberg, New York, 2008.
- [3] Arnold D., Furmans K., *Materialfluss in Logistiksystemen, 6 auflage*, Springer Berlin Heidelberg, New York, 2009.
- [4] Baumgartner H., *Das Beste der Logistik, Innovationen, Strategien, Umsetzungen*, Springer Berlin Heidelberg, New York, 2008.
- [5] Borović R., *Transport trakastim transporterima*. Rudarsko-geološki fakultet. Beograd, 1997.
- [6] Davidović B., *Analiza logističkih tokova materijala i aktivnosti*, Zbornik radova. Viša škola za poslovne sekretare i menadžment, N.Sad, 2007.
- [7] Davidović B., *Audit logistike*, Festival kvaliteta 2004. 31 nacionalna konferencija o Kvalitetu, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2004.
- [8] Davidović B., *Performanse logističkih procesa - pristup logističkog kontrolinga*, AQS Asocijacija za kvalitet i standardizaciju Srbije, VII Naučno stručni skup, Kruševac, 2004.
- [9] Davidović B., Ivković M., *Poznavanje robe u transportu*, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Intelkt, Kragujevac, 2008.
- [10] Davidović B., *Tehnologije drumskog transporta i mehanizacija*, Telnid, Beograd, 2002.
- [11] Davidović B., *Tehnologije kombinovanog transporta*, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Intelkt, Kragujevac, 2008.
- [12] Dražan F. et al., *Manipulace s materijalem*, SNTL/ALFA, Praha, 1979.
- [13] Engelhardt-Nowitzki C., Nowitzki O. et al., *Supply Chain Network Management*, Gabler verlag. Springer. Heidelberg. 2010
- [14] Erofeev N.I. i dr., *Kompleksnaæ mehanizaciæ portovÿh peregruzoçnyh robot*, Transport, Moskva, 1977.
- [15] Gajić V., *Unutrašnji transport i rukovanje materijalima*, Beleške sa predavanja, Kragujevac, 2001.
- [16] Gesiarz, Z., *Zarys mechanizacji robot landukowych w transporcie*, WKL, Warsazawa, 1981.
- [17] Gudehus T., *Logistik, Grundlagen, Strategien, Anwendugen*, Springer Berlin Heidelberg New York, 2005.
- [18] Gudehus T., Kotzab H., *Comprehensive Logistik*, Springer Berlin Heidelberg New York, 2009.
- [19] Gunthter O.H., Tempelmeier H., *Produktion und Logistik*, Springer Berlin Heidelberg New York, 2005.
- [20] Hompel T.M. Schmidt T. et al., *Materialflusssystem*, Springer Berlin Heidelberg New York, 2007.
- [21] Jilek, V. et al., *Manipulace s materijalem*, SNTL/ALFA, Praha, 1980.
- [22] Jodin D., Hompel.T.M., *Sortier-und Verteilsysteme*, Springer Berlin Heidelberg New York, 2005.

- [23] Jovanović M., Petrović G., *Transportni tokovi materijala i proizvoda*, Mašinski Fakultet, Autorizovana predavanja, Niš, 2009.
- [24] Livanov, A.P., *Perevozka šepi*, Lesnae promišlenost, Moskva, 1980.
- [25] Martin H. et al., *Transport-und Lagerlogistik*, Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2006.
- [26] Mijailović, R. i dr., *Dizalice*, Gradina, Niš, 1994.
- [27] Milosavljević, O., *Priručnik o zaštiti na radu*, Poslovni biro, Beograd, 1999.
- [28] *Katalog tipičnih tehnologija za realizaciju pretovarnih procesa*. Prilog Podprojekta VI-2. Saobraćajni fakultet. Katedra za tehnologiju rukovanja teretom i katedra za industrijski transport, Beograd, 1985.
- [29] Olujić Ć., *Skladištenje u industriji - Rukovanje materijalom*, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1997.
- [30] Pantelić T., *Industrijska logistika*, ICIM. Tom VIII, Knjiga 1.1, Kruševac, 2001.
- [31] *Pravilnik o načinu numerisanja, skraćenicama i simbolima*, (Sl. glasnik RS, br.70/2009), Beograd, 2009.
- [32] Serdar, J., *Prenosila i dizala*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1975.
- [33] Spivakovskiy, A.O., *Transportnie mašiny*, Mašinstroenie, Moskva, 1968.
- [34] Sretenović M., *Mogućnost racionalizacije pretovarno-skladišnih procesa koji se realizuju viljuškarom primenom stohastičkih modela odlučivanja*, Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1984.
- [35] Sretenović M., *Mehanizacija pretovara*, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1996.
- [36] Studija: *Istraživanje razvoja transportne mehanizacije*, potprojekat VI-2, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985.
- [37] Suvajđić, S., *Mehanizacija pretovara – transportnih radova i primenom sredstava cikličnog tehnološkog postupka*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985.
- [38] Vidović B.M., *Kvantitativna analiza sistema rukovanja materijalom*, Saobraćajni Fakultet, Beograd, 2007.
- [39] Vukićević S., *Skladišta*, Preving, Beograd, 1995.
- [40] Šuljman E.F., *Protočna proizvodnja*, Panorama, Zagreb, 1964.
- [41] [www.logistika-info.net](http://www.logistika-info.net)
- [42] [www.fraunhofer.de](http://www.fraunhofer.de)
- [43] [www.kardex.com](http://www.kardex.com)
- [44] [www.storactlog.com](http://www.storactlog.com)
- [45] [www.cascorp.com](http://www.cascorp.com)
- [46] [www.epalsystem.com](http://www.epalsystem.com)
- [47] [www.iss.rs](http://www.iss.rs)
- [48] [www.interroll.com](http://www.interroll.com)
- [49] [www.tis-gdv.de/tis](http://www.tis-gdv.de/tis)
- [50] [www.mecalux.com](http://www.mecalux.com)
- [51] <http://downloads.magiclogic.com/CubelQ4Setup.exe>



## IZDAVANJE OVE KNJIGE POMOGLI SU:

Visoka tehnička škola strukovnih studija Kragujevac



**SCHWEISSEN – LOTEN – METALSPRITZEN – KERAMIKSPRITZEN**  
**INTERWELD – Međunarodna kompanija za proizvodnju dodatnih materijala i opreme u zavarivanju i termičkom našpricavanju, predstavništvo Beograd**



**INTELEKT – Akademija za obrazovanje i izdavaštvo, Beograd**