

UNIVERZA V NOVI GORICI  
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**MOŽNE IZVEDBE VISOKOREGALNEGA SKLADIŠČA  
V TKK SRPENICA**

DIPLOMSKO DELO

**Erik Krajnik**

Mentor:

viš. pred. dr. Maja Bračič Lotrič

Nova Gorica, 2012



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se vsem, ki so mi pri izdelavi diplomskega dela kakorkoli pomagali, še posebej pa g. Silvu Hrovatu iz podjetja TKK Srpenica, d.d., mentorici, doc. dr. Maji Bračič Lotrič, za koristne napotke in nasvete ter Primožu, Barbari in Ani.



## **NASLOV**

### **Možne izvedbe visokoregalnega skladišča v TKK Srpenica**

## **IZVLEČEK**

Diplomska naloga obravnava stanje skladiščenja surovin in končnih izdelkov v TKK Srpenica in podaja možne rešitve v obliki visokoregalnega skladišča. Z izgradnjo takega skladišča bi se v podjetju znebili prenekaterih stroškov, ki nastajajo pri zdajšnji ureditvi. Glede na razpoložljiv prostor, potrebne kapacitete in zahtevane pretočne čase smo predlagali in analizirali več možnih postavitev regalov in ustreznega avtomatskega regalnega dvigala. V programskem okolju Matlab so bile izdelane simulacije delovanja treh sistemov: skladišča z dvema ravninskima dvigalom, skladišča s krivinskim dvigalom in skladišča z dvigalom s satelitskim vozičkom. Na osnovi števila regalnih mest in izračunanih časov cikla so podana priporočila za izbiro skladiščnega sistema.

## **KLJUČNE BESEDE**

visokoregalno skladišče, avtomatsko regalno dvigalo, satelitski voziček, poslovno informacijski sistem, enojni cikel, dvojni cikel

## **TITLE**

**Constructing a high bay warehouse in TKK Srpenica company: a pre-feasibility study**

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the present raw material and end-product warehousing situation at TKK Srpenica, and provides for possible high-bay warehousing solutions that could help bring down the company's current warehouse operating costs. Several warehouse layout possibilities with corresponding automated storage and retrieval systems (AS/RSs) are presented and analysed, taking into account the available storage area, capacity requirements and material flow demands. Furthermore, simulations of three different types of warehousing systems have been developed in the Matlab computing environment, i.e. a system with two fixed-aisle stacker cranes, a system with a curve-going stacker crane and a system with stacker crane with on board battery shuttle car. Finally, recommendations on the suitable type of AS/RS are offered, based on the number of storage locations and calculated cycle times.

## **KEY WORDS**

high-bay warehouse, automated storage and retrieval system, shuttle, business information system, single cycle, double cycle

## KAZALO

1	UVOD.....	1
1.1	Glavni cilji diplomskega dela .....	2
1.2	Predvidena metodologija .....	2
2	PODJETJE TKK SRPENICA .....	3
2.1	Zgodovina podjetja .....	3
2.2	Izdelki .....	5
2.2.1	Program poliuretanske pene in tehničnih sprejev .....	5
2.2.2	Program tesnilnih mas in lepil.....	6
2.2.3	Program dodatki .....	7
2.3	Poslovanje .....	8
3	SKLADIŠČENJE .....	10
3.1	Opredelitve skladišč.....	10
3.1.1	Skladiščni procesi.....	10
3.1.2	Skladiščni viri.....	11
3.1.3	Organizacija skladišča.....	12
3.2	Skladiščni sistemi .....	14
3.3	Skladiščne dejavnosti.....	14
3.4	Tipologija skladiščnih sistemov.....	15

3.5	Kratek pregled skladiščnih sistemov .....	15
3.5.1	Ročni skladiščni sistemi .....	16
3.5.2	Avtomatizirani skladiščni sistemi .....	17
3.5.3	Popolnoma avtomatski skladiščni sistemi .....	18
3.5.4	Sistemi za zbiranje in sortiranje naročil .....	19
3.6	Skladiščno poslovanje.....	20
3.7	Kontrolni sistemi.....	20
4	SKLADIŠČENJE IZDELKOV V PODJETJU TKK.....	24
4.1	Transportne enote .....	24
4.2	Trenutno stanje .....	24
4.2.1	Lokacija skladišča .....	25
4.3	Procesi skladišča .....	26
4.3.1	Prezem.....	26
4.3.2	Skladiščenje.....	27
4.3.3	Komisioniranje.....	27
4.3.4	Odprema.....	29
4.4	Viri skladišča .....	29
4.5	Organizacija skladišča .....	30
4.6	Informacijski sistem Largo .....	30
4.7	Stroški skladiščenja.....	31



5	MOŽNOSTI ZA POSODOBITEV .....	34
5.1	Sanacija Šotora .....	34
5.2	Gradnja novega skladišča .....	35
5.2.1	Visokoregalno skladišče.....	36
5.2.2	Možne postavitve regalne konstrukcije .....	37
6	SIMULACIJA DELOVANJA REGALNEGA DVIGALA.....	41
6.1	Osnovna izhodišča in parametri.....	41
6.2	Izračun časov posameznega premika.....	42
6.3	Algoritem in rezultati.....	44
6.3.1	Ravninsko dvigalo enojni cikel.....	45
6.3.2	Ravninsko dvigalo dvojni cikel.....	48
6.3.3	Krivinsko dvigalo enojni cikel.....	49
6.3.4	Krivinsko dvigalo dvojni cikel.....	51
6.3.5	Dvigalo s satelitskim vozičkom .....	53
6.4	Primerjava rezultatov .....	56
7	ZAKLJUČEK.....	57
8	LITERATURA .....	59
	Priloga 1 .....	61

## KAZALO SLIK

Slika 1: Začetki podjetja.....	3
Slika 2: Podjetje leta 1985.....	4
Slika 3: Podjetje leta 2004.....	4
Slika 4: Nekateri izdelki iz programa poliuretanske pene in tehničnih sprejev .....	6
Slika 5: Nekateri izdelki iz programa tesnilnih mas in lepil .....	7
Slika 6: Nekateri objekti, ki so narejeni z uporabo izdelkov »dodatki« .....	8
Slika 7: Prodaja po trgih v letu 2009.....	8
Slika 8: Prodaja v letih 1994–2009 .....	9
Slika 9: Avtomatsko visokoregalno skladišče.....	18
Slika 10: Razdeljevalnik v obliki črke A (A-frame dispenser machine) .....	19
Slika 11: Shema CIM modela .....	21
Slika 12: Porazdelitev skladišč na območju podjetja.....	25
Slika 13: Potek aktivnosti podjetja v sistemu Largo.....	31
Slika 14: Transportni sistem.....	37
Slika 15: Skladišče 1 hodnik, 1 dvigalo .....	38
Slika 16: Skladišče 2 hodnika, 2 dvigali .....	39
Slika 17: Skladišče 2 hodnika s krivino, 1 dvigalo .....	40
Slika 18: Skladišče 1 dvigalo na sredini s satelitskim vozičkom.....	40
Slika 19: Graf hitrosti v odvisnosti od časa .....	44

Slika 20: Diagram poteka ravninsko dvigalo .....	45
Slika 21: Histogram časov ravninsko dvigalo enojni cikel .....	46
Slika 22: Povprečni čas cikla po oseh X, Y, Z v odvisnosti od končne hitrosti .....	47
Slika 23: Histogram časov ravninsko dvigalo dvojni cikel.....	49
Slika 24: Diagram poteka dvigalo s krivino.....	50
Slika 25: Histogram časov dvigalo s krivino .....	51
Slika 26: Histogram časov dvigalo s krivino dvojni cikel ena vhodno-izhodna točka .....	52
Slika 27: Histogram časov dvojnega cikla za krivinsko dvigalo z dvema vhodno-izhodnima točkama .....	53
Slika 28: Diagram poteka dvigala s satelitskim vozičkom .....	54
Slika 29: Histogram časov dvigalo s satelitskim vozičkom enojni cikel .....	54
Slika 30: Histogram časov dvigalo s satelitskim vozičkom dvojni cikel.....	55

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Stroški skladiščenja in logistike v najetih skladiščih ter skladiščih Šotora in Krede za leto 2006 .....	33
Tabela 2: Ocena investicije sanacije skladiščnega prostora Šotor .....	34
Tabela 3: Ocena investicije novega skladišča .....	36
Tabela 4: Vrednost parametrov pri simulaciji.....	42
Tabela 5: Primerjava različnih tipov med seboj glede kapacitete in hitrosti upravljanja.....	56

## SEZNAM KRATIC

<b>TKK</b>	-	Tovarna kemičnih izdelkov in proizvodnja krede
<b>ISO</b>	-	International Organization for Standardization
<b>PU</b>	-	Polyurethane
<b>MS</b>	-	Modificirani silan
<b>AGV</b>	-	Automated guided vehicle
<b>SKU</b>	-	Stock keeping unit
<b>S/R</b>	-	Storage/retrieval
<b>AS/RS</b>	-	Automated storage/retrieval system
<b>FCFS</b>	-	First come first served
<b>OASS</b>	-	Order accumulation and sorting systems
<b>CIM</b>	-	Computer Integrated Manufacturing
<b>SCADA</b>	-	Supervisory Control and Data Acquisition
<b>MES</b>	-	Manufacturing Execution System
<b>WMS</b>	-	Warehouse Management System
<b>MS SQL</b>	-	Microsoft Structured Query Language
<b>GI</b>	-	Gotovi izdelki
<b>PDN</b>	-	Proizvodni delovni nalog
<b>FIFO</b>	-	First in – first out
<b>TM</b>	-	Tesnilne mase
<b>FEM</b>	-	The European Federation of Materials Handling



# 1 UVOD

Skladišče je prostor, kjer se opravlja shranjevanje materiala za odpremo kupcu ali za nadaljnjo uporabo v proizvodnem procesu. Vse več se gradijo visokoregalna avtomatska skladišča. Tovrstna skladišča dobro izkoriščajo prostor, predvsem pa olajšajo delo in skrajšajo čas manipulacije z materiali, kar se pozna tudi na stroških, povezanih s skladiščenjem. Hkrati pa predstavljajo precej visoko investicijo.

Trenutno so v podjetju TKK Srpenica (v nadaljevanju TKK) skladiščni prostori na več lokacijah, dodatno težavo pa predstavlja dejstvo, da se surovine in izdelke skladišči le na določenih lokacijah in zato prostor ni polno izkoriščen. Ker v podjetju razmišljajo o graditvi novega visokoregalnega skladišča, v katerem bi shranjevali vse materiale, smo v nalogi predstavili možne rešitve in jih tudi ovrednotili s stališča tehnične primernosti za podjetje. Z izgradnjo takega skladišča bi se izognili transportnim stroškom, ki nastajajo pri trenutnem načinu skladiščenja, hkrati pa bi podjetje pridobilo na informacijski preglednosti, ki je trenutno ni, zaradi česar prihaja večkrat tudi do napak človeškega faktorja.

Naloga je v osnovi sestavljena iz petih delov. V prvem delu je opisano podjetje TKK. Na kratko sta opisana njegova zgodovina in razvoj od začetkov do današnjih dni. Predstavljeni so vsi proizvodni programi podjetja in za vsak program tudi izdelki, njihove lastnosti in uporaba. Grafično je predstavljeno tudi poslovanje podjetja v zadnjem obdobju, tako s finančnega vidika kot z vidika prisotnosti na trgih.

Drugi del govori splošno o skladiščih. S pomočjo literature smo opredelili skladišča na njihove osnovne dele: vire, procese in organizacijo, ter predstavili različne skladiščne sisteme. Nadalje smo opisali kontrolne sisteme, ki skrbijo za učinkovit potek skladiščnega poslovanja.

Tretji del se navezuje na drugega in je namenjen razlagi trenutnega stanja skladišča v podjetju TKK. Ker zdajšnje stanje glede stroškov, izrabe prostora in informatizacije ni optimalno, je opisana tudi posodobitev obstoječega stanja. Kot vidimo v četrtem delu, ta ni tako učinkovita kot bi bilo novo visokoregalno avtomatsko skladišče; tu bi se kljub visoki investiciji na dolgi rok rešili stroškov, ki so podjetje obremenjevali. Poleg tega pa bi pridobili tudi na informacijski preglednosti. Opisane so tudi možne

rešitve oziroma izvedbe visokoregalnih avtomatskih skladišč, katerih delovanje smo v petem, zadnjem delu simulirali s programskim paketom Matlab. Rezultat je analiza časov izskladiščenja in uskladiščenja, na osnovi katerih se bomo odločili za najboljšo rešitev.

## **1.1 Glavni cilji diplomskega dela**

Na podlagi obstoječega stanja skladišča v podjetju TKK smo poiskali različne rešitve za visokoregalno skladišče v obravnavanem podjetju. Variante smo ovrednotili glede na razpoložljiv prostor, potrebne kapacitete in zahtevane pretočne čase.

## **1.2 Predvidena metodologija**

Po izdelani analizi potreb po skladiščnem prostoru v podjetju smo z analizo literature, podobnih projektov in ponudbe na trgu poiskali možne rešitve. Za vse variante smo s simulacijo delovanja v paketu Matlab izdelali analizo časov uskladiščenja in izskladiščenja.



## 2 PODJETJE TKK SRPENICA

Podjetje TKK Proizvodnja kemičnih izdelkov Srpenica ob Soči, d.d., že več kot 50 let proizvaja različne proizvode s področja gradbene kemije. S svojimi proizvodnimi programi tesnilnih mas, dodatkov za beton in sanacije, poliuretanske montažne pene in sušilcev za barve in lake je trenutno vodilni proizvajalec navedenih proizvodov doma in v prostoru nekdanje Jugoslavije ter med vodilnimi proizvajalci poliuretanske montažne pene v Evropi.

### 2.1 Zgodovina podjetja

Podjetje je bilo ustanovljeno decembra 1947 kot podjetje Kreda Srpenica (slika 1) z namenom, da bi obnovili in razvili tradicionalno pridobivanje in predelavo krede v zgornjesoški dolini.



Slika 1: Začetki podjetja (arhiv TKK)

Prelomnico v razvoju podjetja pomeni leto 1958 z začetkom proizvodnje steklarskih kitov, prvih predstavnikov proizvodnega programa tesnilnih mas. To so bili tudi prvi koraki v smeri proizvodnje kemičnih izdelkov, ki so jo leta 1963 razširili z izdelovanjem posebnih dodatkov za beton, in sicer pod nazivom cementoli. V tem času je bil zgrajen tudi nov tehnološko dobro opremljen obrat, v katerem je poleg dodatkov za beton stekla tudi proizvodnja sušilcev za barve in lake – sikativov.

Sredi sedemdesetih let so novi proizvodni in poslovni prostori (slika 2) omogočili začetek proizvodnje silikonov in drugih sodobnih tesnilnih mas. V začetku

osemdesetih let sta posodobitev obrata za sušenje in mletje krede ter začetek proizvodnje fugirnih mas in lepil za keramične ploščice pomenila hkrati tudi zametek proizvodnje specialnih sanacijskih malt v družini suhoprašnatih proizvodov.



Slika 2: Podjetje leta 1985 (arhiv TKK)

Zadnja velika prelomnica v razvoju podjetja je bila dosežena konec osemdesetih let in v začetku devetdesetih, in sicer z začetkom proizvodnje poliuretanske montažne pene ter izgradnjo novega proizvodnega obrata in nabavo avtomatske polnilne linije v letih 1996 in 1997. Leta 1996 se je podjetje lastninsko preoblikovalo in od tedaj posluje kot delniška družba (slika 3).



Slika 3: Podjetje leta 2004 (arhiv TKK)

Družba TKK je eden glavnih nosilcev gospodarskega razvoja v Zgornjem Posočju, ki kljub lokacijski odmaknjenosti z vlaganji v znanje in razvoj lastnega kadra uspešno sledi najnovejšim proizvodnim in tržnim trendom, sprejema nove izzive in se uspešno prilagaja zahtevam sodobnega trga.

Predor Karavanke ter viadukti in ostali predori na slovenskih avtocestah, sanacija termoelektrarn Šoštanj in Plomin, letališče Zagreb, mostovi preko Save na hrvaško-bosanski meji ter preko Neretve v Čapljini, obnova največje cerkve v Evropi Sv. Sava v Beogradu so le nekatere uspešne gradnje doma in v tujini, pri katerih je sodelovalo podjetje TKK Srpenica s svojimi izdelki.

Dosežki so plod dolgoletne proizvodne tradicije, lastnega znanja in razvoja, fleksibilnih in korektnih poslovnih odnosov do kupcev in dobaviteljev, kakovosti izdelkov, za kar je podjetje dobilo potrditev s pridobitvijo certifikata ISO 9001 v letu 2001 (Predstavitev podjetja TKK, 2004).

## **2.2 Izdelki**

Proizvodni program obsega program »poliuretanske pene in tehničnih sprejev«, »program tesnilnih mas in lepil« ter program »dodatki«.

### **2.2.1 Program poliuretanske pene in tehničnih sprejev**

Program poliuretanske pene Tekapur PU (slika 4) obsega proizvodnjo eno- in dvokomponentne poliuretanske pene, le-te pa se ločijo še glede na lastnosti in področje uporabe.

Tekapur PU montažna pena je enokomponentna poliuretanska pena, ki utrjuje z zračno vlago. Daje nam dobro zvočno in toplotno izolacijo. Dober oprijem ima na vse gradbene materiale, kot so les, beton, plinobeton, opeka, kovina in aluminij. Nima pa oprijema na polieten, silikon in teflon.

Uporablja se v gradbeništvu za tesnjenje, zapolnjevanje, izoliranje, montiranje in vgrajevanje (vrata, okna, senčila), pri izdelavi čolnov, prikolic ...

Tekapur PU dvokomponentna pena se utrjuje brez zračne vlage. Ima podobne lastnosti kot enokomponentna, posebej primerna je za zapolnjevanje odprtih, kjer ni dostopa zračne vlage.

Pri obeh velja, da morajo biti podlage pri uporabi čiste, brez prahu, maščob in drugih nečistoč.

Glede na lastnosti in področje uporabe se izdeluje tudi več vrst tehničnih sprejev. To so sprej za odstranjevanje barve, markirni sprej, sprej za odvijanje, varjenje, silikonski sprej, različna maziva in podobno. (TKK Tehnologija, 2010)



Slika 4: Nekateri izdelki iz programa poliuretanske pene in tehničnih sprejev (arhiv TKK)

### 2.2.2 Program tesnilnih mas in lepil

V tem programu se izdeluje silikonske tesnilne mase z imenom Tekasil, akrilne tesnilne mase Tekadom, lepila Tekafiks, poliuretanske tesnilne mase in tesnilne mase na osnovi MS polimerov s skupnim imenom Tekaflex ter polisulfidne tesnilne mase Tioelast (slika 5). Vsaka od teh se deli še na podskupino glede na lastnosti in njihovo uporabo. Skupna značilnost vseh je, da zagotavljajo tesnjenje in nepropustnost reg za različne medije na različnih objektih in konstrukcijah. Zaradi različnih področij uporabe in pogojev morajo izpolnjevati zahteve, kot so: dober oprijem na različne vrste podlag, imeti morajo dolgo življenjsko dobo, dobro odpornost na staranje in vremenske vplive, na različne modelne tekočine in agresivne medije, dobro morajo prenašati temperaturne obremenitve ter imeti sposobnost povrnitve v prvotno obliko (TKK Tehnologija, 2010).



Slika 5: Nekateri izdelki iz programa tesnilnih mas in lepil (arhiv TKK)

### 2.2.3 Program dodatki

Program »dodatki« izdeluje dodatke betonom in maltam. Značilno zanje je, da z njimi lahko gradimo celo leto, tudi pozimi (pospešila vezanja, pospešila strjevanja) ali v vročih klimatskih razmerah (zavlačila vezenja), da lahko pripravimo visokokakovostne, vodonepropustne, trajne betone visokih trdnosti (plastifikatorji, superplastifikatorji, hiperplastifikatorji, aeranti), da lahko skrajšamo cikle pri izdelavi predizdelanih betonskih elementov, s čimer prihranimo čas in energijo, ter da lahko pripravimo lite betone in samozgoščevalne betone visokih trdnosti, ki se uporabljajo pri najrazličnejših gradnjah (slika 6).

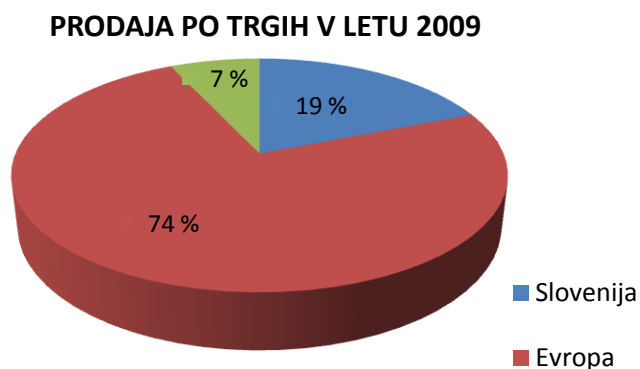
Proizvajajo se naslednji izdelki, ki so na voljo v suhoprašnati in tekoči obliki: pospešila vezenja in strjevanja, plastifikatorji in superplastifikatorji, zavlačila vezenja, aeranti, drugi dodatki za betone in malte, pomožna sredstva za gradbeništvo, dodatki za gipsne mase ter dodatki za cementno industrijo (TKK Tehnologija, 2010).



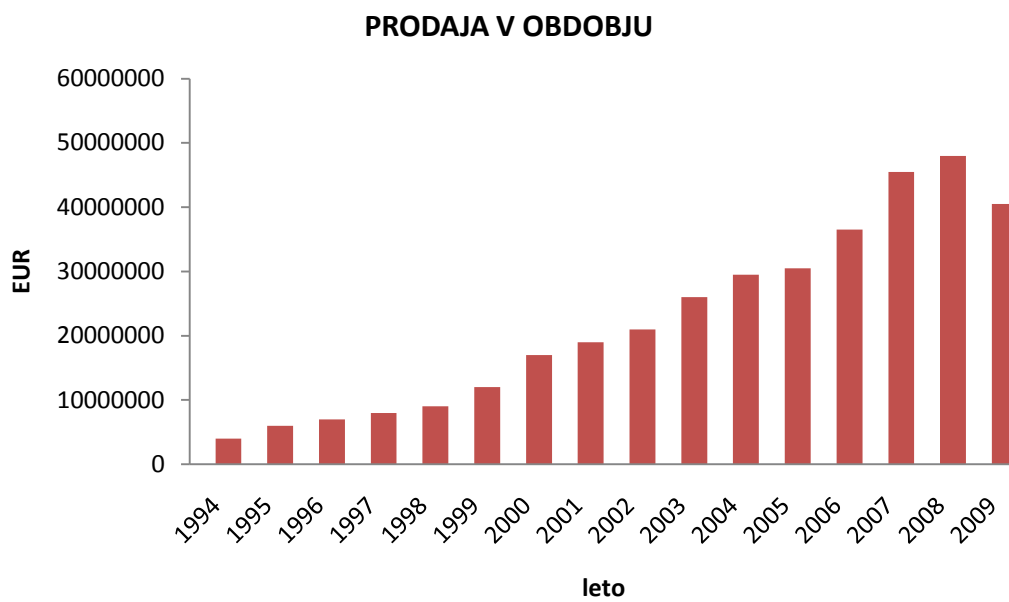
Slika 6: Nekateri objekti, ki so narejeni z uporabo izdelkov »dodatki« (arhiv TKK)

### 2.3 Poslovanje

Rezultati poslovanja izkazujejo hitro rast prodaje (slika 8), predvsem rast izvoza v Evropo, Ameriko in Azijo (slika 7). Na lastnem znanju ustvarjeni poslovni rezultati so pripeljali naše podjetje med vodilne proizvajalce poliuretanske pene na svetu (Poslovanje, 2010).



Slika 7: Prodaja po trgih v letu 2009 (arhiv TKK)



Slika 8: Prodaja v letih 1994–2009 (arhiv TKK)

### **3 SKLADIŠČENJE**

Skladiščenje je specializirana dejavnost, kjer se opravljajo sprejem, skladiščenje, komisioniranje, pakiranje, opremljanje in distribucija blaga.

Cilj skladiščenja je zagotovitev preskrbe vseh uporabnikov s potrebnim materialom ob čim večji ekonomičnosti in premoščanju časovnih razlik, zagotavljanje gospodarnosti, ekonomičnost in optimizacija zalog.

Osnovne naloge skladišča so prevzemanje in izdajanje materiala, varovanje materiala in zagotavljanje njegovega smotrnega razporeda v skladišče ter kontrola stanja zalog (Skladiščenje, 2010).

#### **3.1 Opredelitve skladišč**

Skladišča lahko obravnavam s treh vidikov. To so procesi, viri in organizacija.

Proizvodi, ki vstopijo v skladišče, gredo skozi več korakov, ki jih imenujemo procesi. Viri zajemajo vsa sredstva, opremo in osebje, ki so potrebni za obratovanje skladišča. Organizacija pa vključuje vse postopke načrtovanja in nadzora, ki omogočajo delovanje sistema.

Zaradi jasnosti naj podam nekaj definicij:

- proizvod – izdelek je vrsta blaga, npr. stekleničke šampona določene znamke
- posamezne stekleničke imenujemo artikli
- kombinacijo več artiklov različnih proizvodov, ki jih naroči kupec, pa imenujemo naročilo.

(Rouwenhorst in drugi, 2000)

##### **3.1.1 Skladiščni procesi**

Tok artiklov v skladišču lahko razdelimo na več ločenih faz oziroma procesov.

Prevzem je prvi proces, skozi katerega gre vsak artikel. Proizvode v skladišče dostavi tovornjak ali notranji transport (če gre za proizvodno skladišče). V prevzemni fazi se



proizvode preveri ali preoblikuje (npr. prepakira v drugačne skladiščne module), nato pa ti počakajo na prevoz do naslednjega procesa.

Proces skladiščenja zajema vlaganje artiklov na skladiščne lokacije. Skladiščni prostor lahko obsega dva dela:

- zalogovno območje (ang. reserve area), kjer so proizvodi shranjeni kar najbolj ekonomično
- komisionirno območje (ang. forward area), kjer so proizvodi shranjeni tako, da jih komisionar čim lažje odvzame.

V komisionarnem območju so proizvodi pogosto skladiščeni v manjših količinah in v lahko dostopnih skladiščnih modulih. Tako lahko na primer zalogovno območje vsebuje paletne regale, medtem ko je blago v komisionarnem območju skladišča shranjeno na policah. Prenos artiklov iz zalgovnega območja v komisionarno se imenuje obnova zalog.

Komisioniranje (ang. item picking operation) je odvzem artiklov s skladiščnih lokacij; lahko ga izvajamo ročno ali (delno) avtomatizirano. Komisionirani artikli so nato lahko transportirani do procesov sortiranja in/ali konsolidacije. V tem primeru konsolidacija pomeni zbiranje artiklov, namenjenih istemu naročniku, v skupine.

Na odpremnom območju se naročila preverijo, pakirajo in naložijo na tovornjake, vlake ali druga transportna sredstva (Rouwenhorst in drugi, 2000).

### **3.1.2 Skladiščni viri**

Razlikujemo več virov:

- Skladiščna enota je enota, v (ali na) kateri so proizvodi lahko shranjeni. Primeri: palete, kartonaste škatle in plastične škatle.
- Skladiščni sistem. Ta lahko vključuje več podsistemov, ki hranijo različne vrste proizvodov. Skladiščni sistemi so zelo različni; od preprostih polic do visoko avtomatiziranih sistemov z avtomatskimi dvigali in transporterji.

- Artikle lahko s skladiščnega sistema odvezemamo ročno ali s pomočjo komisionirne opreme. Primer pogosto rabljene komisionirne naprave je viličar.
- Drugo opremo, ki komisionarju pomaga pri delu, imenujemo komisionirni pripomočki, med katere spada npr. kodni čitalnik.
- Skladišče lahko uporablja tudi računalniški sistem, ki omogoča računalniški nadzor nad procesi skladiščnega poslovanja.
- Oprema za manipuliranje z materiali, ki je namenjena pripravljanju izskladiščenih materialov za odpremo, vključuje sortirne sisteme, paletirne stroje in nakladalnike.
- Tudi osebje je pomemben vir, saj je delovanje skladišča v veliki meri odvisno prav od razpoložljivosti osebja.

(Rouwenhorst in drugi, 2000)

### **3.1.3 Organizacija skladišča**

O poteku procesov se je treba odločiti že v fazi načrtovanja. Primeri: uporaba zalogovnega območja, kar pomeni, da bo delovanje skladišča zajemalo tudi proces obnove zalog, vključitev komisioniranja artiklov po skupinah (za več naročil naenkrat) ali razdelitev komisionirnega območja na cone, pri čemer obe odločitvi zahtevata proces sortiranja in/ali konsolidiranja ali pa uporabo ločenih hodnikov za uskladiščenje in izskladiščenje.

Nekateri procesi pa zahtevajo tudi specifične organizacijske strategije:

- Pri procesu prevzema strategija razvrščanja (ang. assignment policy) določa razporeditev tovornjakov po rampah.
- Pri procesu skladiščenja gre za transport artiklov do sistema skladiščenja in njihovo razvrščanje po skladiščnih lokacijah. Obstaja več skladiščnih strategij. Strategija namenskega polnjenja (ang. dedicated storage policy) predpisuje točno določeno lokacijo za vsako vrsto blaga, medtem ko je pri strategiji naključnega polnjenja (ang. random storage policy) odločitev prepuščena skladiščnemu delavcu. Vmesna oblika je strategija polnjenja na podlagi blagovnih skupin (ang. class-based storage policy), pri kateri so

posamezne blagovne skupine skladiščene v isti coni, pogosto glede na frekventnost. Poznamo še skladiščno strategijo, ki ji pravimo povezano skladišče (ang. correlated storage), in skladiščenje po sorodnih skupinah (ang. family grouping), pri kateri gre za skladiščenje izdelkov, ki se pogosto naročajo skupaj, na bližnjih lokacijah. Če ima skladiščni sistem tudi zalogovno območje, je treba vpeljati skladiščno strategijo tudi za to območje. Strategije skladiščenja in strategija obnove zalog določajo, kateri artikli bodo skladiščeni v komisionarno območje in v kakšnih količinah ter kdaj se obnavljajo zaloge.

- Pri procesu komisioniranja je eden ali več komisionarjev zadolženih za naročila (ali dele naročil). Celotno komisionirno območje lahko s strategijo coniranja razdelimo na posamezne komisionirne cone, v katerih komisionirajo posamezni komisionarji. Poznamo dve različni strategiji: vzporedno in zaporedno coniranje. Ko komisionarji nabirajo blago za naročila, lahko izpolnjujejo eno za drugim (posamično komisioniranje/ang. single order picking) ali po skupinah (zbirno komisioniranje/ang. batch picking). Če uporabimo strategijo zbirnega komisioniranja, je treba blago po komisioniranju sortirati. Tudi na področju sortiranja obstajata dve različni strategiji: naknadno (ang. pick and sort) in sočasno (ang. sort while pick). S strategijo usmerjanja (ang. routing policy) lahko določimo zaporedje izskladiščenj in pot do ustreznih skladiščnih lokacij. Strategija postavitve (ang. dwellpoint policy) pa določa postavitev mirujočih komisionirnih naprav.
- Če skladišče vključuje proces konsolidiranja in sortiranja, so naročila razvrščena po izhodnih linijah na podlagi strategije razvrščanja po sortirnih linijah (ang. sorter line assignment policy).
- Pri procesu odpreme so naročila in tovornjaki razvrščeni po rampah na podlagi strategije razvrščanja po rampah (ang. dock assignment policy).
- Razdelitev nalog osebjem in opremi pa urejajo strategije razporeditve dela (ang. operator and equipment assignment policies).

(Rouwenhorst in drugi, 2000)

## **3.2 Skladiščni sistemi**

Manipulacijo z materiali definiramo kot premikanje materialov (surovin, odpadkov, embalaže, polizdelkov in izdelkov) v proizvodnjo, skozi proizvodne procese in iz proizvodnje, v skladiščih in depojih ter v sprejemnih in odpremnih območjih. Manipulacija z materiali tako obsega materialni tok in skladiščenje. Pri toku materialov sodelujejo tračni transporterji, viličarji, avtomatska vodena vozila (ang. AGV), transportni vozički, mostna dvigala ter gnane in negnane valjčne proge. Skladiščenje zajema tiste dejavnosti manipulacije z materiali, ki se odvijajo znotraj skladišča, na sprejemnih in odpremnih območjih, to so sprejem blaga, namestitvev, komisioniranje, zbiranje ter sortiranje in odprema.

V osnovi razlikujemo med tremi tipi skladišč:

- distribucijska skladišča
- proizvodna skladišča
- pogodbeno skladišča.

Distribucijsko skladišče je skladišče, v katerem se zbirajo (včasih tudi sestavljajo) proizvodi različnih dobaviteljev, ki se nato dostavljajo več strankam.

Proizvodno skladišče se uporablja za hranjenje surovin, polizdelkov in izdelkov v proizvodnem obratu.

Pogodbeno skladišče je obrat, ki opravlja naloge skladiščenja na račun ene stranke ali več (van den Berg in Zijm, 1999).

## **3.3 Skladiščne dejavnosti**

To podpoglavje obravnava tok materialov v skladišču. Blago dostavijo tovornjaki, ki jih raztovorijo na sprejemnih dokih (ang. receiving docks), kjer preverijo količine dostavljenega blaga in na njem izvedejo naključne kontrole kakovosti. Tovor je nato pripravljen za transport v skladišče, in sicer tako, da ga označijo z npr. črtno ali magnetno kodo. Če se skladiščni moduli razlikujejo od transportnih, mora biti tovor prepakiran. Tovor je zatem transportiran na skladiščno lokacijo. Kadar se pojavi zahteva po proizvodu, ga je torej treba odvzeti iz skladišča; temu postopku pravimo

komisioniranje. V naročilu so navedeni izdelki in količine, ki jih je naročila stranka (če gre za distribucijski center) ali proizvodni obrat (če gre za proizvodno skladišče). Če naročilo vsebuje več skladiščnih enot (ang. SKU – stock keeping unit), je treba slednje najprej zbrati in sortirati ter šele nato transportirati na odpremno območje oziroma v proizvodnjo. Zbiranje in sortiranje je možno pred postopkom komisioniranja ali po njem.

Skladiščne postopke lahko torej razdelimo v štiri kategorije: sprejem, uskladiščenje, komisioniranje in odprema (van den Berg in Zijm, 1999).

### **3.4 Tipologija skladiščnih sistemov**

Komisioniranje artiklov (ang. item picking operation) je postopek, pri katerem odbiramo posamezne artikle s skladiščnih mest (ang. less - than - case - picking), komisioniranje palet oz. paletno komisioniranje (ang. pallet - picking operation) pa je postopek, pri katerem se iz skladišča in v njega premika cele palete izdelkov. Skladiščni sistem zajema kombinacijo opreme in operativne politike, ki jo skladišče uporablja pri komisioniranju artiklov in uskladiščenju oz. odvzemu iz skladišča.

Glede na stopnjo avtomatizacije ločimo tri tipe sistemov:

- ročni skladiščni sistemi (komisionar k blagu)
- avtomatizirani skladiščni sistemi (blago h komisionarju)
- popolnoma avtomatski skladiščni sistemi.

(van den Berg in Zijm, 1999)

### **3.5 Kratek pregled skladiščnih sistemov**

Skladišče po navadi sestavlja več vzporednih hodnikov, vzdolž katerih so zloženi proizvodi. Uporablja se veliko različne opreme in različnih metod. Najpreprostejša metoda skladiščenja je zlaganje v skladovnice (ang. block stacking), ki se uporablja na primer za zlaganje zabojev piva ali sokov. Regali s posodami in predalne omare pogosto uporabljamo za shranjevanje drobnih materialov. Za velike paletizirane materiale pa pogosto uporabljamo paletne, pretočne, premične ali prevozne regale (van den Berg in Zijm, 1999).

### 3.5.1 Ročni skladiščni sistemi

Pri ročnih skladiščnih sistemih se komisionar z vozilom pripelje do ustreznih skladiščnih lokacij. V ta namen je na voljo veliko različnih vozil: omenimo transportne vozičke (ang. pick carts, container carts) za ročno horizontalno manipulacijo in ročna regalna dvigala (ang. man aboard storage/retrieval (S/R) machines) za horizontalno in vertikalno manipulacijo (pogosto, toda ne vedno, so ta omejena na posamezen hodnik). Za manipulacijo s paletami se pogosto uporabljajo viličarji in visokodvižni oz. visokoregalni viličarji (ang. reach trucks).

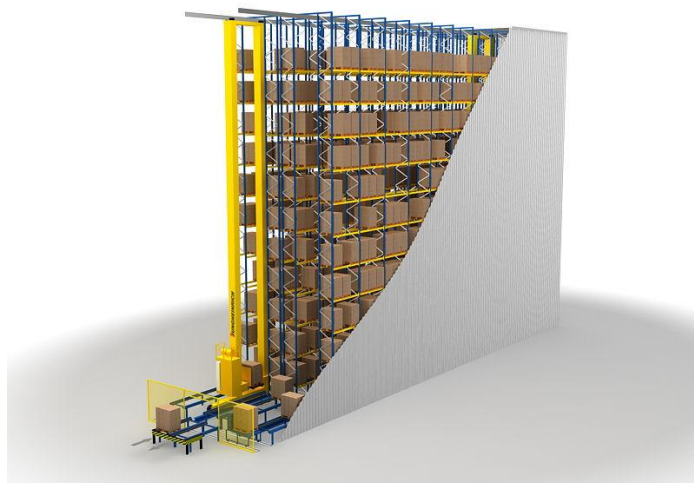
Spomnimo, da lahko eno naročilo vsebuje več različnih skladiščnih enot (vsaka skladiščna enota v naročilu se nanaša na določen artikel znotraj blagovne skupine). V sklopu ročnega komisioniranja obstajata dva temeljna pristopa: posamično komisioniranje (ang. single-order-picking) in zbirno komisioniranje (ang. batch-picking). Prvi pomeni, da je komisionar odgovoren za eno naročilo, drugo pa, da en komisionar, ki je navadno omejen na določeno skladiščno cono, istočasno nabira blago za več naročil. Zbirno komisioniranje zmanjša čas nabiranja blaga, a zahteva, da se blago po komisioniranju sortira. Komisionar lahko že med komisioniranjem blago sortira po naročilih (ang. sort-while-pick) ali pa ga zbere na kup, tako da ga je treba sortirati kasneje (ang. pick-and-sort). Pri sprotnem sortiranju mora biti komisionirno vozilo opremljeno z ločenimi zaboji za posamezna naročila. Valni model komisioniranja (ang. wave picking) je priljubljena strategija, pri kateri sta hkrati uporabljena zbirno in consko komisioniranje. Pri tej strategiji začnejo komisionarji vsak v svoji coni istočasno nabirati blago. Šele ko vsi komisionarji zaključijo, se začne nov val.

Namesto vozila lahko za transport komisioniranih proizvodov uporabimo tudi tračni transporter. Komisionar tako nabrani artikel položi neposredno na transporter, ki je v hodniku. Temu pravimo komisioniranje na trak (ang. pick-to-belt) (van den Berg in Zijm, 1999).

### 3.5.2 Avtomatizirani skladiščni sistemi

Avtomatsko visokoregalno skladišče (ang. AS/RS – automated storage/retrieval system), ki mu pravimo tudi sistem blago h komisionarju, sestavlja eden ali več vzporednih hodnikov s po dvema visokima regaloma (slika 9). Po hodniku potuje avtomatizirano regalno dvigalo, in sicer po tirnicah, nameščenih na tleh in stropu. Običajno prenaša le eno paleto naenkrat. Paleta, namenjene uskladiščenju, pridejo na vhodno postajo in počakajo, da jih regalno dvigalo prenese na ustrezno lokacijo na regalu. Skladiščenje torej poteka po sistemu FCFS (ang. first come first served – kdor prej pride, prej melje). Regalno dvigalo odloži izskladiščeno blago na izhodni postaji, transportni sistem pa ga nato prepelje na ciljno lokacijo. Regalno dvigalo ima tri neodvisne pogone za horizontalno in vertikalno premikanje ter sistema za manipuliranje s tovorom (to so lahko na primer vilice ali pa samostojni vozički (ang. shuttle)). Zaradi neodvisnega horizontalnega in vertikalnega gibanja je njegov čas vožnje enak daljšemu od časov za horizontalno oz. vertikalno pot. V mnogih primerih je regalno dvigalo omejeno na en hodnik, s postavitvijo tirničnih krivin, ki povezujejo hodnike, pa mu omogočimo, da prehaja med hodniki. Da bi zagotovili stabilnost njegove ogromne konstrukcije, se mora dvigalo v krivinah premikati zelo počasi. Dvigalo lahko med hodniki prehaja tudi s pomočjo prenosnic (ang. shuttle device), ki ga prestavi iz hodnika v hodnik.

Zaradi standardizacije transportnih enot je delovanje regalnih dvigal omejeno na enojni oziroma dvojni delovni cikel. Pri enojnem delovnem krogu dvigalo med zaporednima obiskoma vhodne in izhodne postaje opravi ali uskladiščenje ali odvzem. Pri dvojnem delovnem krogu pa dvigalo uskladišči blago, se prazno premakne do mesta odvzema in blago izskladišči (van den Berg in Zijm, 1999).



Slika 9: Avtomatsko visokoregalno skladišče (Visokoregalno skladišče Jungheinrich, 2010)

### 3.5.3 Popolnoma avtomatski skladiščni sistemi

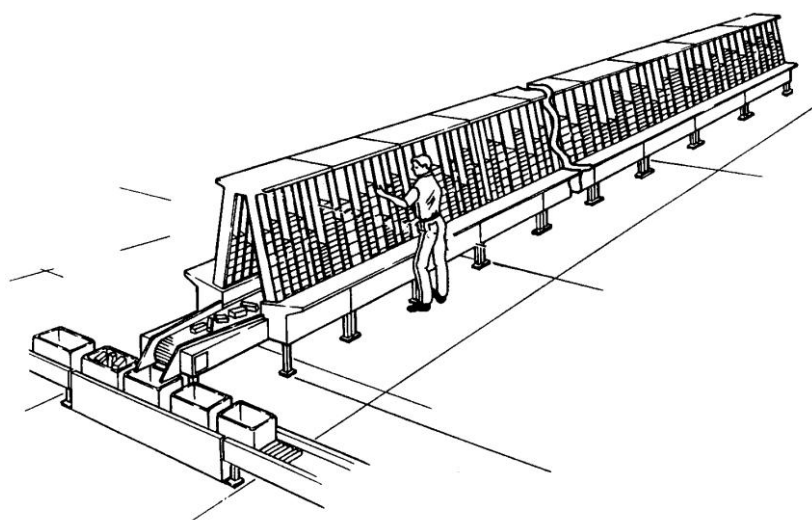
Primer avtomatskega sistema je vrtiljak. To je računalniško voden skladiščni sistem, ki se uporablja za uskladiščenje in odvoz majhnih ali srednje velikih proizvodov. Vrtiljak lahko v posodah ali predalih, ki se vrtijo v sklenjenem krogu, skladišči veliko različnih proizvodov. Komisionar se nahaja na določeni lokaciji pred vrtiljakom, kamor slednji na njegovo zahtevo avtomatsko zavrti zaboj z zahtevanim proizvodom. Čas, ki ga vrtiljak porabi, da skladiščniku prinese proizvod, lahko le-ta učinkovito porabi za druga dela, npr. sortiranje, embaliranje in označevanje prinesenega blaga.

V nekaterih primerih komisionar vzporedno upravlja z od dvema do štirimi vrtiljaki. Tako lahko komisionar jemlje blago z enega vrtiljaka, medtem ko se drugi vrtijo, s čimer se zmanjša čas čakanja. Vrtljivi regal (ang. rotary rack) je dražja različica horizontalnega vrtiljaka, pri kateri se lahko vsak nivo neodvisno vrti, s čimer se bistveno skrajša komisionarjev čakalni čas.

Avtomatski skladiščni sistemi opravljajo hitro komisioniranje majhnih ali srednje velikih nelomljivih artiklov enake velikosti in oblike, npr. CD-plošč ali farmacevtskih izdelkov. Takšen sistem dobimo, če komisionarja pri vrtiljaku ali vrtljivem regalu nadomestimo z robotom.



Razdeljevalnik v obliki črke A (ang. A-frame dispenser machine) na sliki 10 je še ena komisionirna naprava, ki deluje brez komisionarja. Sestavlja jo tračni transporter, vzdolž katerega so na vsaki strani v obliki črke A (ang. A-frame) razvrščeni zalogovniki (ang. magazines). Vsak od njih vsebuje gnan mehanizem, ki artikle avtomatsko potisne na trak. Vsakemu naročilu je na tračnem transporterju namenjen poseben razdelek (celica). Ko se celica premika mimo zalogovnika, ki vsebuje v naročilu zahtevan artikel, je ta avtomatsko odložen na trak. Ob izteku traku artikli, ki pripadajo istemu naročilu, padejo v posodo ali škatlo (van den Berg in Zijm, 1999).



Slika 10: Razdeljevalnik v obliki črke A (A-frame dispenser machine) (Meller in Pazour, 2008)

### 3.5.4 Sistemi za zbiranje in sortiranje naročil

Sistemi za zbiranje in sortiranje naročil (ang. order accumulation and sorting systems – OASS) zagotavljajo celovitost naročil, kadar se naenkrat zbira blago za več naročil. Obstaja več oblik tovrstnih sistemov, od ročnih do visoko zmogljivih avtomatskih sistemov. Avtomatski sistem za zbiranje in sortiranje naročil navadno sestavlja transporter s povratno zanko (ang. closed-loop conveyor), opremljen z avtomatskimi preusmerjevalniki (ang. divert mechanisms) in zbirnimi linijami (ang. accumulation lanes). Senzor odčitava kode na skladiščnih enotah, ki vstopajo v zanko; tisti, ki pripadajo istemu naročilu, se nato avtomatsko preusmerijo na en pas. Za zbiranje in

sortiranje naročil uporabljamo tudi vrtiljake in vrtiljive regale (van den Berg in Zijm, 1999).

### **3.6 Skladiščno poslovanje**

Najpomembnejša vprašanja pri načrtovanju skladišč se vrtijo okoli razporeditve lokacij za upravljanje in skladiščenje zalog. Če z zalogami pametno upravljamo, lahko znižamo skladiščne stroške. S premišljeno politiko načrtovanja proizvodnje in naročanja lahko tako na primer zmanjšamo skupno količino zalog, ob tem pa še vedno zagotovimo zadovoljivo raven storitve. Raven storitve določa odstotek naročil, ki jih dobavimo neposredno iz zaloge. Manjše zaloge torej zmanjšujejo z zalogami povezane stroške, poleg tega pa izboljšajo učinkovitost komisioniranja v skladišču. Razumljivo je, da so v manjšem skladišču transportni časi pri komisioniranju krajši.

Tudi smotrni raspored skladiščnih lokacij lahko zmanjša povprečne čase uskladiščenja, izdajanja in komisioniranja, z enakomerno razporeditvijo dejavnosti v skladiščnih podsistemih pa lahko zmanjšamo zastoje in povečamo pretočnost.

Politike načrtovanja tvorijo okvir za nadzor skladiščnih procesov. Politike upravljanja zalog in razporeditve skladiščnih lokacij določajo, kateri proizvodi prihajajo v skladišče in kam naj se uskladiščijo. Težave, ki se pri nadzorovanju pojavljajo, so v glavnem vezane na določanje zaporedja komisionirnih in skladiščnih postopkov ter s tem na usmerjanje ročnih komisionarjev oziroma regalnih dvigal, na določitev mesta uskladiščenja proizvodov glede na vrsto ali naključno, na notranji transport artiklov na boljše lokacije za izskladiščenje, na postavitev regalnih dvigal v hodniku itd. (van den Berg in Zijm, 1999).

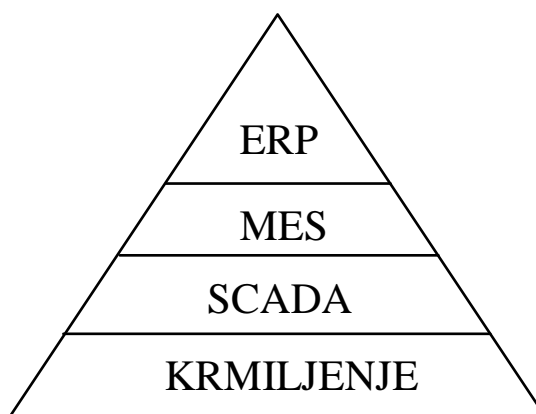
### **3.7 Kontrolni sistemi**

Zaradi kompleksnosti in raznovrstnosti procesov, ki se izvajajo znotraj podjetja, celotni problem vodenja razbijemo na manjše, funkcionalno ali prostorsko zaključene dele ter jih kasneje spet združimo v celovit sistem.

Struktura sistemov, ki jo s tako dekompozicijo dobimo, je hierarhična in porazdeljena. Sistemi za vodenje procesov so hierarhično sestavljeni iz štirih glavnih

nivojev, CIM (ang. Computer Integrated Manufacturing) – računalniško podprta proizvodnja piramide (slika 11):

- vodenje podjetja (ERP sistemi)
- upravljanje proizvodnje (MES sistemi)
- nadzor in vodenje procesov (SCADA sistemi)
- krmiljenje.



Slika 11: Shema CIM modela (Trmčnik, 1998)

CIM pojmuje kot koncept koordinirane in smotrne uporabe računalniške tehnologije, ki se v podjetju uporablja za doseganje uspešnejšega poslovanja. Vsak izmed nivojev CIM piramide ima točno definirane naloge. Vsak nivo dobi podatke z nižjega nivoja, nad njimi izvaja določene operacije in rezultat posreduje višjemu nivoju. V obratni smeri pa se pretakajo ukazi – navodila za delo – nižjim nivojem. Poudarek je prav na avtomatizaciji pretoka informacij med inženirskimi, poslovnimi, proizvodnimi in drugimi procesi v podjetju (Trmčnik, 1998).

Prvi nivo predstavljajo avtomatski regalni transporter, transporterji, čitalci črtnih kod in druga oprema, s katero so zagotovljeni avtomatsko uskladiščenje, izskladiščenje in premeščanje palet v regalnem skladišču.

Najpomembnejše naloge na tem nivoju opravlja avtomatski regalni transporter, ki ima v ta namen vgrajene senzorje, povezane z mrežo v koncept izvedbe krmilja. Sistem je nadgrajen z algoritmom krmiljenja avtomatskega regalnega transporterja, ki mu zagotavlja avtomatsko izvajanje vseh potrebnih gibov za uskladiščenje, izskladiščenje in premeščanje palet. Mehko delovanje je zagotovljeno z zveznim

spreminjanjem hitrosti glede na trenutno pozicijo in cilj. Algoritem ima vgrajene podsklope za detekcijo ovir in javljanje ustreznih obvestil ob izpadu ključnih komponent krmilja na centralni nadzorni sistem (SCADA) (Avtomatsko regalno skladišče, 2011).

Kot že sama kratica SCADA (ang. Supervisory Control and Data Acquisition) pove, je to programska oprema, namenjena nadzoru in vodenju proizvodnih procesov. Njene osnovne funkcije so zbiranje podatkov iz procesa v realnem času, prikaz podatkov na zaslon, alarmiranje, arhiviranje podatkov ter generiranje poročil.

Drugi nivo je MES (ang. Manufacturing Execution System), ki ga predstavlja skladiščni program WMS (ang. Warehouse Management System). MES sistemi pomenijo tisto plast v hierarhiji programske opreme, ki povezuje procesno programsko opremo (SCADA) in informacijske sisteme (ang. ERP – Enterprise Resource Planning). Njihova najpomembnejša naloga ni ustvarjanje novih informacij, ampak ustrezno obdelati in shraniti tiste informacije, ki so že prisotne v SCADA sistemu, tako da so primerne za uporabo v informacijskih sistemih. MES sistemi so navadno zgrajeni okrog relacijske podatkovne baze, kjer poteka izmenjava podatkov med obema sistemoma (Trmčnik, 1998).

Glavne funkcije tega nivoja so:

- shematični prikaz skladišča (tloris skladišča z oštevilčenimi regalnimi mesti, prikaz zasedenih in prostih regalov, enostaven pregled vsebine regala)
- prikaz pozicije avtomatskega regalnega transporterja in njegovih podsklopov v skladišču ter izpis trenutne faze delovanja
- prikaz obvestil o morebitnem zastoju in njegovem vzroku
- prikaz in beleženje alarmnih stanj
- izvajanje algoritma uskladiščenja in izskladiščenja
- vodenje podatkovne baze skladišča (MS SQL podatkovna baza), iz katere se generirajo različna poročila (npr. zaloge), izdelava naročil za avtomatsko izdajo blaga (palet).

Tretji nivo predstavlja povezava WMS-a na ERP poslovno informacijski sistem (Avtomatsko regalno skladišče, 2011).

ERP (ang. Enterprise Resource Planning) so namenjeni upravljanju vseh virov podjetja – financ, naročil, proizvodnih kapacitet, materialov, cen izdelkov, stroškov proizvodnje, časovnih terminov, delovne sile. Obstaja več ponudnikov ERP sistemov, kot so: podjetja Baan, SAP ter Navision Co. ERP sistemi omogočajo vodenje celotne proizvodnje v zaključeni celoti, ki jo predstavlja tovarna ali obrat. Vsaka posamezna sestavina, ki je potrebna v proizvodnem procesu, se spremlja na svoji poti od vhoda do izhoda proizvodnje. Vse operacije, skozi katere gre posamezna sestavina, se spremljajo in nadzorujejo v povezavi s poslovnimi funkcijami. Tako je možno nadzorovati celoten sistem proizvodnje (Trmčnik, 1998).

## **4 SKLADIŠČENJE IZDELKOV V PODJETJU TKK**

Podjetje TKK se ukvarja s proizvodnjo izdelkov za gradbeništvo, zato za hranjenje surovin, polizdelkov in izdelkov uporablja prostore na lokaciji proizvodnje, tj. proizvodno skladišče. Ker pa je potreba po skladiščenju velika, ima podjetje v najemu tudi nekaj večjih prostorov izven lokacije proizvodnje, tj. pogodbeno skladišča. Pogodbeni skladišči sta dve, in sicer v okolici Tolmina in v Škofji Loki.

### **4.1 Transportne enote**

TKK prodaja izdelke na vse kontinente sveta, zato so transportne enote (palete) različne. Za evropsko tržišče, ki predstavlja 80 % vse prodaje in ki je vezano na kamionski in železniški prevoz, se uporablja evro palete. Za prekomorski prevoz v kontejnerjih je treba pakirati na palete 1200 mm x 1200 mm oz. 1000 mm. V skladiščne regale se skladišči evro palete standardnih dimenzij 1200 mm x 800 mm s težo 1000 kg in višinami 1200 mm, 1500 mm in 2000 mm.

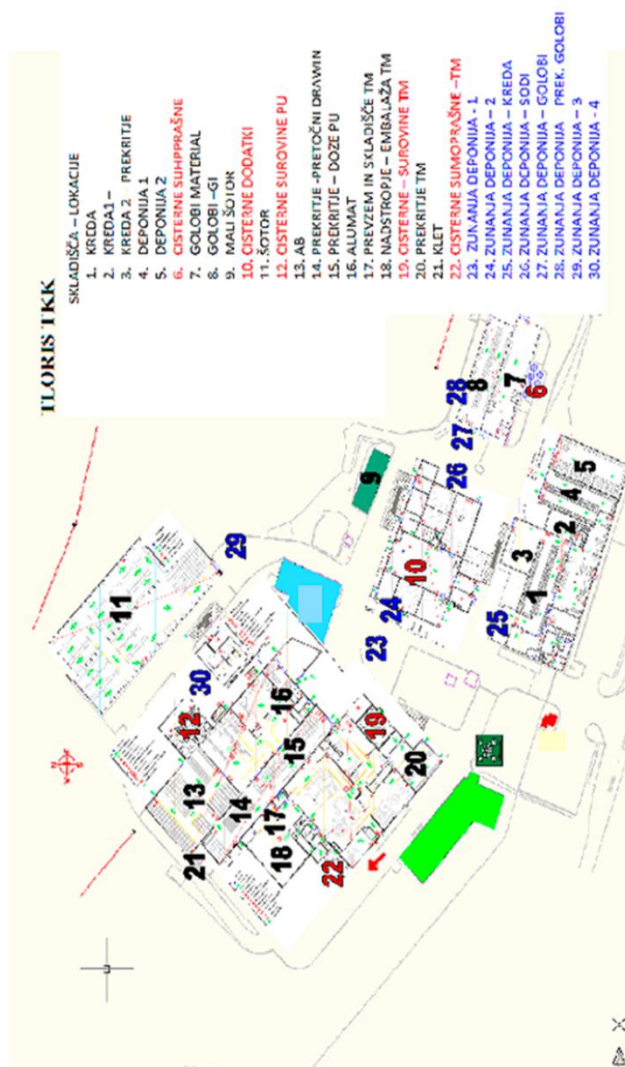
### **4.2 Trenutno stanje**

Trenutno je skladišče organizirano tako, da se skladišči material in izdelke posebej. Skupno je kapaciteta skladišča 12.000 paletnih mest, približno polovica za surovine in polovica za gotove izdelke. Nekateri prostori skladiščenja so nezasedeni, ker so rezervirani za določen material ali izdelek, to pa pomeni, da so nekateri materiali in izdelki logistično neustrezno skladiščeni, kar predstavlja predolge transportne poti.

V TKK izdelujemo 60 % izdelkov za znanega kupca (v njegovi blagovni znamki) in 40 % v TKK blagovni znamki. Zaradi take strukture je tudi skladiščenje različno organizirano. Za znane kupce se po naročilu zbirajo izdelki kar v deponiji za odpremo, medtem ko se za TKK izdelke določi minimalna oz. maksimalna zaloga. Glede na frekvenco in količino posameznega izdelka bi morali izdelke razvrstiti v skupine A, B, C, kar trenutno še ni organizirano.

## 4.2.1 Lokacija skladišča

Trenutno je na lokaciji podjetja več prostorov (slika 12) za skladiščenje surovin in embalaže, iz katerih se material v proizvodnjo večinoma prevaža z baterijskimi viličarji. Na teh lokacijah so shranjene surovine in embalaža za vse tri proizvodne obrate, tj. tesnilne mase, poliuretanske pene in dodatke za gradbeništvo. Mednje spadajo: doze, kartuše, konice, bati, suhe surovine v vrečah, tekoče surovine v 1 m<sup>3</sup> kontejnerjih, kartonasta embalaža, palete vseh vrst, plastični in kovinski sodi ... Ostali drobni material, kot so etikete in podobno, pa so shranjene na območju skladišča proizvodnje.



Slika 12: Porazdelitev skladišč na območju podjetja (arhiv TKK)

### **4.3 Procesi skladišča**

Procesi skladišča so vse dejavnosti, ki so vezane na delovanje skladišča: prevzem, skladiščenje oz. hranjenje, komisioniranje ter odprema materiala. Ti procesi se ločijo še na način same obdelave določenega procesa, delimo pa jih na snovne in informacijske procese, ki potekajo sočasno.

#### **4.3.1 Prevzem**

V podjetju se opravljata količinski prevzem, ki ga opravlja služba skladišča, in kakovostni prevzem, ki ga opravlja vhodna kontrola.

Opravka imamo predvsem s surovinami in embalažo, ki se jih knjiži v Largo poslovno informacijski sistem.

a.) Informacijski prevzemni procesi:

- postopek najave dobave blaga
- postopek operativnega planiranja
- postopek priprave prevzema
- postopek obdelave podatkov prevzema
- dnevni pregled in poročila o prevzemu
- postopek planiranja dodelav.

a.) Snovni prevzemni procesi:

- postopek prevzema dobavne dokumentacije
- postopek identifikacije prevzema
- postopek kakovostne kontrole
- postopek količinske kontrole
- postopek označevanja blaga po namembnosti
- postopek deponiranja blaga pred uskladiščenjem
- postopek obnavljanja zalog dodelanega materiala
- postopek dodelav
- postopek določevanja silosnih lokacij skladišča



- postopek uskladiščenja in evidentiranja zalog na lokaciji.

### **4.3.2 Skladiščenje**

Po opravljenih vstopnih formalnostih se material prepelje na zanj določen prostor. Ker v proizvodnji za določene materiale, predvsem embalažo, ni dovolj prostora, se jih skladišči tudi v prostorih izven proizvodnega obrata in se ga po potrebi dostavlja v proizvodnjo oziroma skladišča na območju proizvodnje.

#### a.) Informacijski hrambni procesi:

- strukturiranje skladišč in baznih podatkov
- sistem vodenja skladiščnih lokacij
- oblikovanje strukture zalog v logistiki
- upravljanje podatkov o zalogah v logistiki
- pridobivanje informacij o zalogah
- sistemsko preskladiščenje artiklov.

#### b.) Snovni hrambni procesi:

- osnovna postavitve zmogljivosti
- operativna kontrola zmogljivosti
- vzdrževanje oskrbnih mest
- redni nadzor kakovosti zalog in uporabnosti blaga
- umik poškodovanih in neuporabnih zalog.

### **4.3.3 Komisioniranje**

Komisioniranje je odvzem artiklov s skladiščnih lokacij. Lahko ga izvajamo ročno ali (delno) avtomatizirano.

V podjetju TKK imamo opravka s komisioniranjem surovin in embalaže v proizvodnjo ter komisioniranjem gotovih izdelkov (GI) iz skladišča za odpremo kupcu.

a.) Informacijski komisionirni procesi:

- obdelava naročil kupcev
- disponiranje naročil kupcev
- terminiranje komisioniranja
- razpis nalogov za komisioniranje

b.) Snovni komisionirni procesi:

- planiranje distribucijskih poti
- pregled poti in razpis opreme
- priprava komisioniranja in komisioniranje
- formiranje pošiljk v odpremi
- zaključek komisioniranja distribucijskih poti.

#### **4.3.3.1 Komisioniranje v proizvodnjo**

Planer proizvodnje po nalogu prodajne službe izda v proizvodnjo PDN (proizvodni delovni nalog) z natančnim opisom potrebnega materiala. Izmenovodja izda materialno prenosnico proizvodnemu skladišču, ki izda potreben material v proizvodnjo. Navadno se ga izda več, kot je treba za pakiranje. Pri tem se, glede na materialno prenosnico, evidentira izdaja materiala iz skladišča. Za to poskrbi skladiščnik z vpisom v Largo. Sledi prevoz materiala do prevzemnega mesta v proizvodnji.

Ko se proces v proizvodnji za določen izdan material konča, se opravita prejem in knjiženje preveč izdanega materiala iz proizvodnje.

#### **4.3.3.2 Komisioniranje gotovih izdelkov za odpremo kupcu**

Ko se proces določenega izdelka v proizvodnji konča, se ga dostavi na prevzemno mesto v skladišču, kjer se opravita količinska kontrola in priprava (povijanje palet) za transport. Opravi se vpis oziroma potrditev količine določenega izdelka v poslovno informacijski sistem Largo. Sledi prevoz do regalnega skladišča, kjer se shrani do odpreme kupcu.

#### 4.3.4 Odprema

Odprema se v podjetju izvaja na za to pripravljenih mestih – rampah. Izdelki za odpremo kupcu se komisionirajo po dobavnici. Hkrati se odpiše količina izdelka po materialni prenosnici iz skladišča. Tako je izdelek pripravljen za natovarjanje in transport. Sledi le še izdelava računa.

a.) Informacijski odpremni procesi:

- priprava odpremne dokumentacije.

b.) Snovni odpremni procesi:

- končna izhodna kontrola pošiljk
- odprema in potrditev odpreme.

(TKK Logistika, 2010)

#### 4.4 Viri skladišča

Viri zajemajo vsa sredstva, opremo in osebje, ki so potrebni za obratovanje skladišča. To so skladiščne enote, kot so palete iz lesa, 1m<sup>3</sup> kontejnerji, sodi, plastenke in kartonaste škatle.

Prostori, kjer so shranjene skladiščne enote, so skladiščni sistemi. V našem primeru so to regali, pretočni regali in silosi za prašnate in tekoče surovine. Komisionarna oprema, s katero razpolagamo v skladišču podjetja, so ročni transporterji, baterijski in dizel viličarji, paletirni stroji ter računalniški sistem Largo. Za usklajeno delovanje skladišča je pomemben vir tudi osebje. To so vodja skladišča, pomočnik vodje in skladiščniki. V skladiščih TKK se v različnih prostorih nahajajo različni regali glede na višino prostora. To so navadni regali, fiksni pretočni regali, pretočni regali, skladiščni transportni regali – paternoster – in skladiščne posode – cisterne, ki so skladiščene na tleh (v prostoru in na prostem). Za transport in skladiščenje je v uporabi 22 viličarjev. Viličarji so električni, dizel in ročni, z različno možnostjo transporta, težo tovora in višino zlaganja v regale. Skladiščni regali so se nabavljali v različnih obdobjih z različnimi, tudi nestrokovnimi odločitvami o ustreznosti. Tako

je material skladiščen v navadne regale, premične regale in na tla, medtem ko so končni izdelki skladiščeni v navadne regale, fiksne in pretočne regale ter na tla.

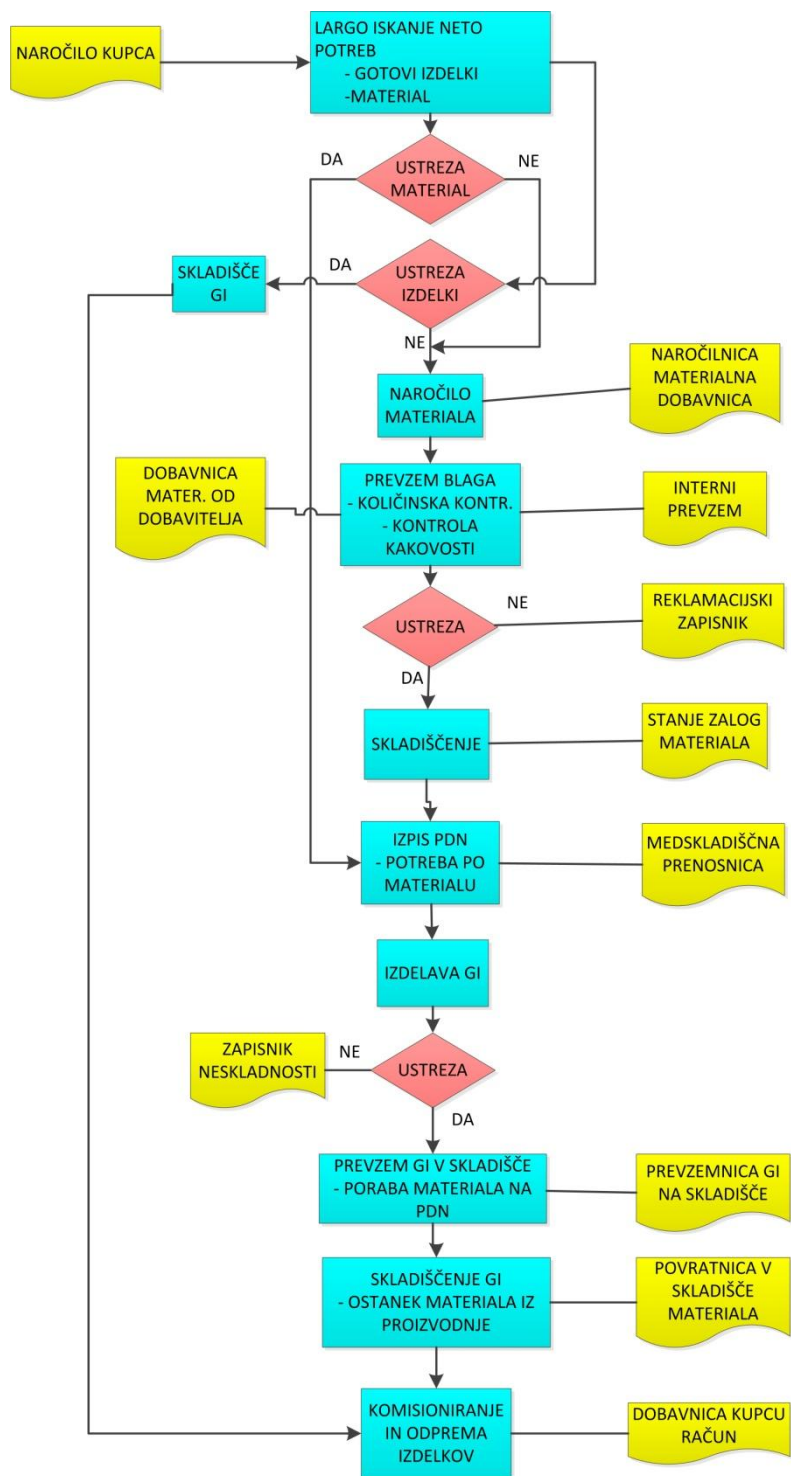
Problematični so fiksni pretočni regali. Dobra stran teh regalov je, da omogočajo večje število paletnih mest na določeni tlorisni površini in za velike količine enega izdelka. Ob nepravilni montaži, kjer ga je možno polniti in prazniti z ene strani, pa so veliki problemi – veliko prekladanja zaradi FIFO (ang. first in first out) sistema.

#### **4.5 Organizacija skladišča**

Skladišče v podjetju TKK sloni na sistemu FIFO. To velja tako za surovine, ki gredo iz skladišča v proizvodnjo, kot za gotove izdelke iz proizvodnje za odpremo. Posebno mesto v skladišču je namenjeno tudi kupcem, ki zahtevajo točno določen rok trajanja. Pri tem je pomembna sledljivost materiala. Velika slabost organizacije skladišča v podjetju je razdrobljenost paletnih mest na več lokacijah, ki niso računalniško evidentirane s črtnimi kodami, ampak vse bazira zgolj na pomnjenju osebja v skladišču. Tako prihaja včasih do napak zaradi človeškega faktorja in posledično do velikih zapletov.

#### **4.6 Informacijski sistem Largo**

Integralni informacijski sistem Largo podjetja Perftech ima več modulov. Z integralno logistiko TKK (slika 13) so povezani moduli prodaje, nabave, proizvodnje in glavna knjiga. Vse aktivnosti, ki potekajo preko teh modulov, se preko Largo sistema transformirajo v dokumente. To so naročila nabave, prevzemnice materiala, medskladiščne prenosnice, povratnice, naročila kupcev, prevzemnice izdelkov, dobavnice izdelkov in račun.



Slika 13: Potek aktivnosti podjetja v sistemu Largo

#### 4.7 Stroški skladiščenja

Trenutno stanje glede porabljenega časa, energije, mehanizacije in napak zaradi človeškega faktorja ni optimalno, kar posledično pripelje do visokih stroškov.

Tabela 1 prikazuje mesečne (16.710,48 evra) in letne stroške (255.776,76 evra) najemnih skladišč izven podjetja ter Šotor in Krede na območju podjetja. Sem sodijo stroški najema prostora, elektrike, komunalnih storitev, prevozov gotovih izdelkov in prevoza delavca na mesto najetega skladišča ter stroškov, ki nastanejo pri uporabi skladišč Šotor in Kreda. To so zavarovanje, ogrevanje, vzdrževanje in prevozi z viličarji, njihovo vzdrževanje ter vzdrževanje človeške delovne sile. Skupna kapaciteta teh skladišč je 3945 paletnih mest, kar pomeni, da so letni stroški na paletno mesto skoraj 65 evrov. Za skladiščna mesta na območju podjetja je povprečni strošek okoli 57 evrov na paletno mesto.

Za ostalih približno 8000 paletnih mest, ki so hranjena na območju podjetja, ni podatka o ocenah stroškov.

Tabela 1: Stroški skladiščenja in logistike v najetih skladiščih ter skladiščih Šotor in Krede za leto 2006 (arhiv TKK)

SKLADIŠČA /LOGISTIKA	VRSTA STROŠKA	MESEČNI STROŠEK	LETNI STROŠKI	PALETNA MESTA
Skladišče Poljubinj	najemnina	6.000,00 €	72.000,00 €	1400
	prevozi/logistika	742,00 €	8.904,00 €	
	prevozi – vodja skla. (2 x na teden)	192,00 €	2.304,00 €	
Šotor	Zavarovanje (šotor)		13.940,00 €	1800
	Ogrevanje (25.250 l za 5 °C)		15.150,00 €	
Škofja Loka	Najemnina	2.340,00 €	28.080,00 €	300
	Stroški dislokacije - elektrika - ogrevanje - komunala	1.045,00 €	12.540,00 €	
	prevozi surovin, GI		3.412,00 €	
Interna Logistika	prevozi - šotor :			445
	- 4 viličarji			
	- vzdrževanje viličarjev, dizel gorivo		5.396,00 €	
	- 1 skladiščnik	1.317,00 €	15.804,00 €	
	- 3 posluževalci	2.818,11 €	33.817,32 €	
	prevozi – kreda:			
	- viličar			
	- vzdrževanje viličarjev		1.349,00 €	
	- 2 skladiščnik	1.317,00 €	31.608,00 €	
	- 1 posluževalec	939,37 €	11.272,44 €	
	<b>skupaj</b>	<b>16.710,48 €</b>	<b>255.576,76 €</b>	<b>3.945</b>

## 5 MOŽNOSTI ZA POSODOBITEV

Ker so stroški skladiščenja, predvsem najemnih skladišč Šotor in Krede, precej visoki, v podjetju razmišljajo o posodobitvi. Pri tem sta na voljo dve možnosti, in sicer: sanacija skladiščnega prostora Šotor in izgradnja novega visokoregalnega avtomatskega skladišča.

### 5.1 Sanacija Šotor

Sanacija in zvišanje skladiščnega prostora Šotor bi omogočila pridobitev cca. 1400 paletnih mest. Namen je bil, da bi se prostor dvignil iz dosedanjih max. 5 m višine na od 7 do max. 10 m. To bi dosegli s postavitvijo nove montažne industrijske hale. Ob tem bi morali zamenjati dotrajane viličarje, za zmanjšanje napak pri delu in natančnosti interne logistike pa prostor ustrezno informatizirati. Ocena investicije je prikazana v tabeli 2. Pri tem bi pridobili na kapaciteti skladišča toliko, da bi poleg obstoječih 1800 paletnih mest vanj prenesli še 1400 paletnih mest iz najetega skladišča Poljubinj in se tako rešili stroškov v povezavi s tem skladiščem (najemnina, prevozi). Zmanjšali bi se tudi stroški ogrevanja (trenutno 15.150 evrov na leto), saj bi jih nov montažni objekt s svojimi karakteristikami precej zmanjšal. Ob tem pa se je pojavil problem nosilnosti obstoječih tlakov, saj so bili izdelani za nosilnost 5 ton/m<sup>2</sup>, kar ustreza višini 5 m. Posodobljeno skladišče pa naj bi bilo visoko 10 m, kar bi pomenilo tudi večjo nosilnost tlakov, tj. od 7 do 10 t/m<sup>2</sup>. Zaradi tega se je projekt posodobitve Šotor ustavil.

Tabela 2: Ocena investicije sanacije skladiščnega prostora Šotor

<b>Montažna hala</b>	670.951 €
<b>Viličarji</b>	144.000 €
<b>Informatizacija</b>	150.000 €
<b>Ostalo</b>	24.951 €
<b>Skupaj</b>	989.902 €
<b>Investicija na paletno mesto</b>	310 €



## 5.2 Gradnja novega skladišča

Druga možnost je izgradnja visokoregalnega avtomatskega skladišča. Zasnovano naj bi bilo na posluževanju z avtomatiziranimi regalnimi dvigali in transportnim sistemom, komisioniranje in priprava tovornih enot za odpremo blaga znanim kupcem pa bi potekala ročno. V visokoregalnem avtomatskem skladišču bi skladiščili gotove izdelke programov tesnilnih mas (TM) in poliuretanske pene (PU) ter embalažo (doze, kartuše) za PU in TM. Tako bi opustili vse lokacije najemnih skladišč Šotora in Krede. Nastale proste lokacije bi nato izkoristili za širitev proizvodnje.

Locirano naj bi bilo vzdolž severozahodne stranice obstoječih proizvodnih objektov. Dimenzije skladišča naj bi bile 92 metrov dolžine, 15 metrov širine in 20 metrov višine. Le-te so se določile glede na prostorske omejitve (širina, višina) in zahtevano kapaciteto 4000 paletnih mest. Po širini bi bilo skladišče omejeno na 15 metrov, in sicer zaradi mejnika, po višini pa ga omejuje prostorski načrt Občine Bovec, ki dovoljuje gradnjo stavb le do višine 16 metrov, zato bi morali za višino 20 metrov kopati v globino.

Kljub temu da bi bila investicija razmeroma visoka (tabela 3), pa bi se v primerjavi s posodobitvijo obstoječega stanja dolgoročno rešili prenekaterih stroškov, ki trenutno obremenjujejo poslovanje skladišča in znašajo na letni ravni približno 255.276 evrov. Zmanjšale bi se transportne poti med proizvodnjo in skladiščem, zmanjšali bi se stroški zaposlenih, viličarjev, skladišče bi bilo ustrezno informatizirano, ne bi prihajalo do napak zaradi človeškega faktorja, rešili bi problem dislociranosti, ker bi ukinili najemna skladišča in z njimi povezane stroške.

Tabela 3: Ocena investicije novega skladišča

<b>Arhitektura in oprema</b>	316.500 €
<b>Gradbena in obrtniška dela</b>	628.360 €
<b>Gradbene jeklene konstrukcije</b>	728.500 €
<b>Elektro instalacije</b>	149.840 €
<b>Strojne instalacije</b>	629.500 €
<b>Elaborati</b>	11.300 €
<b>Transportno skladiščni sistem</b>	1.221.800 €
<b>Ostalo</b>	314.200 €
<b>Skupaj</b>	4.000.000 €
<b>Investicija na paletno mesto</b>	1000 €

### 5.2.1 Visokoregalno skladišče

Avtomatsko visokoregalno skladišče ima dva dela:

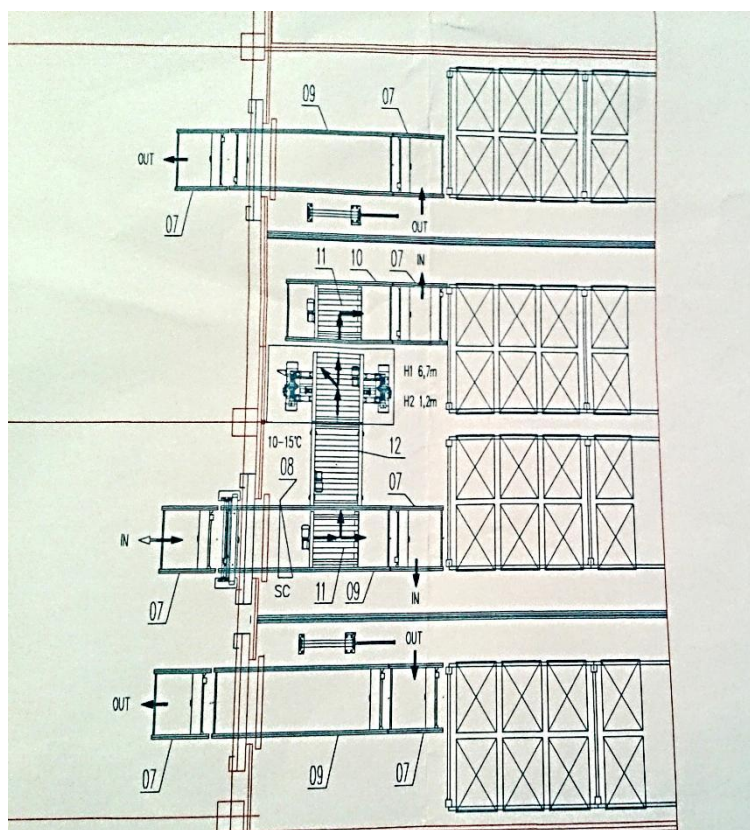
- transportni sistem, ki omogoča, da palete pridejo do mesta, kjer jih prevzamejo dvigala
- regalni del, ki je sestavljen iz konstrukcije in dvigal.

Transportni sistem v visokoregalnih skladiščih omogoča dovoz palet z blagom do mest pred regali, kjer jih prevzamejo regalna dvigala, oz. odvoz izpred regalov in določene manipulacije s paletami (preusmerjanje, obračanje, tehtanje ...) (Celovita rešitev regalnih skladišč, 2011).

Naročila kupcev se zbirajo in obdelujejo v ERP sistemu. Ta se avtomatsko prenesejo v WMS in v določenem trenutku predajo v izvajanje. To pomeni, da transportni sistem skladišča pripelje vse manjkajoče palete v komisionirne regale in je naročilo vidno na ročnem terminalu, s pomočjo katerega delavec izdelava komisij. Ko je naročilo izvedeno, se podatki o dejanskih izdelkih in količinah, ki so bili komisionirani, prenesejo nazaj v ERP sistem, kjer se izpiše tudi dobavnica tega naročila (Avtomatsko regalno skladišče, 2011).

Sestavni del transportnega sistema (slika 14) so verižni in valjčni transporterji, dvižna miza (kot 90 °) in gabaritna kontrola. Proces se začne na vhodni točki, kjer

skladišnik z viličarjem odloži paletno enoto na vhodni transporter. Zaradi identifikacije na paletu nalepimo črtno kodo. Ko je paleta pripravljena, pritisnemo gumb, da se transport začne. Paleta se po verižnem transporterju najprej zapelje skozi avtomatski čitalec črtno kode in nato skozi gabaritnik. V gabaritniku so nameščeni senzorji za preverjanje ustreznih dimenzij palete. Če dimenzije ustrezajo, verižni transporter prepelje paletu na dvižno mizo (kot 90 °), kjer se paleta poravnava in nato transportira na prevzemno mesto, kjer jo prevzame dvigalo in jo zapelje na prazno regalno mesto. V primeru neustreznih dimenzij se opravi enak proces, le da palete ne prevzame dvigalo, ampak jo sistem izloči na izhodni točki. V procesu praznjenja pa dvigalo vzame zahtevano paletu in jo odloži na izhodni transporter, kjer jo prevzame viličar.



Slika 14: Transportni sistem

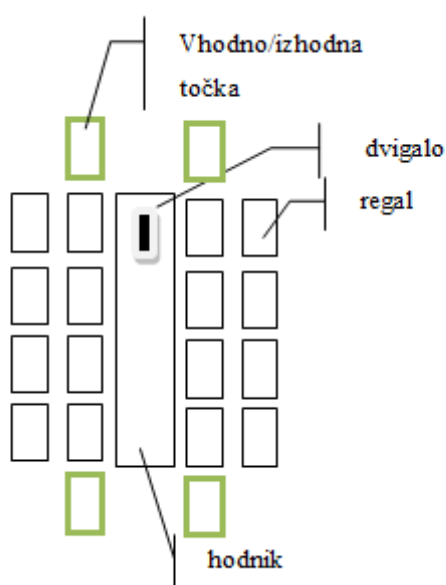
### 5.2.2 Možne postavitev regalne konstrukcije

Glede na omejene dimenzije skladiščnega prostora bi želeli takšno postavitev, ki bi pri zahtevanem pretoku 230 palet v dveh izmenah omogočala čim večjo kapaciteto

skladiščenja. V nadaljevanju bomo obravnavali več možnih postavitev regalov in za vsak primer tudi ustrezen tip avtomatskega dvigala.

- **1 hodnik, 1 dvigalo**

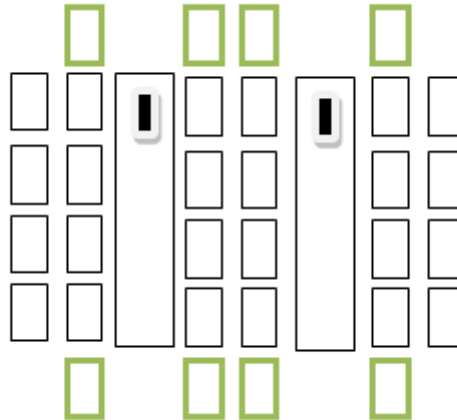
Skladišče je narejeno iz enega hodnika, po katerem se giblje regalno dvigalo (slika 15). Na obeh straneh so nameščeni regali z dvoglobinskimi odprtini za palete. Iz velikosti skladišča in velikosti palete izračunamo število regalnih mest: po X osi 96, po Y osi 16 ter po Z osi 2, kar znese skupno 6144 regalnih mest.



Slika 15: Skladišče 1 hodnik, 1 dvigalo

- **2 hodnika, 2 dvigali**

Vsak hodnik v skladišču je opremljen s svojim regalnim dvigalom, ki se giblje med bloki dvoglobinskih regalov, kot je prikazano na sliki 16. Iz velikosti skladišča in velikosti palete izračunamo število regalnih mest: po X osi 96, po Y osi 16 ter po Z osi 2, kar znese skupno 9216 paletnih mest.

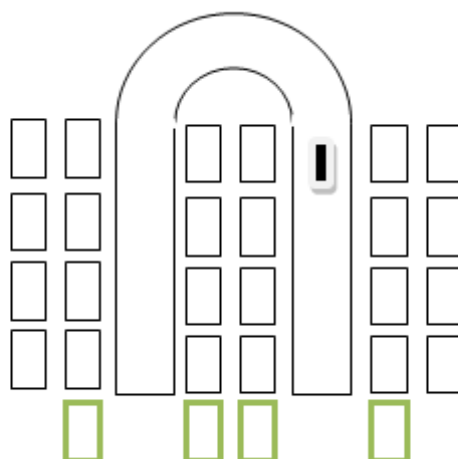


Slika 16: Skladišče 2 hodnika, 2 dvigali

V teh dveh primerih skladišč lahko uporabimo enako regalno dvigalo z vilicami dvojne globine. Avtomatsko ravninsko dvigalo se giblje samo v enem hodniku. Regalno dvigalo opravlja vse manipulacije s paletami med regali in je prilagojeno različnim oblikam in težam palet. V regalnih hodnikih se dvigalo premika po tirnici, zgoraj pa je vodeno z vodilom. V uporabi je eno- ali dvosteberno, odvisno od teže bremena in višine konstrukcije. Za prevzemanje bremena se uporabljajo teleskopske vilice. Gradi se jih do višine 40 metrov.

- **2 hodnika, povezana s krivino, 1 dvigalo**

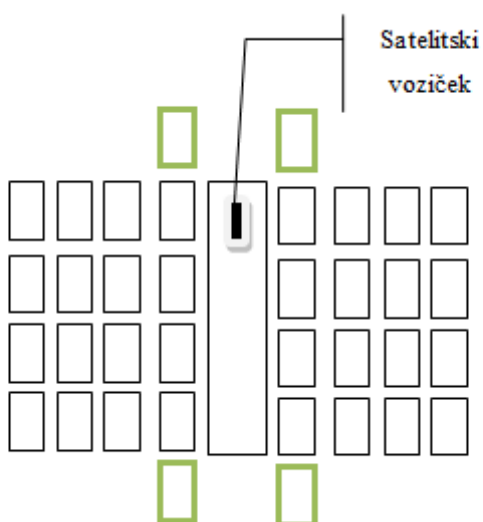
Regalno dvigalo je postavljeno v hodnik, ki se zaključi s krivino za prehod v drugi hodnik (slika 17). Iz velikosti skladišča, palete in krivine izračunamo število regalnih mest: po X osi 88, po Y osi 16 ter po Z osi 2, kar pomeni skupaj 8448 paletnih mest, vendar pa za razliko od prejšnje variante potrebujemo le eno dvigalo. Obstajata varianti z 1 ali 2 vstopnima točkama, ki pa so za razliko od prejšnjih lahko le na eni strani konstrukcije.



Slika 17: Skladišče 2 hodnika s krivino, 1 dvigalo

- **1 dvigalo na sredini s satelitskim vozičkom**

Na sliki 18 je shematsko prikazano dvigalo s satelitskim vozičkom. Satelitski voziček je lahek baterijski voziček, ki ga namestimo na avtomatsko regalno dvigalo. Regali so narejeni tako, da voziček zapelje pod paleto in tako naloži skladiščene izdelke iz dvigala v regale. Iz dimenzije skladišča izračunamo število palet vzdolž hodnika (X os), kar znese 96, ter število palet po višini (Y os), to je 16. V našem primeru imamo na vsaki strani hodnika po 4 palete v globino, kar znese 12.288 paletnih mest.



Slika 18: Skladišče 1 dvigalo na sredini s satelitskim vozičkom

## 6 SIMULACIJA DELOVANJA REGALNEGA DVIGALA

Pri izbiri tehnologije skladišča je bistveno, da izbrana rešitev omogoča dovolj veliko pretočnost skladišča. Za ocenjevanje uporabljamo navadno povprečen čas cikla, ki je definiran s standardom FEM.

FEM (ang. The European Federation of Materials Handling) je organizacija, ki je razvila standard na področju industrijskih in skladiščnih dvigal ter druge opreme, katere namen je spodbujanje tehničnega napredka in varnosti pri delu na tem področju (Mission & Objectives, 2011).

Ta standard pa določa postopek za izračun časov le za ravninska dvigala. V našem primeru bi želeli oceniti kapaciteto za vse tri različice: ravninsko dvigalo, krivinsko dvigalo in dvigalo s satelitom. Zato smo se odločili narediti simulacijo delovanja dvigal.

Simulacija bo izvedena za vse tri primere, s tem da bomo rezultate za ravninsko dvigalo lahko primerjali z rezultati po FEM . Simulacijo delovanja visokoregalnega dvigala smo opravili s programskim paketom Matlab. To je interaktivni program za numerično računanje in prikazovanje podatkov. V regulacijah se uporablja za načrtovanje in analizo.

### 6.1 Osnovna izhodišča in parametri

Namen simulacije delovanja avtomatskega regalnega dvigala je bil prikazati, koliko časa potrebuje avtomatsko dvigalo, da obiše izbrano število naključnih lokacij. Pri tem ločimo dva tipa ciklov:

**Enojni cikel:** dvigalo na vhodni lokaciji prevzame paleto, jo pelje do mesta v skladišču, tam odloži in se prazno vrne na izhodiščno lokacijo.

**Dvojni cikel:** dvigalo na vhodni lokaciji prevzame paleto, jo pelje do mesta v skladišču, tam odloži, se pelje do druge lokacije, naloži paleto in jo pripelje na izhodiščno točko.

Vrednosti parametrov simulacije so navedene v tabeli 4.

Tabela 4: Vrednost parametrov pri simulaciji

Parameter	Ravninsko	Krivinsko	Dvigalo s satelitom
Dolžina proge	92 m	88 m	92 m
Višina	20 m	20 m	20 m
Globina vilic	1,4m	1,4 m	1,4 m
Hitrost po osi x	0,48 m/s	0,48 m/s	0,48 m/s
Pospešek po osi x	3,93 m/s <sup>2</sup>	3,93 m/s <sup>2</sup>	3,93 m/s <sup>2</sup>
Hitrost po osi y	1,97 m/s	1,97 m/s	1,97 m/s
Pospešek po osi y	0,97 m/s <sup>2</sup>	0,97 m/s <sup>2</sup>	0,97 m/s <sup>2</sup>
Hitrost po osi z	1,67 m/s	1,67 m/s	0,76 m/s
Pospešek po osi z	0,76 m/s <sup>2</sup>	0,76 m/s <sup>2</sup>	0,76 m/s <sup>2</sup>

## 6.2 Izračun časov posameznega premika

Osnova simulacije je računanje časov enojnega in dvojnega cikla. Vsak cikel razdelimo na posamezna elementarna gibanja in za vsako od teh določimo čas. Pri izračunu časa upoštevamo, da gre za enakomerno pospešeno gibanje do končne hitrosti  $v_k$  in enakomerno gibanje od te hitrosti dalje do začetka zaviranja. Primer hitrosti dvigala v vseh treh smereh je podan na sliki 19.

Za enakomerno pospešeno gibanje velja povezava:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad (1)$$

$v_0$  – začetna hitrost

$a$  – pospešek

$t$  – čas gibanja.

Za enakomerno gibanje pa velja:

$$s = v_0 t, \quad (2)$$

$v_0$  – hitrost gibanja.



Pri simulaciji poznamo pot, ki jo mora dvigalo opraviti, izračunati pa moramo čas. Zato moramo gibanje razdeliti na tri dele:

- enakomerno pospeševanje
- enakomerno gibanje
- enakomerno zaviranje.

Ločiti moramo dva primera:

- a) V primeru, ko dvigalo doseže končno hitrost, je skupna pot enaka vsoti poti enakomerno pospešenega, enakomernega gibanja ter zaviranja, in velja:

$$s = \frac{1}{2}at_0^2 + v_k(t - 2t_0) + v_k t_0 - \frac{1}{2}at_0^2, \quad (3)$$

$t_0$  – čas pospeševanja

$v_k$  – končna hitrost

$t$  – skupni čas

$s$  – skupna pot.

Iz enačbe (3) dobimo:

$$t = \frac{s + t_0 v_k}{v_k}. \quad (4)$$

- b) V primeru, da je skupna pot krajša od vsote poti pospeševanja in zaviranja, pa dvigalo sploh ne doseže končne hitrosti, in v tem primeru velja:

$$s = \frac{1}{2}a\left(\frac{1}{2}t\right)^2 + \left(\frac{1}{2}tv_k - \frac{1}{2}a\left(\frac{1}{2}t\right)^2\right) \quad (5)$$

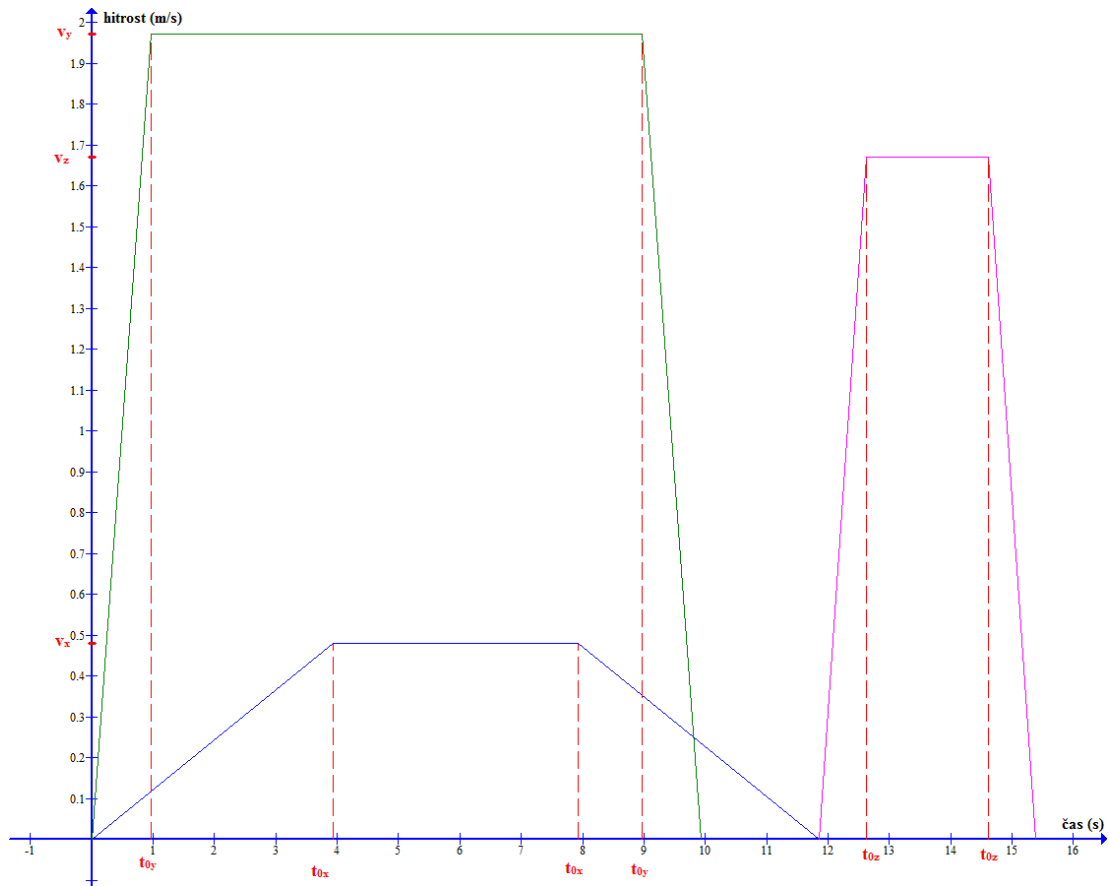
$v_k$  – končna hitrost,

$t$  – skupni čas,

$s$  – skupna pot.

Iz enačbe (5) dobimo:

$$t = \sqrt{\frac{4s}{a}} \quad (6)$$



Slika 19: Graf hitrosti v odvisnosti od časa (modra krivulja – x os, zelena krivulja – y os, rdeča krivulja – z os)

Na podlagi teh formul smo v paketu Matlab izdelali simulacijo povprečnega časa za enojni in dvojni cikel za tri vrste dvigalo: ravninsko dvigalo, krivinsko dvigalo in dvigalo s satelitskim vozičkom.

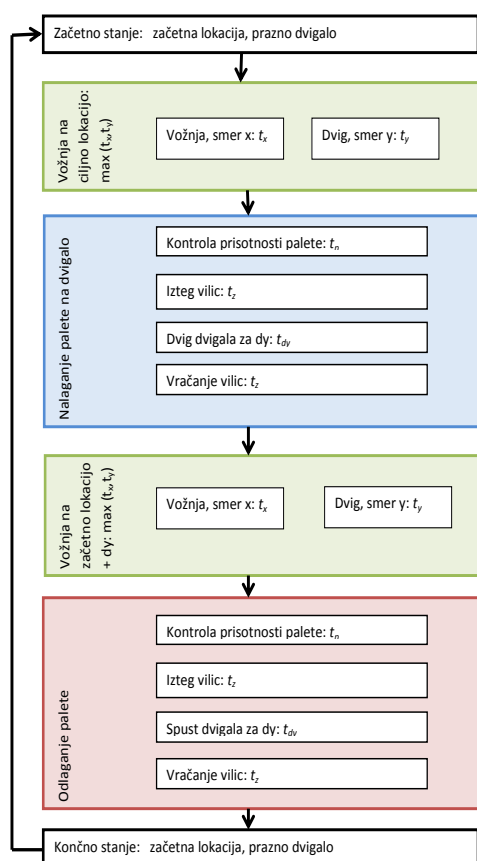
### 6.3 Algoritem in rezultati

Algoritem in rezultati simulacije so v nadaljevanju predstavljeni za vsak primer posebej. V vseh primerih simulacija temelji na naključni izbiri točk. Izberemo 1000 točk in zanje računamo čase uskladiščenja in izskladiščenja. Pri enojnem ciklu generiramo 1000 točk skladiščenja po enakomerni razporeditvi. Računamo povprečni čas cikla od izhodišča do naključno izbrane točke, nalaganje palete na voziček ter povratek vozička v izhodišče. Pri dvojnem ciklu generiramo 1000 parov naključnih

točk, torej 2000 točk, po enakomerni razporeditvi. Pri dvojnem ciklu dvigalo naloži paleto v izhodišču, jo odloži na prvi naključno izbrani poziciji, nato se premakne do druge pozicije, kjer naloži paleto in jo pripelje nazaj v izhodišče. Pri obeh simulacijah se računa povprečni čas cikla na 1000 vzorcih, poleg tega so prikazani tudi histogrami.

### 6.3.1 Ravninsko dvigalo enojni cikel

Na diagramu (slika 20) je prikazan vrstni red operacij pri upravljanju z ravninskim dvigalom. Dvigalo začne v izhodišču – točka (0,0) –, sledijo vožnja na naključno izbrano lokacijo (X,Y), nalaganje palete na dvigalo (os Z), vožnja na začetno lokacijo in odlaganje palete.

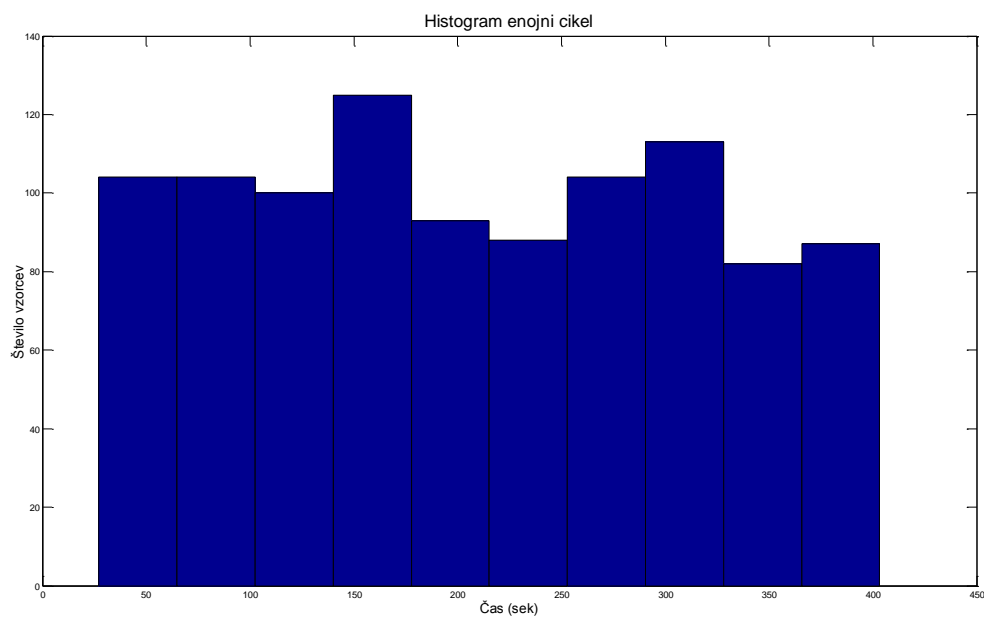


Slika 20: Diagram poteka ravninsko dvigalo

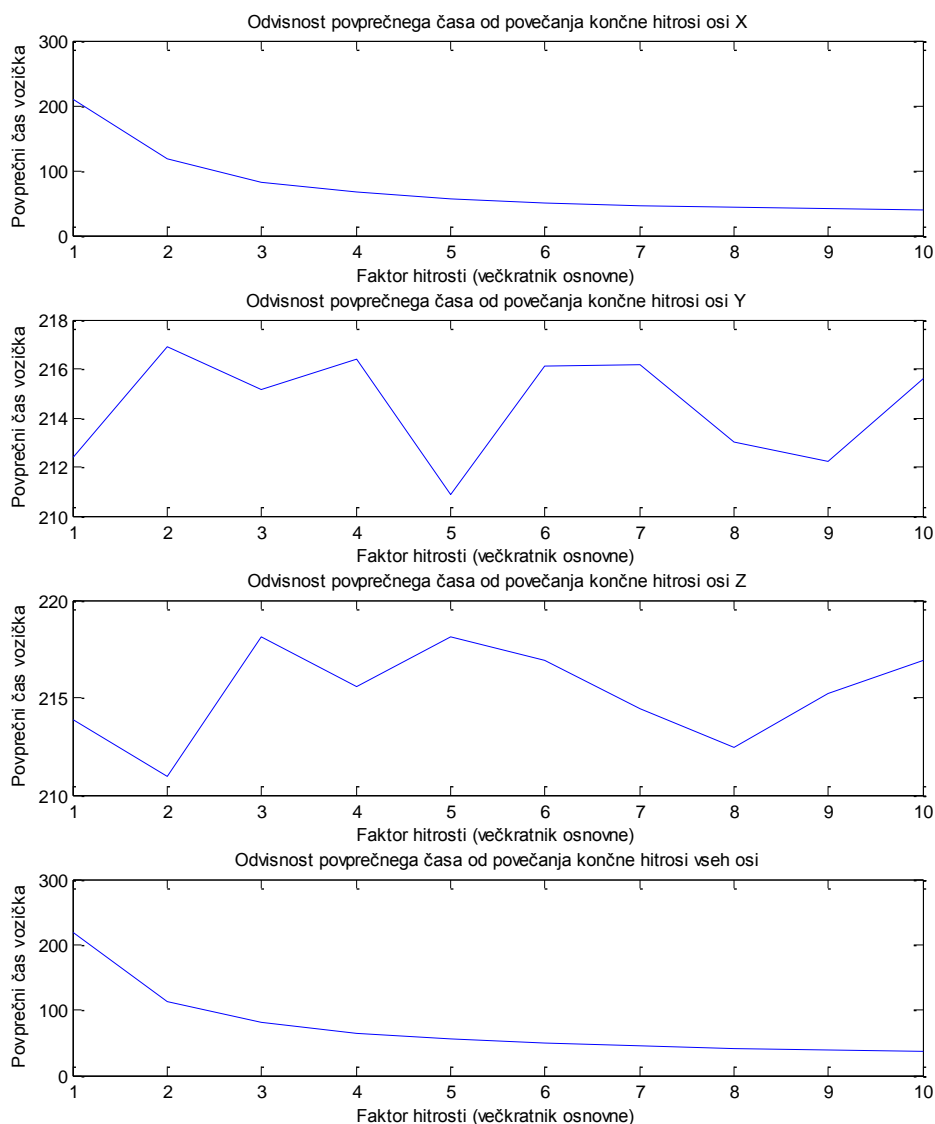
Povprečni čas za dostop do naključne palete, dobljen na vzorcu  $N = 1000$ , je znašal 213.6 sekunde. Časi so bili v razponu od 27,2 do 404,3 sekunde. Na histogramu

(slika 21) je razvidna enakomerna razporeditev časa cikla, kar je posledica enakomerne razporeditve naključno generiranih regalnih mest.

Metoda FEM (priloga 1) nam za iste parametre velikosti skladišča in hitrosti vozička vrne povprečen cikel čas 196,5 sekunde. Glede na minimalno odstopanje lahko sklepamo na pravilnost simulacije.



Slika 21: Histogram časov ravninsko dvigalo enojni cikel



Slika 22: Povprečni čas cikla po oseh X, Y, Z v odvisnosti od končne hitrosti

Poskusili smo povečevati končno hitrost gibanja vozička za vsako os posebej (slika 22). Kot vidimo iz grafikona, levji delež k skupnem povprečnemu času prispeva gibanje po osi X. Zanimivo je, da hitrost dviga (Y os) ne vpliva bistveno na celotni povprečni čas. Razlaga je v tem, da dvigalo istočasno premikamo po osi X in po osi Y, zaradi dimenzij prostora pa je čas premikanja po osi X precej večji in zato tudi najbolj vpliva na skupni čas.

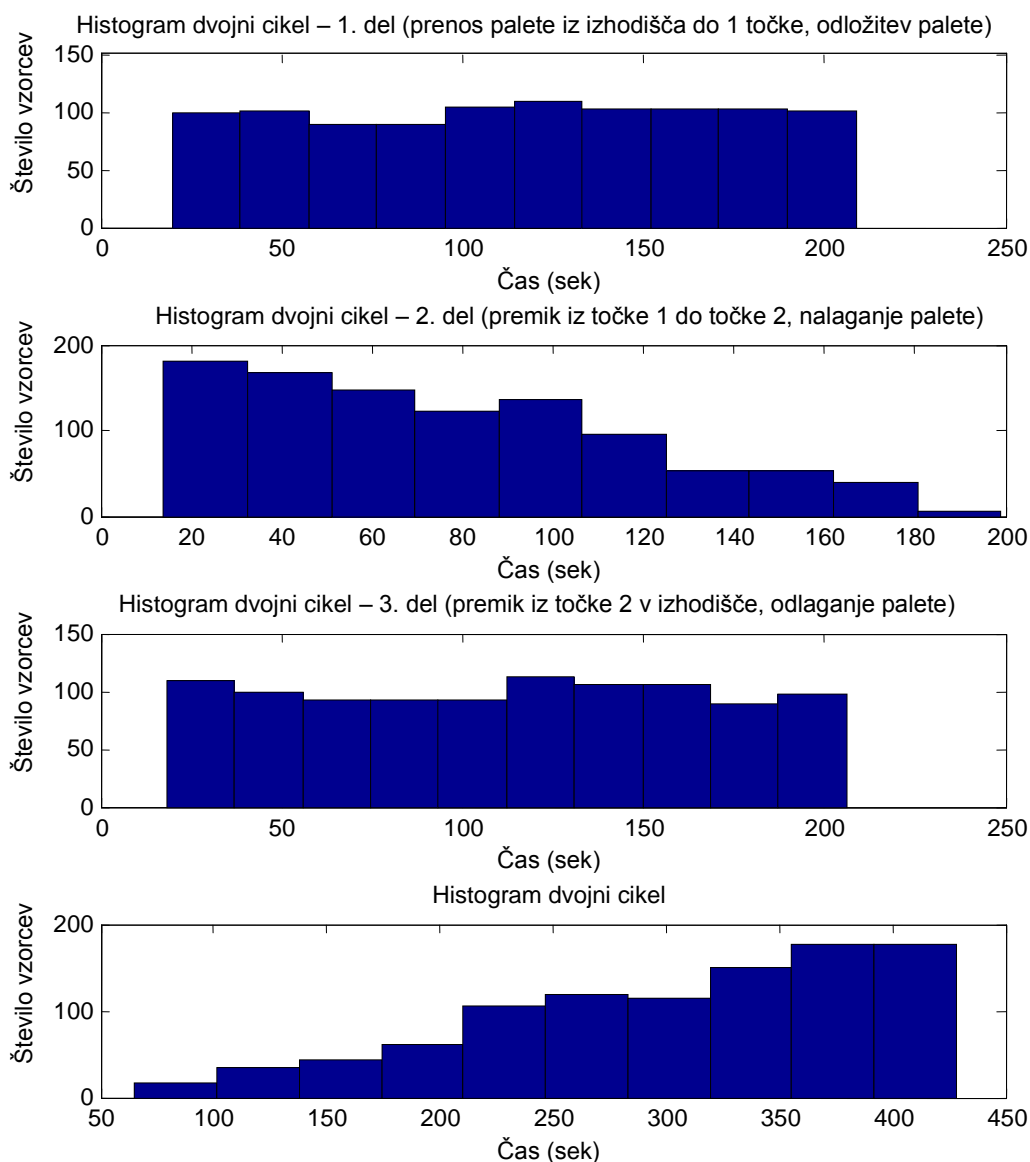
### 6.3.2 Ravninsko dvigalo dvojni cikel

Dvojni cikel je sestavljen iz treh gibanj:

1. prenos palete iz izhodišča do točke 1, odložitev palete
2. premik iz točke 1 do točke 2, nalaganje palete
3. premik iz točke 2 v izhodišče, odlaganje palete.

Histogrami (slika 23) so risani za vsako gibanje posebej, na koncu pa je označen še skupni čas. Prvi del je gibanje do naključno izbrane točke, in ker so točke enakomerno porazdeljene, so enakomerno porazdeljeni tudi ti časi. Enako velja za tretji del, vračanje iz naključno izbrane točke. Za drugi gib – to je gibanje med dvema naključno izbranimi točkama – pa je porazdelitev kombinacija dveh enakomernih porazdelitev. Če bi gledali samo razdaljo, bi šlo za konvolucijo in bi dobili trikotno porazdelitev. Vendar je v našem primeru preslikava nelinearna, saj moramo upoštevati absolutno vrednost razdalje, poleg tega pa dodatno nelinearnost vnese še formula za čas pri manjših razdaljah. Zato v porazdelitvi vidimo le polovico trikotnika oziroma enakomerno padajočo porazdelitev. Skupni čas je vsota vseh teh treh, njegova porazdelitev pa je prikazana na spodnjem grafu. Za razliko od enojnega cikla ni več enakomerna.

Povprečen čas je 303 sekund. Izračun po metodi FEM da rezultat 311 sekund. Kot vidimo, se rezultat simulacije dobro ujema z omenjeno metodo.

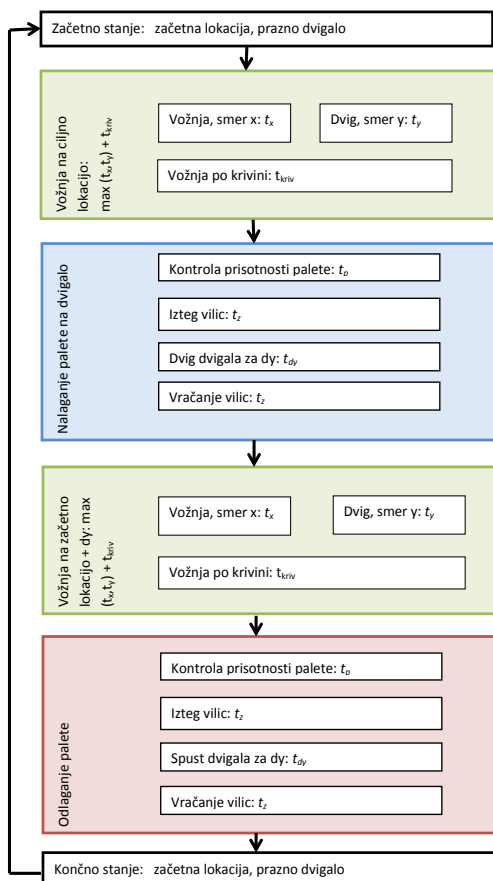


Slika 23: Histogram časov ravninsko dvigalo dvojni cikel

### 6.3.3 Krivinsko dvigalo enojni cikel

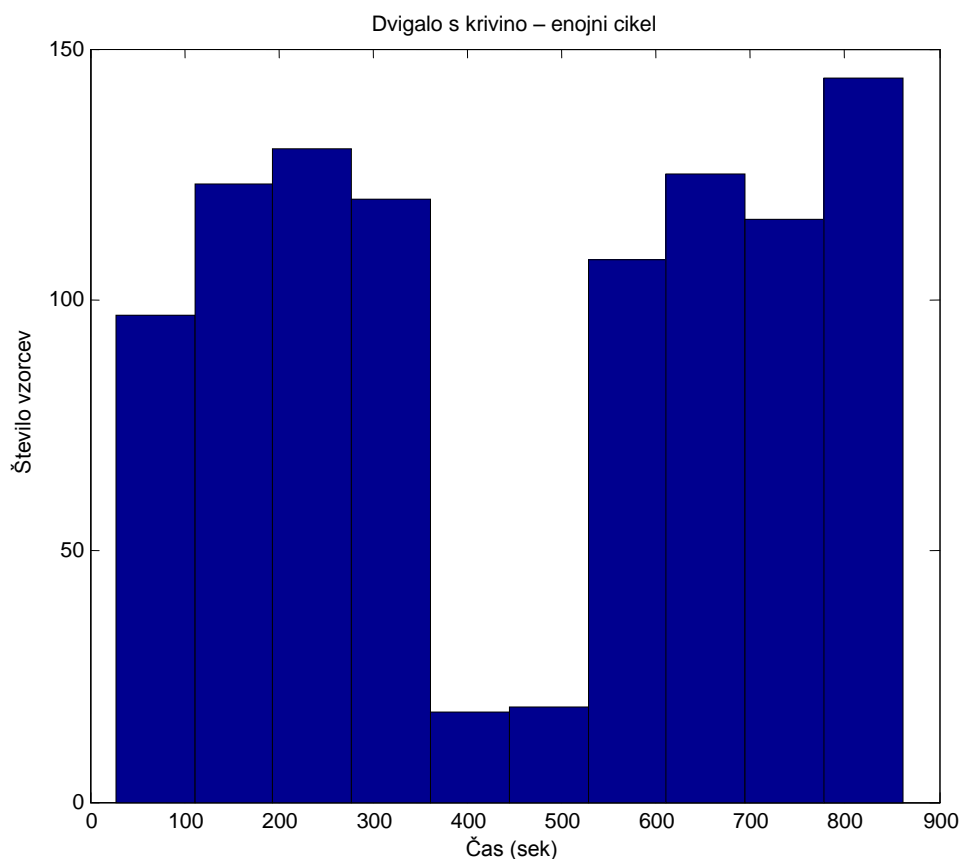
Potek gibanj za krivinsko dvigalo (slika 24) je enak kot pri prejšnjem primeru. Prazno dvigalo iz začetne točke se premakne do naključno izbranega regalnega mesta, naloži paleto ter se vrne na začetno lokacijo, kjer odloži paleto. Posebnost pri tem dvigalu je prehod krivine. Od tega, kje se nahaja naključno izbrano paletno mesto, je odvisno, ali bo dvigalo moralo prečkati krivino. Če imamo samo eno vhodno-izhodno točko, je porazdelitev časov, kot je prikazano na sliki 25, izrazito

bimodalna (ima dva »kupčka«), kar je posledica dejstva, da mora dvigalo v polovici primerov dvakrat prečkati krivino. Razlog je ta, da se polovica palet nahaja na hodniku 2, do katerega je treba prevoziti še krivino, kar čas cikla poveča za  $2 * t_{kriv}$ ; v naši simulaciji to znese pribitek 140 sekund. Povprečni čas je 445 sekund.



Slika 24: Diagram poteka dvigalo s krivino

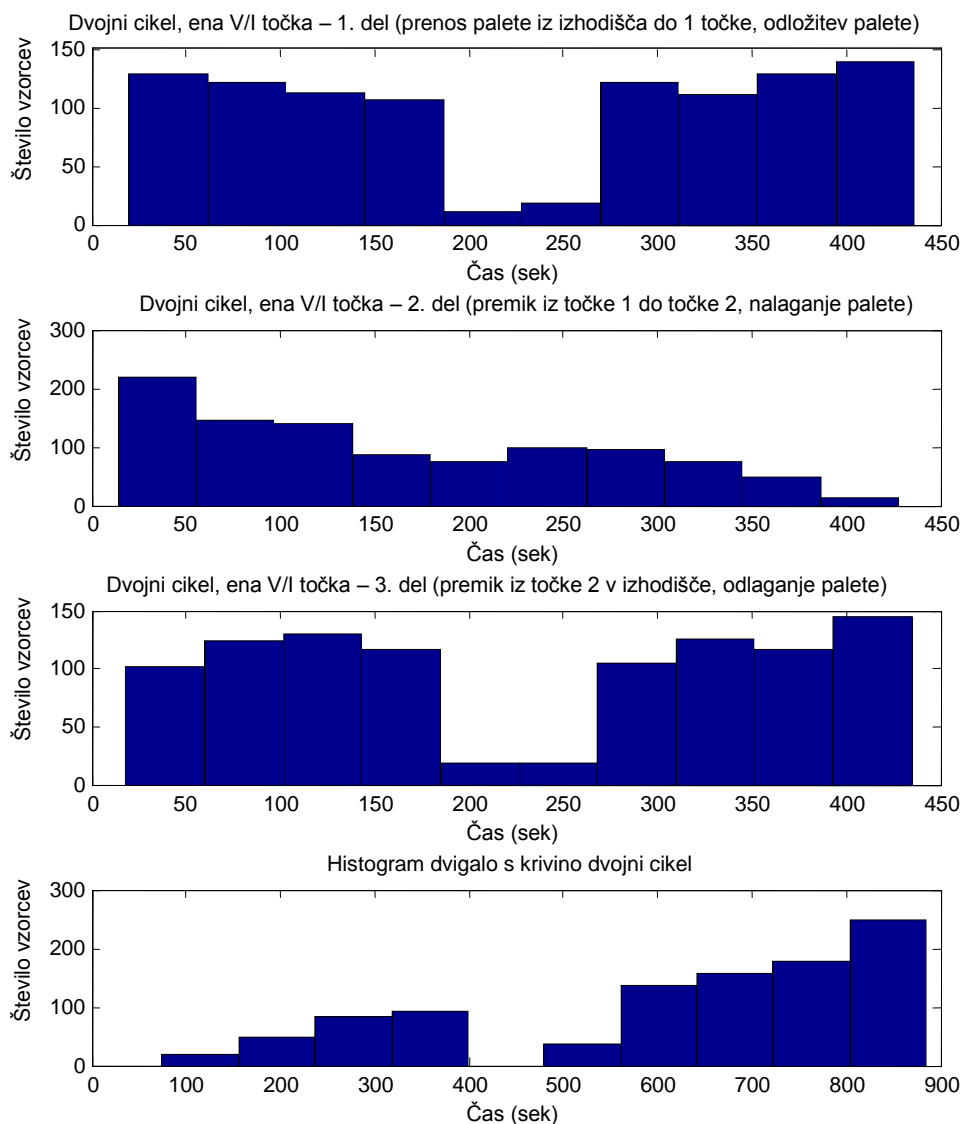




Slika 25: Histogram časov dvigalo s krivino

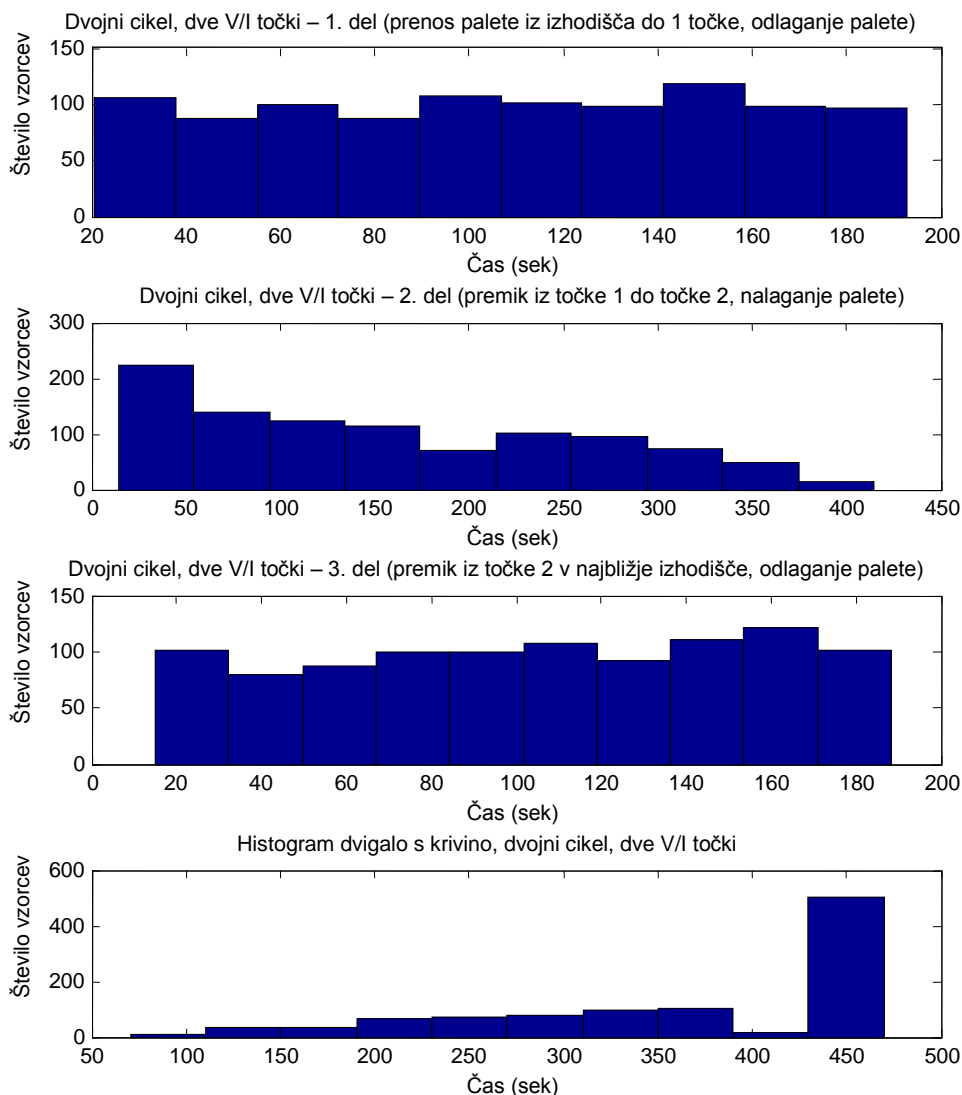
### 6.3.4 Krivinsko dvigalo dvojni cikel

Poglejmo si še rezultate za dvojni cikel ob isti predpostavki glede vhodnih točk. Povprečni čas pri dvigalu s krivino z dvojnim ciklom in eno samo izhodno točko (točka, kjer odložimo paleto) je 626 sekund. Tudi v tem primeru dobimo enakomerno naraščajočo porazdelitev (slika 26). Kot vidimo, je predvsem dostop do palet na drugem hodniku časovno potraten, saj moramo prepotovati celotno dolžino hodnika, krivuljo in še razdaljo do palete na drugem hodniku, potem pa se po isti poti vrniti v izhodišče.



Slika 26: Histogram časov dvigalo s krivino dvojni cikel ena vhodno-izhodna točka

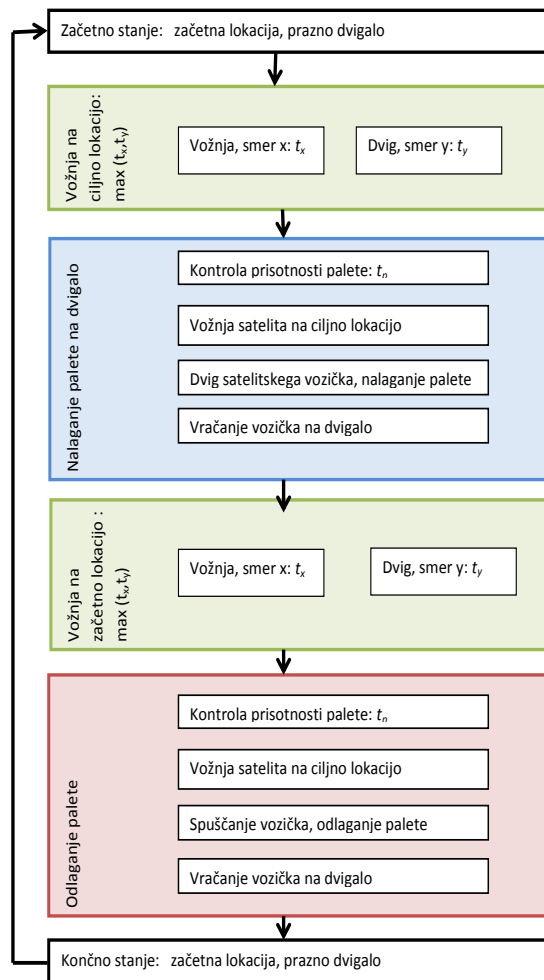
Zato je v tem primeru bolj smiselno imeti dve vhodno-izhodni točki (slika 27), po eno v vsakem hodniku, in izdelati programsko logiko tako, da s transportnim sistemom pripeljemo paleto vedno na vhodno točko ob hodniku, kamor je namenjena. Druga točka cikla je lahko v kateremkoli hodniku, ven pa se paleta pripelje v tistem hodniku, kjer je bila. Povprečni čas cikla v tem primeru znaša 370 sekund, kar je skoraj polovica prvotnega. Enako zmanjšanje lahko pričakujemo tudi pri enojnem ciklu.



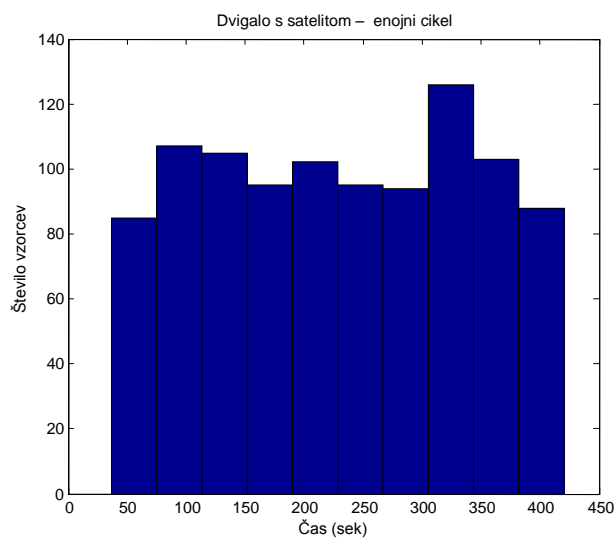
Slika 27: Histogram časov dvojnega cikla za krivinsko dvigalo z dvema vhodno-izhodnima točkama

### 6.3.5 Dvigalo s satelitskim vozičkom

Satelitski voziček omogoča več globin nalaganja. Potek gibanja dvigala (slika 28) do cilja lokacije je enak kot v prejšnjem primeru. Razlika pa je v fazi nalaganja/razlaganja palete. Slednje namesto z vilicami poteka s satelitskim vozičkom, ki se zapelje z dvigala, odloži ali naloži paleto in se vrne na dvigalo.



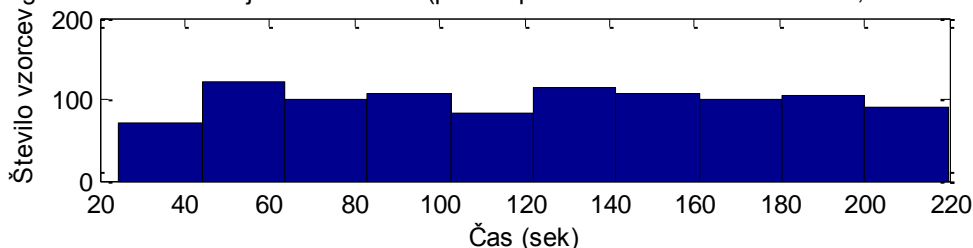
Slika 28: Diagram poteka dvigala s satelitskim vozičkom



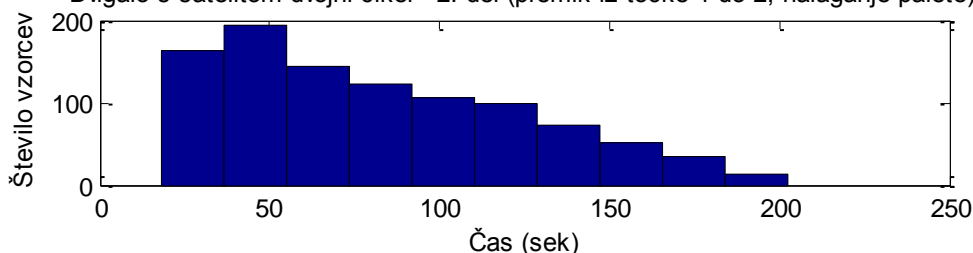
Slika 29: Histogram časov dvigala s satelitskim vozičkom enojni cikel

Povprečni čas enojnega cikla dvigala s satelitskim vozičkom je 227 sekund. Tudi v tem primeru dobimo enakomerno naraščajočo porazdelitev (slika 29).

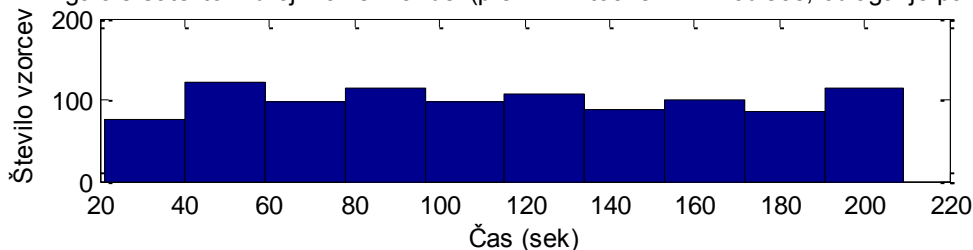
Dvigalo s satelitom dvojni cikel - 1. del (prenos palete iz izhodišča do 1 točke, odložitev palete)



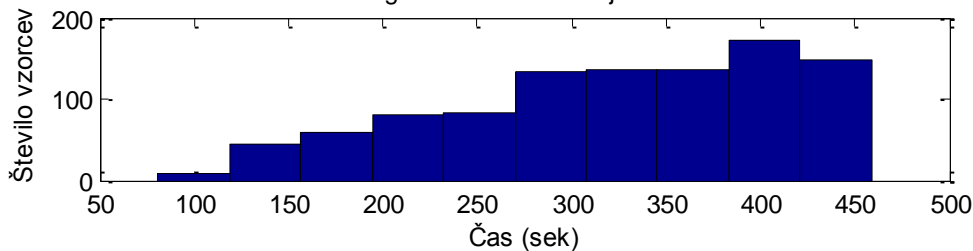
Dvigalo s satelitom dvojni cikel - 2. del (premik iz točke 1 do 2, nalaganje palete)



Dvigalo s satelitom dvojni cikel - 3. del (premik iz točke 2 v izhodišče, odlaganje palete)



Dvigalo s satelitom dvojni cikel



Slika 30: Histogram časov dvigalo s satelitskim vozičkom dvojni cikel

Povprečni čas dvojnega cikla dvigala s satelitskim vozičkom je 311 sekund. Porazdelitev (slika 30) ni več enakomerna, ampak narašča podobno kot pri navadnem dvigalu z dvojnimi cikli.

## 6.4 Primerjava rezultatov

V tabeli 5 so povzeti rezultati simulacij za enojni in dvojni cikel v vseh treh primerih. Dodan je primer z dvema ravninskima dvigaloma, kjer imamo dvakrat več operacij na uro kot za eno ravninsko dvigalo.

Tabela 5: Primerjava različnih tipov med seboj glede kapacitete in hitrosti upravljanja

Tip dvigala	Število palet v prostoru	Število operacij na uro – enojni cikel	Število operacij na uro – dvojni cikel
<b>Ravninsko</b>	6144	16,90	23,67
<b>Krivinsko</b>	8448	8,09	11,50 (en vhod/izhod) 19,40 (dva vhoda/izhoda)
<b>Satelitski voziček</b>	12.288	15,86	23,50
<b>Dve ravninski dvigali</b>	9216	33,80	47,43

Pričakovani pretok je 230 palet v 16 urah oziroma 14,38 operacije na uro. Kot vidimo, temu pogoju zadostujeta obe ravninski dvigali in dvigalo s satelitskim vozičkom za enojni cikel. Pri dvojnem ciklu upoštevamo, da v istem ciklu opravimo dve operaciji. V tem primeru nam zadostujejo vsa dvigala razen dvigala s krivino z eno vhodno-izhodno točko.

Glede na izračune vseh treh tipov dvigal lahko zaključimo, da je dvigalo s satelitskim vozičkom najboljša izbira, saj ob zadostni hitrosti dosežemo najvišjo kapaciteto. Sledi varianta z dvema ravninskima dvigaloma, ki pa je cenovno precej potratnejša. Cenovno ugodnejše je krivinsko dvigalo z dvema vhodno-izhodnima točkama, ki v primeru uporabe dvojnega cikla (kar lahko dosežemo z optimizacijo vodenja) prav tako doseže zahtevane pretoke.

## 7 ZAKLJUČEK

Namen diplomskega dela je bil pregledati obstoječe stanje skladišča v podjetju TKK, poiskati različne rešitve za visokoregalno avtomatsko skladišče. Ker je trenutno stanje skladišča glede stroškov, ki nastanejo zaradi razpršenosti skladišč, transportnih poti, zaposlenih in informacijske nepreglednosti, neprimerno, so v podjetju začeli razmišljati o izgradnji visokoregalnega avtomatskega skladišča. Prednosti takšnih skladišč so v maksimalni izrabi površin in prostora, avtomatiziranem pretoku blaga, nadzorom nad zalogami, hitri dostopnosti, večji varnosti, informacijski preglednosti, krajših poteh med proizvodnjo in skladiščem ter zmanjšanju števila zaposlenih.

Na podlagi dimenzij novega skladišča in velikosti palet smo najprej obravnavali več možnih postavitev regalov in za vsako izračunali število regalnih mest. Ker pa je pri izbiri tehnologije skladišča bistvena pretočnost, je bila v programskem okolju Matlab izdelana simulacija treh različnih tipov avtomatskih dvigal – ravninsko dvigalo, krivinsko dvigalo in dvigalo s satelitskim vozičkom. Namen simulacije delovanja avtomatskega visokoregalnega skladišča je bil prikazati, koliko časa potrebuje avtomatsko dvigalo, da obiše izbrano število naključnih lokacij.

Primerjali smo povprečni čas enojnega in dvojnega cikla, pri čemer enojni cikel pomeni, da dvigalo na vhodni lokaciji prevzame paleto, jo pelje do mesta v skladišču, tam odloži in se prazno vrne na izhodiščno lokacijo. Dvojni cikel pa pomeni, da dvigalo na vhodni lokaciji prevzame paleto, jo pelje do mesta v skladišču, tam odloži, se pelje do druge lokacije, naloži paleto in jo pripelje na izhodiščno točko. Največjo težo ima povprečni čas cikla, saj je pretočnost najpomembnejši faktor. Zahtevani pretočnosti so ustrezala vsa dvigala razen dvigala s krivino z eno vhodno-izhodno točko.

Glede na kapaciteto skladišča in povprečne čase ciklov lahko zaključimo, da je dvigalo s satelitskim vozičkom najboljša rešitev. V skladišče bi bilo namreč mogoče vgraditi tudi več satelitskih vozičkov, s čimer bi dodatno izboljšali čase, pridobili pa bi tudi na zanesljivosti. Zanimiva je tudi varianta z dvema ravninskima dvigaloma, vendar pa je ta zagotovo dražja.

Na osnovi simulacij lahko podamo neke splošne smernice za izgradnjo skladišča:

- Ravninsko dvigalo omogoča največje pretoke in je tudi najzanesljivejše, vendar pa imamo manj paletnih mest. To lahko rešimo z več regalnimi hodniki, kar pa je razmeroma drago.
- Krivinsko dvigalo je primerno, če želimo veliko paletnih mest, ni pa zahteve po velikih pretokih.
- Dvigalo s satelitom omogoča najboljšo izkoriščenost prostora, glede pretočnosti pa je boljše od krivinskega.

Seveda pa bi bilo treba vsako od teh rešitev ovrednotiti tudi finančno in se tako odločiti za najprimernejšo varianto.



## 8 LITERATURA

**Avtomatsko regalno skladišče.** Pridobljeno s svetovnega spleta dne 11. 5. 2011:

<http://www.inea.si/storitve/industrijska-avtomatizacija-in-celoviti-projekti/avtomatsko-regalno-skladisce/>

**Celovita rešitev regalnih skladišč.** Pridobljeno s svetovnega spleta dne 9. 2. 2011:

[http://www.trimo.si/media/celovita-resitev-visokoregalnih-skladisc\\_8222.pdf](http://www.trimo.si/media/celovita-resitev-visokoregalnih-skladisc_8222.pdf)

**Mission & Objectives.** Pridobljeno s svetovnega spleta dne 17. 11. 2011:

<http://www.fem-eur.com/index.php/MissionObjectives/en/>

**Meller, Russell D., Pazour, Jennifer A.** (2008). A Heuristic for SKU Assignment and Allo-cation in an A-Frame System. Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference, str. 770–775.

**Poslovanje.** Pridobljeno s svetovnega spleta dne 22. 3. 2010:

<http://www.tkk.si/default.asp?id=1629>

**Predstavitev podjetja** (2004). Interni gradivo podjetja TKK Srpenica, d.d.

**Rouwenhorst, B. B., Reuter, B. B., Stockrahm, V. V., van Houtum, G. J., Mantel, R. J., Zijm, W. M.** (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. European Journal of Operational Research, 122(3), str. 515–533.

**Skladiščenje.** Pridobljeno s svetovnega spleta dne 5. 4. 2010:

[http://www.vpsmb.net/Predmeti/Skladiscenje%20in%20notranji%20transport/Prezentacija\\_12\\_skladiscenje.pdf](http://www.vpsmb.net/Predmeti/Skladiscenje%20in%20notranji%20transport/Prezentacija_12_skladiscenje.pdf)

**Trmčnik, S.** (1998). Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov. Ljubljana: Založba Fakultete za elektrotehniko in računalništvo.

**TKK Tehnologija** (2010). Interni viri podjetja TKK Srpenica, d.d.

**TKK Logistika** (2010). Interni viri podjetja TKK Srpenica, d.d.

**Van den Berg, J. P., Zijm, W. M.** (1999). Models for warehouse management: Classification and examples. *International Journal of Production Economics*, 59(1–3), str. 519–528.

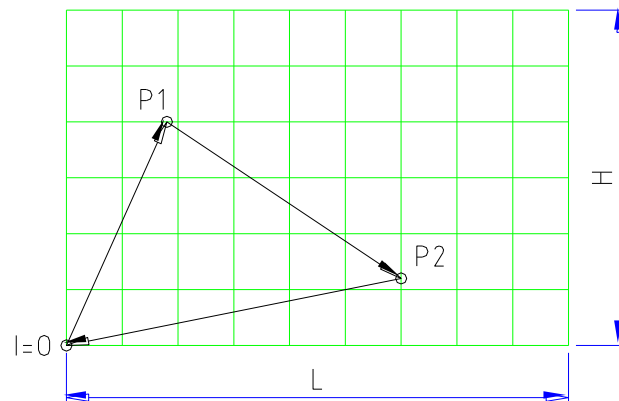
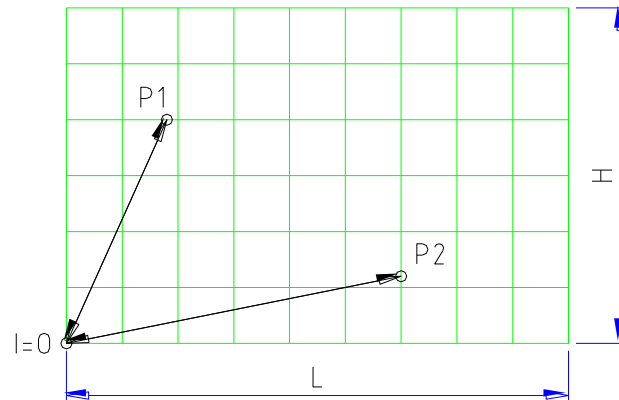
**Visokoregalno skladišče Jungheinrich.** Pridobljeno s svetovnega spleta dne 4. 4. 2010: <http://www.jungheinrich.si/sl/si/index-si/izdelki/regalne-in-skladiscne-naprave/skladiscenje-palet/visokoregalno-skladisce>

# PRILOGA 1

## FEM 9.851

### Cycle calculation for stacker crane with 1 load unit and single deep forks on board

#### Case 1



#### Warehouse data:

<b>L (m)</b>	<b>92,000</b>
<b>H (m)</b>	<b>20,000</b>

Max. traveling distance

Max. hoisting distance

<b>Sz1 (mm)</b>	<b>1400</b>
-----------------	-------------

Stroke of single deep forks

**Stacker crane data:**

<b>Vx (m/min)</b>	<b>28,8</b>
<b>Vy (m/min)</b>	<b>28,8</b>
<b>Vze (m/min)</b>	<b>28,8</b>
<b>Vzf (m/min)</b>	<b>28,8</b>

Traveling speed  
 Hoisting speed  
 Forks speed without load unit  
 Forks speed with load unit

<b>Vx (m/s)</b>	<b>0,5</b>
<b>Vy (m/s)</b>	<b>0,5</b>
<b>Vze (m/s)</b>	<b>0,5</b>
<b>Vzf (m/s)</b>	<b>0,5</b>

<b>Ax (m/s**2)</b>	<b>3,9</b>
<b>Ay (m/s**2)</b>	<b>3,9</b>
<b>Aze (m/s**2)</b>	<b>3,9</b>
<b>Azf (m/s**2)</b>	<b>3,9</b>

Traveling acceleration  
 Hoisting acceleration  
 Forks acceleration without load unit  
 Forks acceleration with load unit

**Controlling and positioning time:**

<b>Tk (s)</b>	<b>9,0</b>
---------------	------------

**Acceleration way:**

<b>S<sub>Ax</sub> (m)</b>	<b>0,029</b>
<b>S<sub>Ay</sub> (m)</b>	<b>0,030</b>
<b>S<sub>Aze</sub> (m)</b>	<b>0,030</b>
<b>S<sub>Azf</sub> (m)</b>	<b>0,030</b>

**Acceleration time:**

<b>T<sub>Ax</sub> (m)</b>	<b>0,1</b>
<b>T<sub>Ay</sub> (m)</b>	<b>0,1</b>
<b>T<sub>Az</sub> (m)</b>	<b>0,1</b>
<b>T<sub>Az</sub> (m)</b>	<b>0,1</b>

**Forks cycle:**

<b>Tz1 (s)</b>	<b>6,1</b>
----------------	------------

Time that forks pick up the load unit

**Reference points:**

**P1 (1/5L, 2/3H)**

First point

<b>X1</b>	<b>18,400</b>
<b>Y1</b>	<b>13,333</b>

**P2 (2/3L, 1/5H)**

Second point

<b>X2</b>	<b>61,333</b>
<b>Y2</b>	<b>4,000</b>

**Points traveling time:**

From input/output to point P1:

<b>T<sub>x1</sub> (s)</b>	<b>38,5</b>
<b>T<sub>y1</sub> (s)</b>	<b>27,9</b>

<b>Max. Time</b>	<b>38,5</b>
------------------	-------------

From point P1 to point P2:

<b>T<sub>x1-2</sub> (s)</b>	<b>89,6</b>
<b>T<sub>y1-2</sub> (s)</b>	<b>19,6</b>

<b>Max. Time</b>	<b>89,6</b>
------------------	-------------

From point P2 to input/output:

Tx2 (s)	127,9	<b>Max. Time</b>	<b>127,9</b>
Ty2 (s)	8,5		

**Time for single cycle:**

**Number of single cycles per hour:**

<b>Ts (s)</b>	<b>196,5</b>	<b>Ns</b>	<b>18,3</b>
---------------	--------------	-----------	-------------

**Time for double cycle:**

**Number of double cycles per hour:**

<b>Ts (s)</b>	<b>311,7</b>	<b>Ns</b>	<b>11,5</b>
---------------	--------------	-----------	-------------