

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Miha Mikec

**STRATEGIJE POBIRANJA IZDELKOV V  
SKLADIŠČIH**

DIPLOMSKO DELO  
VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Ljubljana 2012



Št. naloge: 00196/2012

Datum: 02.02.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **MIHA MIKEC**

Naslov: **STRATEGIJE POBIRANJA IZDELKOV V SKLADIŠČIH**  
**COMMISSIONING STRATEGIES IN WAREHOUSES**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

Preučite različne strategije pobiranja izdelkov v skladiščih ter primerjajte različne načine uskladiščenja.

Razvijte aplikacijo, ki bo uporabnikom omogočila boljše razvrščanje izdelkov v skladišču ter njihovo hitrejše pobiranje. Aplikacija mora omogočati pregled izdelkov glede na pogostost naročanja, razdelitev izdelkov po conah, razvrstitev po skladiščnih lokacijah, generiranje naključnih naročil ter vizuelno simulacijo različnih strategij pobiranja.

Za testiranje aplikacije uporabite obstoječo bazo podatkov, v kateri so podatki o naročilih. Za razvoj programske opreme uporabite razvojno okolje Microsoft Visual Studio, programje pa razvijajte v programskem jeziku C#.

Mentor:

prof. dr. Patricio Bulić



Dekan:

prof. dr. Nikolaj Zimic

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Miha Mikec

**STRATEGIJE POBIRANJA IZDELKOV V  
SKLADIŠČIH**

DIPLOMSKO DELO  
VISOKOŠOLSKE STROKOVNE ŠTUDIJSKE PROGRAMA PRVE  
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Mentor: prof. dr. Patricio Bulić

Ljubljana 2012

# IZJAVA O AVTORSTVU

## diplomskega dela

Spodaj podpisani/-a \_\_\_\_\_,

z vpisno številko \_\_\_\_\_,

sem avtor/-ica diplomskega dela z naslovom:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom (naziv, ime in priimek)

\_\_\_\_\_

in somentorstvom (naziv, ime in priimek)

\_\_\_\_\_

- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne \_\_\_\_\_ Podpis avtorja/-ice: \_\_\_\_\_

## **Zahvala**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Patriciu Buliću za pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem podjetju Leoss, d. o. o., za podporo pri pisanju diplomske naloge in nudenju opreme ter podatkovne baze za razvoj programa.

Hvala tudi vsem predavateljem in asistentom, ki so mi predali znanje v času študija, ter vsem, ki so verjeli vame in me pri tem podpirali.

## Kazalo vsebine

Povzetek .....	1
Abstract .....	2
1 Uvod .....	3
2 Glavna funkcija/naloga skladišča .....	4
2.1 Osnovni pojmi .....	4
2.2 Vrste skladišč .....	5
2.3 Informacijska podpora skladiščnemu procesu .....	5
2.4 Politika delovanja .....	7
2.5 Postavitev hodnikov .....	7
3 Uskladiščenje blaga .....	10
3.1 Strategije uskladiščenja .....	10
3.1.1 Naključno polnjenje .....	10
3.1.2 Najbližje prosto mesto .....	10
3.1.3 Namensko polnjenje .....	11
3.1.4 Polnjenje na podlagi blagovnih skupin .....	11
4 Komisioniranje blaga .....	13
4.1 Samostojno pobiranje .....	16
4.2 Consko pobiranje .....	17
4.3 Pobiranje večjega števila delovnih nalogov skupaj .....	18
4.4 Valno pobiranje .....	19
4.5 Možnosti združevanja različnih metod komisioniranja .....	19
5 Strategije komisioniranja .....	21
5.1 Poseben problem trgovskega potnika .....	21
5.2. Strategije komisioniranja .....	22
5.2.1 Vzdolžna .....	22
5.2.2 Povratna .....	23
5.2.3 Srednje točke .....	24
5.2.4 Največje vrzeli .....	25
5.2.5 Kompozitna .....	25
5.2.6 Sestavljena .....	25
5.2.7 Optimalna .....	26
6 Primerjave .....	28
6.1 Primerjava med različnimi načini uskladiščenja .....	28
6.2 Primerjava komisionirnih strategij v enoblokovskem skladišču .....	29

6.3 Primerjava komisijiranih strategij v enoblokovskem skladišču – drugič.....	30
6.4 Komisijiranje v večblokovskem skladišču.....	32
7 Povzetek.....	34
8 Predstavitev programa.....	35
8.1 Ob zagonu programa.....	36
8.2 Pregled izdelkov.....	36
8.3 Razdelitev izdelkov po conah.....	37
8.4 Razvrstitev izdelkov po skladiščnih lokacijah.....	38
8.5 Vrstni red pobiranja izdelkov.....	40
8.6 Zasedenost skladiščnih lokacij.....	41
8.7 O strategijah.....	42
8.8 Prikaz slikovnega materiala.....	43
9 Sklep.....	45
10 Literatura.....	46

## **Kratice**

<b>ERP</b>	Enterprise Resource Planning – poslovni informacijski sistem
<b>WMS</b>	Warehouse Management Systems – sistemi za vodenje skladišč
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification – radiofrekvenčna identifikacija
<b>EPC</b>	Electronic Product Code – elektronska koda izdelka
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers – inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike
<b>GS1</b>	Global Standards One – globalni standardi ena
<b>COI</b>	Cube per Order Index



## **Povzetek**

Skladišča so v uporabi že dolgo, danes jih je po svetu veliko in ni videti, da bi se njihovo število zmanjševalo, kvečjemu narašča. Pred stoletji in desetletji besedna zveza »čas je denar« ni imela tako velikega pomena, kot ga ima danes, zato je vedno bolj pomembno čim hitreje pripraviti izdelke za odpremo iz skladišča. Vsakdo, ki upravlja skladišče, si verjetno želi poslovati s čim nižjimi stroški, zato je treba poskušati za čim bolj optimalno strategijo skladiščnih procesov.

Znano je, da je nezanemarljiv delež stroškov skladišča komisioniranje (pobiranje/zbiranje izdelkov za naročila), zato želimo v diplomski nalogi predstaviti možne rešitve, s katerimi bi lahko skladišča, ki tega še ne uporabljajo v praksi, znižala stroške. Poleg tega smo pripravili tudi program, ki bi pomagal pri uvedbi teh rešitev v praksi, saj bi, kot bomo lahko videli kasneje, določanje primerne lokacije več sto različnim izdelkom v skladišču zahtevalo veliko časa, pozneje pa še pripravo primerne vrstnega reda pobiranja izdelkov po skladišču.

**Ključne besede:** skladišče, komisioniranje, strategija, izdelek, hodnik.

## **Abstract**

Warehouses have been in use for a long time, there is a considerable amount of them all over the world and a decrease is not yet in sight, they are even increasing. Centuries and decades ago the phrase »Time is Money« did not such a big meaning as it has today, therefore it is of great importance to prepare products for despatch out of the warehouses as fast as possible. Everybody managing a warehouse wishes to manage their business at the lowest possible expense, therefore the optimum strategy of warehouse proceedings has to be taken care for.

It is well known that commissioning is not a negligible component of warehouse expenses (gathering/collecting products for orders) therefore in the diploma work we would like to introduce possible solutions how warehouses, which do not use it in practice, could reduce their expenses. Besides this we have prepared a programme which would help to introduce these solutions in practice, but, as we will see later on, the definition of a proper location for several hundred articles in the warehouse would demand a great deal of time and later the arrangement of a suitable order for collecting articles all over the warehouse.

**Keywords:** warehouse, order picking, strategy, item, aisle.

## 1 Uvod

Naša civilizacija se deli na tri večje periode [2] in tretja od teh se je začela v letih, ki se jih nekateri še spominjajo. Prva perioda, tako imenovana doba kmetijstva, se je začela, ko se je pojavil človek in se je končala pred približno dvema do tremi stoletji. Vmesna, druga perioda, je doba industrializacije. Takrat se je začel izpopolnjevati način transporta, saj so začeli uporabljati paro in razne mehanične iznajde, ki so pripeljale do masovne proizvodnje določenih izdelkov. Najnovejša, tretja doba, pa je doba informacij, ki se je začela pred približno štirimi desetletji.

Skladiščenje je bilo prvič uporabljeno že v dobi kmetijstva, ko so hrano shranjevali, da bi preprečili lakoto (npr. v Egiptu). Tako se je že takrat pokazala njegova uporabnost. Kasneje, ko so evropski raziskovalci odkrivali nove trgovske poti, so se skladišča širila, da bi lahko shranili vse izdelke in blago od drugod. Pristanišča so bila preplavljena z veliko prostornostjo skladišč, saj je bilo treba velike količine dobrin, pripeljanih z ladjami, nekam začasno shraniti. S širjenjem železnic se je pozneje širila tudi gradnja in raba skladišč, ki so jih gradili ob železniških postajah.

Masovna proizvodnja v industrijski dobi je potrebovala skladišča, kamor so shranjevali izdelke. Ti so bili tako dobavljivi takoj in kupcu ni bilo treba čakati na proizvodnjo. Ko je bil kapital še poceni in t. i. proizvodnja *just-in-time*, pri kateri skladišče ni potrebno, saj je bil izdelek poslan neposredno kupcu, ni bila znana, je bila filozofija trženja zagotoviti, da prodaja ne trpi zaradi pomanjkanja zalog.

Po drugi svetovni vojni se je razširila uporaba viličarjev in tako so do takrat enonadstropne zgradbe postale višje, saj so izdelke začeli nalagati tudi višje na police [1, 2].

## 2 Glavna funkcija/naloga skladišča

Tudi danes je glavna naloga skladišč, da vzdržuje zaloge. Primerna angleška beseda, ki dobro opiše skladišče je *buffer*, kar bi v slovenskem jeziku pomenilo blažilnik. Blažilnik zato, ker s svojimi zalogami premoščajo nihanja znotraj proizvodnega procesa. Namenjena so torej premostitvi časa – izravnajo časovne razlike med dvema sistemoma, proizvodnjo in uporabo blaga, ki nista časovno usklajena, pri čemer mora biti skladiščno blago količinsko in kakovostno neoporečno.

V skladiščih se prevzema in izdaja blago/material. Po prevzemu se blago/material primerno uskladišči in zaščiti pred poškodbami, izgubami, požari itd. Ob tem je potrebno natančno vodenje evidence o količini uskladiščenega blaga/materiala in ob zahtevi za izdajo blaga poskrbeti za pravočasno izdajo.

Krajše povedano je osnovna funkcija skladiščenja varovanje.

Zaradi številnih vzrokov in potreb po skladiščenju se vzroke deli na štiri glavne skupine: neskladnost med časom proizvodnje in potrošnje, oddaljenost med krajem proizvodnje in potrošnje, različni finančni in trgovski pogoji ter varovanje oskrbe [3].

### 2.1 Osnovni pojmi

Pojem logistika predstavlja skupek med seboj povezanih procesov. Ti služijo za premikanje surovin, polizdelkov in gotovih izdelkov od dobavitelj do podjetja, od podjetja do kupcev in za premikanje znotraj podjetja. Logistične sisteme različni avtorji delijo na pod sisteme, najpogosteje na štiri: nabavna logistika, notranja logistika, distribucijska logistika in poprodajna logistika.

Notranja logistika zajema aktivnosti v okviru podjetja (načrtovanje, organiziranje in kontrolo vseh aktivnosti premikanja in skladiščenja znotraj delovne organizacije). Glavni cilj je smotrna urejenost notranjega transporta in skladiščenja ter tudi čim bolj optimalna izbira opreme za natovarjanje, raztovarjanje, prevoz in druge dejavnosti znotraj skladišča.

Za ves prevoz blaga znotraj podjetja se uporablja izraz notranji transport. Po notranjih transportnih poteh poteka transport znotraj podjetja.

V skladišču se blago lahko pretovarja na tri načine. Ročno, mehanizirano in avtomatično. Ročno pretovarjanje je stoo odstotno človeško delo, kar pomeni manjšo delovno storilnost z

višjimi stroški in slabo izkoriščenostjo skladiščnih prostorov. Mehanizirano pretovarjanje je najpogostejši način manipuliranja z blagom. V tem primeru deluje mehanizacija skupaj s človeško delovno silo, kar nekoliko zniža stroške, delovna storilnost se poveča, bolje pa so izkoriščeni tudi skladiščni prostori. Najbolj napreden način pa je avtomatiziran, ki izključuje neposredno delo človeka. Prednost se kaže v višji delovni storilnosti, natančnosti in manj pogostih napakah. Večji problem so le začetna investicijska sredstva.

## **2.2 Vrste skladišč**

Način gradnje skladišča in njegova vrsta omogočata točno določene načine razporeditve blaga v njem in s tem tudi metode dela v skladišču. Za katero vrsto skladišča se podjetje odloči in kakšna bosta njegova notranja ureditev in sistem razporejanja blaga, je odvisno od številnih dejavnikov. Pred odločitvijo je dobro poznati nekatere najpomembnejše dejavnike, in sicer katera vrsta blaga bo uskladiščena in kakšne so njegove lastnosti, kolikšne so količine uskladiščenega blaga, kako pogosto se bo blago prevzemalo in izdajalo ter kakšna bo organizacija prevzema, hrambe in izdaje blaga [3].

Skladišča ločujemo po različnih kriterijih. V delitvi glede na namen in funkcijo poznamo skladišča za shranjevanje blaga, ki je namenjeno za transport (kamionski, letališki, carinski itd.). Industrijska skladišča zagotavljajo nemoten potek proizvodnega procesa in distribucije gotovih izdelkov. Tretja vrsta skladišča v tej delitvi so še tako imenovana distribucijska skladišča, ki so navadno v večjih prometnih in potrošniških središčih, poleg tega pa so specializirana za določeno vrsto blaga ali za velik asortiment blaga. Če se skladišče deli glede na pripravljenost blaga na transport, ločujemo naslednje tri tipe skladišč: skladišča za razsuto blago, nepakirano blago in skladišča za embalirano blago. Ko so v ospredju lastnosti blaga, ki se bo skladiščilo, se skladišča delijo na: navadna (primerna za blago, ki ne zahteva posebne obravnave), posebna (hladilnice, vinske kleti, silosi itd.) ter varnostna skladišča, v katerih hranijo vnetljive in eksplozivne snovi. Tipi skladišč glede na dejavnost podjetja so: industrijska, trgovinska, transportna, kmetijska in rudarska. Poznamo tudi zaprta, pokrita in odprta skladišča. Zadnja delitev je glede na čas obratovanja ali čas skladiščenja blaga: stalna, začasna in potujoča skladišča [3].

## **2.3 Informacijska podpora skladiščnemu procesu**

Kdor si želi imeti zanesljive in pravočasne informacije o stanju blaga v skladišču in s tem učinkovito organizacijo skladiščnega poslovanja, bo najbrž potreboval informacijsko podporo. Informacijski sistem je namenjen zbiranju, hranjenju, obdelovanju in posredovanju

podatkov ter njihovemu posredovanju v informacije. Poslovni informacijski sistem ERP (ang. *Enterprise Resource Planning*) predstavlja programske rešitve, ki poskrbijo za celovito vodenje podjetja in njegovih razpoložljivih kapacitet [3]. Informacijska podpora skladiščnemu procesu omogoča nadzor na logističnimi dogodki in delovnimi procesi, ki jih sprožijo logistični dogodki. Delovni procesi povzročijo določene aktivnosti z blagom v skladišču, zato je potreben tudi nadzor nad blagom, kar informacijska podpora tudi omogoča. Nadzor je tudi nad prostorom (primerna razporeditev blaga glede na razpoložljiv prostor vhodnih mest, zalog, odlagalnih mest itd.) ter nad materialnimi sredstvi in človeškimi viri, saj delovni proces v blagovnem skladišču zahteva ustrezno zasedbo delavcev in materialnih sredstev.

Ker poslovni informacijski sistemi podjetja težko pokrijejo vse procese v podjetju, so kdaj potrebne tudi rešitve, ki upravljajo procese na specifičnih področjih. V takih primerih se za vodenje skladišča uporabljajo sistemi za vodenje skladišč WMS (ang. *Warehouse Management Systems*) [3]. Ta sistem podpira prevzem izdelkov v skladišču, določitev mesta skladiščenja, komisioniranje, izdajo itd. Poslovni informacijski sistem je tako nadrejen sistemu za vodenje skladišča in mu podaja naloge, ki jih je treba izvesti v skladišču. ERP posreduje zahtevke za prevzem in izdajo, od WMS pa prejme podatke o opravljenih zahtevkih. Za optimalno izvedbo nalog poskrbi logika WMS. Naloge, ki jih določi WMS, komisionarji v skladišču prejmejo na brezžične mobilne terminale. Pri tem ni potrebe po uporabi papirja, poleg tega se podatki takoj posredujejo nazaj v poslovni informacijski sistem. Danes se za hitrejši prenos informacij v WMS uporablja identifikacijske tehnologije, kot so črna koda, radiofrekvenčna identifikacija (RFID), glasovno vodenje in vodenje s pomočjo lučk. Najbolj razširjena tehnologija izmed naštetih je črna koda. Razlog za to je predvsem v široko uveljavljenih standardih, stroških uporabe, razpoložljivosti opreme, ki jo ponujajo različni proizvajalci, in celotnih stroških tehnologije. Poleg funkcije identifikacije črna koda omogoča spremljanje podatkov o teži, voluminoznosti blaga, o datumih, ko je blago prispelo, ipd. Zaradi poslovnih prednosti se vedno bolj uveljavlja uporaba tehnologije RFID. Ta omogoča višjo raven avtomatizacije in hitrejšo obdelavo večje količine podatkov o blagu [3].

Zaradi globalnega poslovanja in globalnih oskrbnih verig je za učinkovito organizacijo skladiščnega poslovanja ključno, da se uporablja standardna tehnologija, ki omogoča izmenjavo podatkov med vsemi sodelujočimi v oskrbovalni verigi. S tem se lahko zagotovi odprtost informacijskih rešitev in povezljivost z vsemi sodelujočimi v dobavni verigi. Zato se je pred kratkim uveljavil standard EPC (ang. *Electronic Product Code*), za katerega skrbi mednarodna elektrotehniška organizacija (IEEE), pod njenim okriljem pa organizacija z imenom GS1. Sistem GS1 predstavlja množico standardov, ki omogočajo učinkovito upravljanje globalne oskrbovalne verige. Gre za enolično identifikacijo izdelkov, lokacij skladiščnega blaga, lokacij, kjer se blago prevzema in kjer je izdano iz skladišča, ter storitev

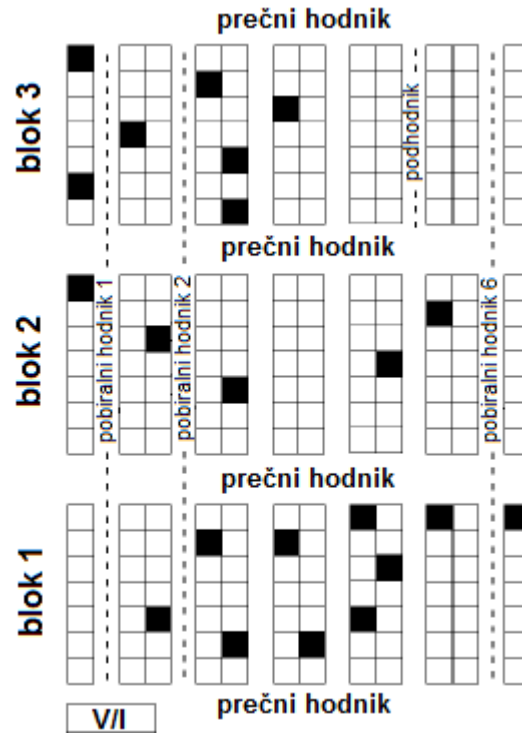
prek identifikacijskih ključev. Uporaba standardov GS1 zagotavlja zmanjšanje pisarniških stroškov, skrajšanje časov naročanja in dobave, večjo natančnost poslovanja in učinkovitejše upravljanje celotne oskrbovalne verige.

## 2.4 Politika delovanja

Politika delovanja znotraj skladišča je sestavljena iz pravil, s katerimi se nadzoruje različne procese delovanja v skladišču. Tako je na primer pomembno dodeljevanje naročil komisionarju, predvsem da je to sveže in ne z veliko zamudo. Če ima skladišče že uveljavljeno politiko delovanja in se trend naročil spremeni, na primer tako, da bodo po novem prejemale več naročil, hkrati pa se bo zmanjšala velikost naročila, je smotrno premisliti o spremembi strategije. Politika delovanja je sestavljena iz štirih strategij, in sicer, uskladiščenje blaga, komisioniranje blaga, sortiranje in drugo [9].

## 2.5 Postavitev hodnikov

Če se na komisionirni poti ustavlja vsaj trikrat (tj. pobira izdelke na vsaj treh različnih lokacijah), je primerno skladišče urediti po naslednjem načinu [5]: prečna hodnika (ang. *cross aisle*) naj bi bila vsaj dva, eden v sprednjem delu in drugi v zadnjem delu skladišča. Prečni hodniki so pravokotno na pobiralne hodnike (ang. *pick aisle*). Skozi prečne hodnike lahko komisionar preide iz enega v drugi pobiralni hodnik. Pogosto sta v uporabi le dva prečna hodnika, a le redko je to najboljša rešitev, če želimo skrajšati komisionirne poti. Zato je velikokrat med sprednjim in zadnjim prečnim hodnikom vsaj en hodnik. Glavna prednost pri dodatnih hodnikih je večje število različnih komisionirnih poti, kar se v večini primerov izkaže s krajšimi komisionirnimi potmi. Ker je v takih primerih več hodnikov, je potrebnega tudi več prostora v skladišču, saj se še vedno potrebuje enako prostora za blago. Čeprav je videti, da so zato komisionirne poti daljše, se pri dodanih prečnih hodnikih v skoraj vseh primerih skrajšajo [5]. Na spodnji sliki (slika 1) je zgled skladišča z večjim številom blokov, prečnih hodnikov in pobiralnih hodnikov. V desnem spodnjem kotu pa je t. i. vhodno-izhodna točka (na sliki označeno z V/I), kjer komisionar začne in konča svoj obhod po skladišču.

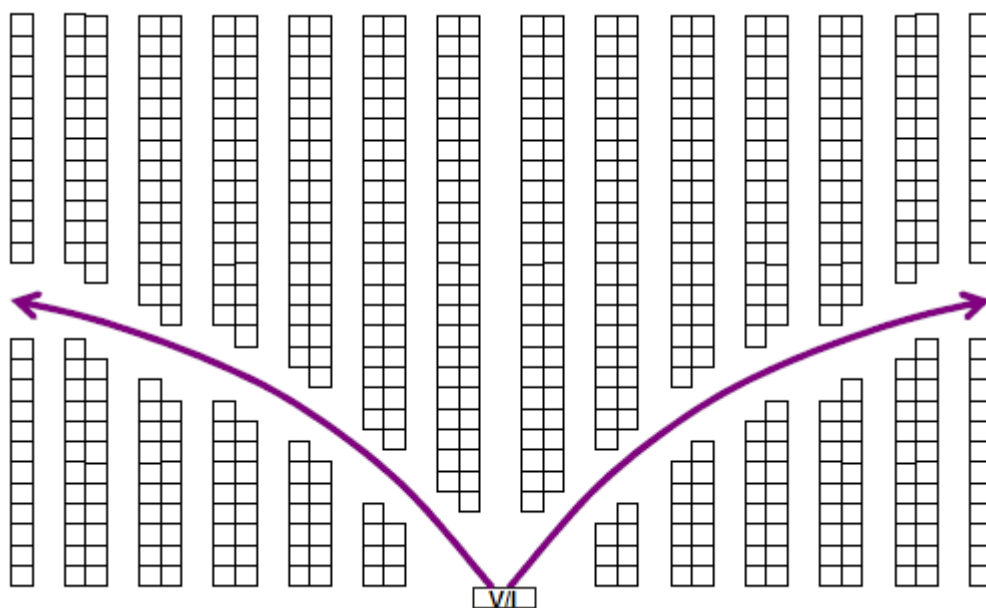


Slika 1: Primer skladišča [5].

V k a velik em številu skladišča sestavljajo en blok in t. i. postavitev *square-in-time* [5]. *Square-in-time* pomeni, da je čas, potreben za prehod iz sprednjega do zadnjega dela regalov, enak, kot za prehod iz leve na desno stran regalov (oz. bloka, ker je samo en). Takšna ureditev je optimalna, kadar se je treba na komisionirni poti ustaviti le enkrat. Največkrat je tako, kadar se deluje s polnimi paletami. Kljub temu pa naj bi obstajala še boljše rešitev. Ureditvi skladišča, prikazani na spodnjih dveh slikah (slika 2 in 3), sta primerni, kadar je blago v skladišču razporejeno po principu strategije naključnega polnjenja. Če bi bilo razporejeno, tako da vsakemu izdelku pripada točno določeno mesto, npr. na podlagi blagovnih skupin ali *ABC-storage*, bi bile lahko pridobitve k skrajšani poti manjše [5].

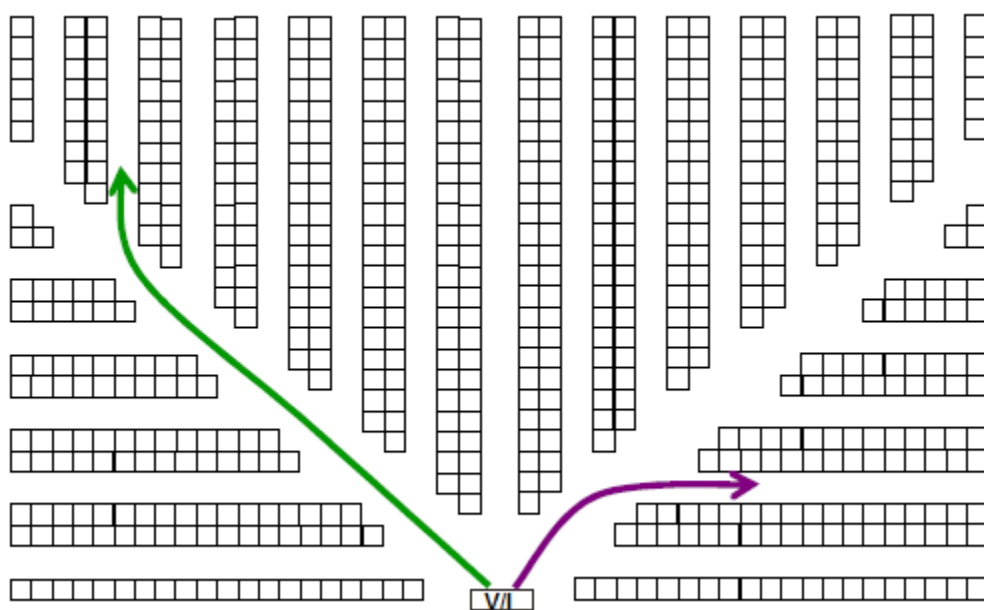
Kadar se v skladišču izključno ali vsaj v večini primerov upravlja le cele palete, ko se med komisionirno potjo ustavi le na eni oz. največ dveh lokacijah, prej omenjena ureditev skladišča ni najboljša [5]. Dolgo je za najboljšo rešitev v takem primeru veljala enoblokovska postavitev *square-in-time*, kjer so pobiralni hodniki ravni in paralelni, prečni hodniki pa ravni in pravokotni na pobiralne hodnike. Vendar lahko z drugačno ureditvijo pridemo do boljše rešitve. Takšna ureditev je predstavljena na spodnji sliki (slika 2).





Slika 2: Primerna postavitev v skladišču pri pobiranju do dveh izdelkov (ang. *flying-V layout*) [5].

Prečni hodnik ni več pravokoten na druge hodnike. S takšno postavitvijo so lahko poti do zelene lokacije tudi do 10 odstotkov krajše, slabost pa je oster zavojev za transportna vozila v skladišču, s katerimi bi želeli priti v hodnike v sprednjem delu skladišča. Ta problem so rešili z ureditvijo ribje kosti (ang. *fishbone layout*) (slika 3), pri tem pa so se komisionirne poti še nekoliko skrajšale [5].



Slika 3: Primer skladišča z ureditvijo ribje kosti [5].

### 3 Uskladiščenje blaga

Preden se izdelek iz police vzame za naročilo, ga je treba uskladiščiti. Pomemben proces v skladiščnem poslovanju je uskladiščenje blaga. Da bo skladiščno poslovanje olajšano in bo delo pospešeno, je preglednost skladiščenja zelo pomembna, kar pa zniža tudi stroške dela. Pri uskladiščenju blaga v paletnem regalnem skladišču poznamo tri strategije [3]: strategija naključnega polnjenja in praznjenja skladišča pravi, da se blago lahko shrani kjer koli v skladiščnem regalu. V tem primeru gre za dober izkoristek skladišča, slabost je le, da je treba zaradi kaotičnega načina zagotavljati sledljivost blaga (transportno-skladiščnim enotam). Druga strategija je strategija namenskega polnjenja in praznjenja skladišča. V temu primeru se transportno-skladiščno enoto (blago) uskladišči na točno določeno mesto v skladiščnem regalu. Tukaj gre za manjši izkoristek skladišča v primerjavi s prej omenjeno strategijo, je pa zato zagotovljena sledljivost transportno-skladiščnih enot (blaga). Tretja strategija je strategija uporabe skladiščnih con ABC. Blago se uskladišči v določeno skladiščno cono A, B ali C. S to strategijo je manjši izkoristek skladišča kot pri naključnem polnjenju, sledljivost transportno-skladiščnih enot pa je zagotovljena [3].

#### 3.1 Strategije uskladiščenja

Veliko vlogo pri skrajševanju komisionirnih poti ima tudi razporejenost blaga po policah in hodnikih oz. uskladiščenje blaga. Pri vsem tem pa je treba upoštevati tudi trdnost izdelka oz. trdnost paketa in kolikšno težo lahko ta prenese. Ne želimo si namreč, da bi komisionar pobral izdelek, ki ga lahko naloži le na že zbrane pakete, saj bi te lahko poškodoval. Poznamo več t. i. namestitvenih tehnik.

##### 3.1.1 Naključno polnjenje

Najenostavnejša izmed vseh je strategija naključnega polnjenja (ang. *random storage*). Blago se uskladišči kamor koli, dovolj je le, da je nekje zanj prostor. Za določanje lokacije pa ne skrbi človek, temveč jo 'naključno' določi računalnik.

##### 3.1.2 Najbližje prosto mesto

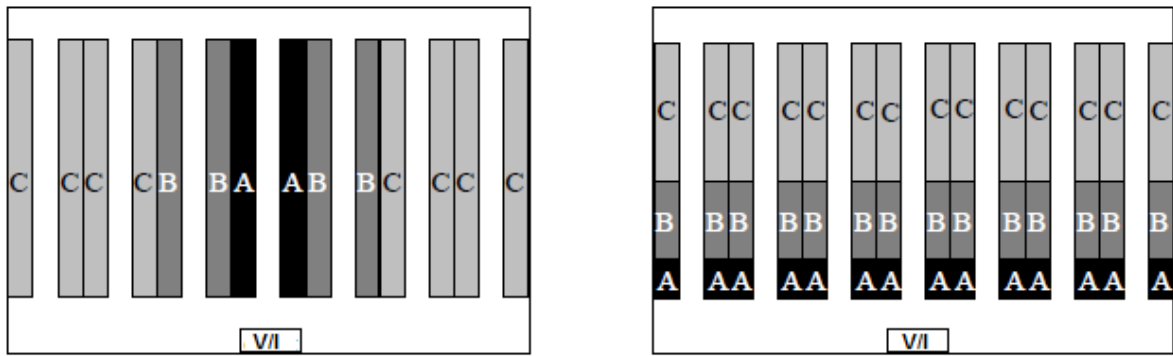
Naslednjo strategijo bi lahko poimenovali strategija najbližjega prostega mesta (ang. *closest-open-location storage*), pri kateri se blago shrani na najbližje oz. prvo prosto mesto. Pri obeh omenjenih strategijah je blago razpršeno po skladišču in nima svoje fiksne lokacije. Dolgoročno naj bi se izkazalo, da sta strategiji podobni.

### 3.1.3 Namensko polnjenje

Za boljšo izbiro uskladiščenja velja strategija namenskega polnjenja (ang. *dedicated storage*). V tem primeru je posamezna lokacija rezervirana za določeno vrsto blaga, tudi kadar tega ni v zalogi. Da bi se skrajšala prepotovana pot, so najbližji prostori za uskladiščenje rezervirani za blago, do katerega se dostopa najpogosteje in zavzema relativno malo prostora. Ena izmed prvih tovrstnih strategij uskladiščenja je t. i. strategija *COI-based* (ang. *cube-per-order-index-based*), kjer COI določenega izdelka predstavlja razmerje med volumnom, ki ga zavzema ta skupina izdelkov na regalni polici, in pogostostjo dostopanja do njih. Izdelki z najnižjim razmerjem so najbližje izdajni točki. Najbolj oddaljen izdelek ima najvišje razmerje. Druga različica je strategija polnjenja glede na pogostnost blaga (ang. *volume-based storage* ali *frequency-based*), pri čemer je blago, do katerega se komisionira pogosteje, skladiščeno najbližje izdajni točki. Razlika med to strategijo in strategijo *COI-based* je, da polnjenje glede na pogostnost upošteva le pogostnost dostopanja do izdelka, COI pa še prostor, ki ga zaseda.

### 3.1.4 Polnjenje na podlagi blagovnih skupin

Poznamo tudi strategijo polnjenja na podlagi blagovnih skupin (ang. *class-based storage* ali *ABC-storage* ali *group-based storage*), kjer se posamezne skupine izdelkov uskladišči skupaj. Tu je npr. v tri skupine razdeljen prostor za uskladiščenje in tudi vsi izdelki v skladišču. Skupine izdelkov se razdeli glede na pogostost dostopanja do njih, lokacije uskladiščenja pa na podlagi oddaljenosti od izdajne točke. Ko so skupine narejene, se skupine izdelkov dodeli skupinam lokacij, ki pa morajo biti dovolj velike, da se v njih lahko uskladišči blago znotraj pripadajoče skupine. Znotraj določene lokacijske skupine so izdelki razporejeni naključno. Glavna razlika med to in strategijo polnjenja glede na pogostnost je, da ta strategija dodeljuje izdelke lokaciji uskladiščenja na skupinski osnovi, strategija glede na pogostnost pa na individualni osnovi. Navadno so skupine tri, te pa so poimenovane A, B in C (oz. najpogosteje, srednje in najredkeje izdane izdelke). Na spodnji sliki (slika 4) lahko vidimo dva pogosto uporabljena načina razporeditve skupin.



Slika 4: Levo t. i. *within-aisle*, desno t. i. *across-aisle* razporeditev skupin [14].

Za strategijo polnjenja na podlagi blagovnih skupin bi se lahko reklo, da vsebuje značilnosti strategije naključnega polnjenja in strategije polnjenja glede na pogostnost blaga. V primerjavi z naključnim polnjenjem pripomore k skrajšanju komisionirnih poti. Ima pa tudi nekaj slabih lastnosti. Prva se nanaša na določitev velikosti skupinam skladiščnih lokacij oz. kolikšen delež prostora v skladiščnem prostoru naj zavzema določena skupina. Ena izmed klasičnih metod tovrstnega določanja je Paretova. Po njej naj bi bilo v skupini, kjer so izdelki, do katerih se dostopa najpogosteje (skupina A), približno 15 odstotkov vseh izdelkov, do teh pa se dostopa v kar 85 odstotkih. Seveda se lahko razdeli na več ali manj skupin kot tri, vendar je priporočeno, da je pri komisioniranju »človek k blagu« le teh od dve do štiri, v avtomatiziranih pa šest skupin. Po določitvi števila skupin se jih temu primerno razdeli na prave velikosti s pravim blagom [9].

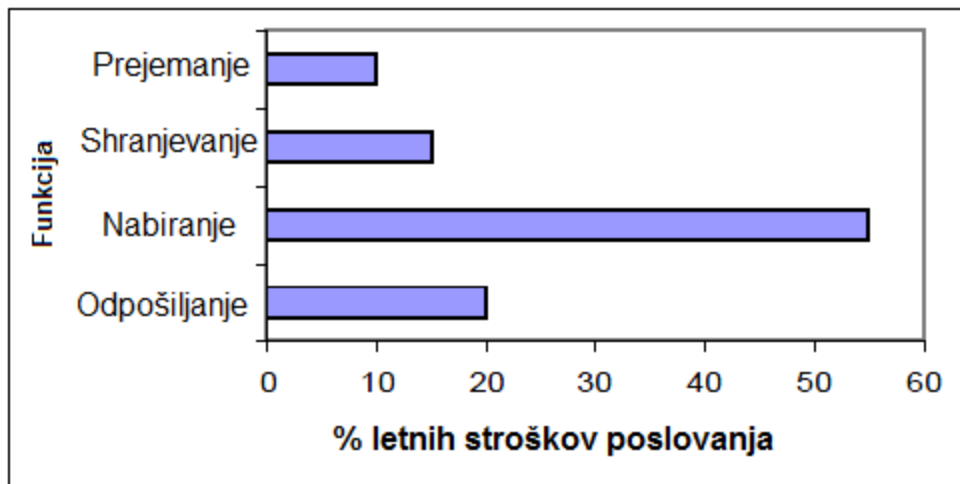
Še ena izmed strategij uskladiščenja (ang. *family-grouping storage*) pa je strategija, pri kateri se izdelke, ki se pogosteje sočasno pojavljajo na istem delovnem nalogu ali pa se jih pobira v istem obhodu, uskladišči čim bliže skupaj.

Je pa za vsako strategijo komisioniranja najbolj primeren določen način razporeditve blaga [11], pri čemer je lahko eden primernejši, kadar je na delovnem nalogu manj izdelkov, in drugi, kadar jih je več. Tako je za vzdolžno strategijo najprimernejši način razporeditve blaga znotraj hodnika (ang. *within aisle*), povratno pri večjem številu izdelkov primernejši način, kadar so izdelki, ki so pogosteje na delovnih nalogih, na začetku hodnikov. Kadar je zahteva po manjšem številu izdelkov, pa je za povratno strategijo najprimernejši t. i. diagonalni način razporeditve. Razporeditev na t. i. način znotraj hodnika najbolj ustreza strategijam največje vrzeli ter sestavljeni in optimalni, pri zadnjih dveh primerih z večjim številom izdelkov. Pri sestavljeni in optimalni z manjšim številom izdelkov pa je primeren diagonalni način razporeditve.

## 4 Komisioniranje blaga

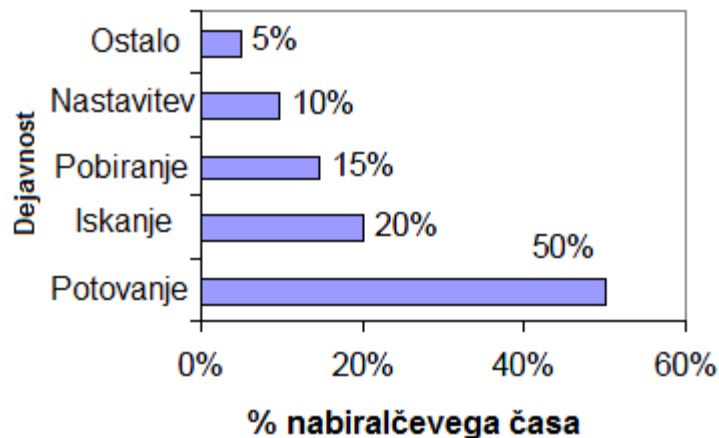
Pri komisioniranju govorimo o procesu zbiranja blaga iz skladišča glede na obseg in vsebino posameznih delovnih nalogov. Komisioniranje je proces zbiranja in priprave blaga iz skladišča glede na delovni nalog oz. določeno naročilo kupca. Za veliko večino skladišč komisioniranje v praksi velja za delovno najintenzivnejši in stroškovno najdražji proces. Zbiranje blaga v skladišču je večji delež stroškov skladišča in je hkrati tudi delovno intenzivno.

Stroški komisioniranja blaga naj bi zavzemali tudi od 40 do 60 odstotkov celotnih stroškov skladiščenja blaga [11].



Graf 1: Prikaz deležev stroškov skladiščenja [11].

Znotraj procesa pobiranja blaga pa lahko komisionarju, če optimalna pot po skladišču ni dobro načrtovana, premagovanje poti vzame približno 50 odstotkov časa.



Graf 2: Prikaz deležev časa komisionarja [8].

Zaradi številnih dejavnikov, notranjih in zunanjih, je načrtovanje komisionirnega sistema zapleteno in kompleksno. Maksimiranje učinkovitosti komisioniranja (določanje minimalnih komisionarskih poti) in minimiziranje stroškov je najpogosteje glavni cilj pri načrtovanju in oblikovanju komisionirnih sistemov. Tovrstno načrtovanje je torej eno najpomembnejših področij za izboljšanje produktivnosti skladišč in znižanje stroškov skladiščenja blaga. Pri organiziranju komisioniranja je treba upoštevati naslednje kriterije: eden izmed njih je delitev skladišča v eno ali več con. Če komisionar nabira blago s celotnega skladišča, potem je to enoconski sistem, kadar pa je vsakemu komisionarju dodeljen določen del skladišča, govorimo o večconskem sistemu. Eden izmed kriterijev se nanaša na način komisioniranja: zaporeden ali vzporeden. Pri zaporednem se posamezni nalogi komisionirajo drug za drugim, pri vzporednem pa več komisionarjev sočasno obdeluje isti nalog. Ker se v skladiščih pojavljajo različne možnosti sistemov komisioniranja blaga, se v praksi v posameznem skladišču uporabljajo različni komisionarni sistemi, ki pa se delijo na: človek k blagu, blago k človeku in avtomatizacija.

Najpogosteje uporabljen sistem je »človek k blagu« [3]. V tem primeru komisionar osebno potuje do blaga. Sistem »komisionar k blagu« pa deluje tako, da se komisionar premika do uskladiščenega blaga, ga prevzame in dostavi na mesto za izdajo. Po skladišču med policami oz. po hodnikih se komisionar lahko premika peš (in po potrebi s transportnim vozičkom) ali pa se vozi s tako imenovanim komisionirnim viličarjem. Tovrstni sistem uporablja velika večina skladišč po svetu, saj so potrebni nižji investicijski stroški postavitve skladišč, ki bodo uporabljale takšen sistem komisioniranja. Sistem »komisionar k blagu« se deli še na eno- ali dvodimenzionalni sistem komisioniranja »komisionar k blagu«. Pri enodimenzionalnem se komisionar premika peš ali z viličarjem brez dviga in blago jemlje iz prvega oz. drugega regala (oz. police). Pri dvodimenzionalnem pa se uporablja visokoregalnega viličarja. Znotraj

tega sistema se lahko uporablja še ena izmed naslednjih strategij: samostojno komisioniranje (ang. *discrete picking* ali *single order picking* ali *pick-by-order*), komisioniranje v skladiščni coni (ang. *zone picking*), komisioniranje več delovnih nalogov skupaj (ang. *batch picking*) ter valni model komisioniranja (ang. *wave picking*). Največ pa lahko na področju racionalizacije storimo pri premikanju po skladišču. Za premikanje po prostorih skladišča se namreč porabi veliko časa, zato se lahko z izbiro primernih tehnik, kjer so premiki narejeni optimalno, privarčuje veliko časa in skrajša pot delavcu. Določanje optimalne poti pri zbiranju blaga se navezuje na določitev strategije zaporedja zbiranja blaga z delovnega naloga. Poznamo različne tipe strategije, kot so S-oblika komisioniranja (ang. *S shape heuristics*), največja vrzel (ang. *largest gap heuristics*), optimalno (ang. *optimal heuristics*) itd.

Naslednji sistem komisioniranja je tako imenovani blago h komisionarju [3]. Namesto da bi človek hodil med policami in ročno nabiral blago, se blago s pomočjo transporterjev, elevatorjev in konvejerjev pripelje do komisionarja. Tovrstni sistem se veliko uporablja pri avtomatiziranem načinu skladiščenja. Uporablja se v avtomatiziranih regalnih skladiščih z manjšimi kosi blaga. S pomočjo regalnih dvigal in različnih tekočih trakov se blago dostavi do komisionarja, ta pa pobira izdelke, ki jih potrebuje za izpolnitev delovnega naloga. Takšen sistem je pogost v številnih panogah avtomobilske, kemične, farmacevtske industrije itd. Hitrost opravljenega delovnega naloga je odvisna od hitrosti transporterjev, razdalje med paketi in načina podajanja paketov na transporterje.

Tretji izmed sistemov komisioniranja je avtomatizacija [3]. Posebna avtomatizirana regalna skladišča so bila razvita zaradi potreb po večji pretočni zmogljivost in krajših reakcijskih časih pri obdelavi naročil. Delo komisionarja v tem primeru nadomeščajo številni roboti in avtomati. Zaradi omejene in otežene integracije avtomatiziranih sistemov v obstoječa skladišča je avtomatizacija pogosta predvsem v novih skladiščih.

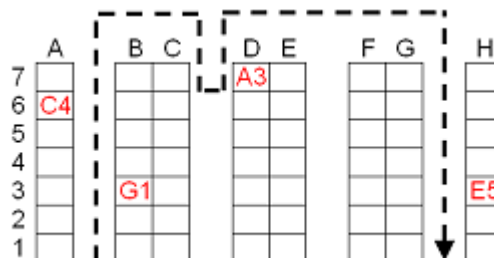


Slika 5: Komisionar pri nabiranju izdelkov [12].

Na prvi pogled je morda komisioniranje precej preprosto, a se hitro zavemo, da ni tako. Posamezno skladišče nima na voljo toliko komisionarjev, da bi lahko prevzeli vsa naročila, takoj ko so izdana. Problem je tudi v velikosti in obliki skladišč ter v tem, kako pogosto se (oz. kolikšno je povpraševanje) izdaja določeno blago in kje v skladišču je. Na koncu pa se je treba odločiti za primerno strategijo komisioniranja.

#### 4.1 Samostojno pobiranje

Komisionar lahko pobira blago po različnih metodah. Pri samostojnem komisioniranju (ang. *discrete picking*) posamezni komisionar izpeljuje en delovni nalog hkrati [7]. Potuje po skladiščnih hodnikih in zbira blago za posamezno naročilo. To je zelo preprosta metoda.



Slika 6: Primer samostojnega komisioniranja [7].

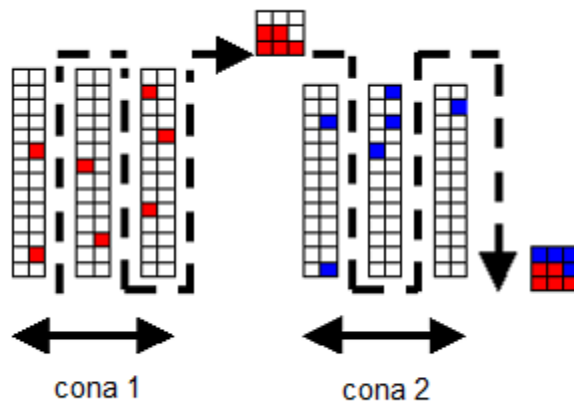
Ta način komisioniranja dobro deluje pri manjšem številu naročil in večjem številu dvigov na naročilo. V tem primeru je za delo primerno tudi papirno poslovanje, saj se komisionar



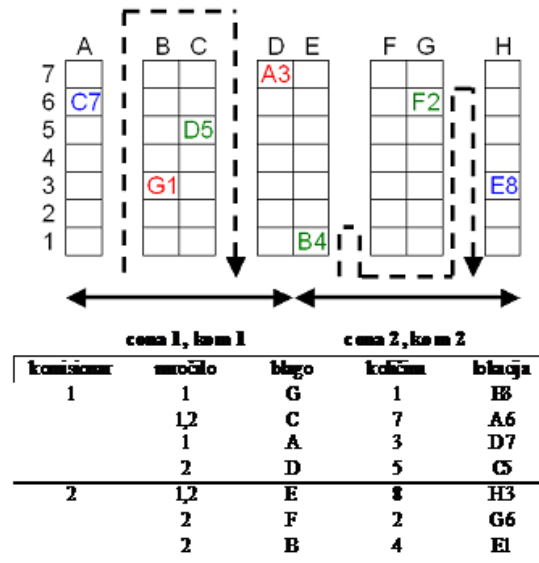
ukvarja z izvrševanjem le enega delovnega naloga na naročilo, posledično se zmanjša tveganje za izpustitev blaga iz naročila. Seveda pa ima tako preprosta metoda tudi slabost, in sicer je najmanj produktivna, saj mora vsak komisionar v celoti izpeljati naročilo, pri čemer so opravljene poti v večini daljše kot pri drugih metodah.

## 4.2 Consko pobiranje

Metoda komisioniranja v skladiščni coni (ang. *zone picking*) deluje tako, da se celotno skladišče razdeli na različne sektorje oz. cone [7, 15]. Vsaki izmed con se dodeli enega ali več komisionarjev, ti pa zbirajo blago znotraj njim dodeljene cone. Če je želeno blago v štirih conah, potem to naročilo izpolnjujejo štiri komisionarji oz. štiri skupine komisionarjev. To je uporabno, kadar so posamezna naročila tako velika, da jih en komisionar ne bi zmoget zbrati v enem obhodu. Metoda je najučinkovitejša v velikih skladiščih z velikim številom naročil in blagovnih enot. Njene prednosti so, da se skrajšajo komisionirne poti, saj mora posamezen komisionar prepotovati manjše območje. Poleg tega se zmanjša promet v skladišču in vsak komisionar bolje pozna lokacije določenega blaga. Slabost pa je, da nastajajo težave z usklajevanjem dela v vsaki coni. Pri tej metodi obstajata še istočasno (slika 8) in zaporedno (slika 7) komisioniranje. Pri zaporednem načinu se določen delovni nalog najprej obdela v prvi coni, ko tam opravijo potrebno delo, ga predajo naslednji in tako naprej. Pri istočasnem načinu pa lahko vse cone hkrati obdelujejo isti delovni nalog.



Slika 7: Primer zaporednega komisioniranja [7].

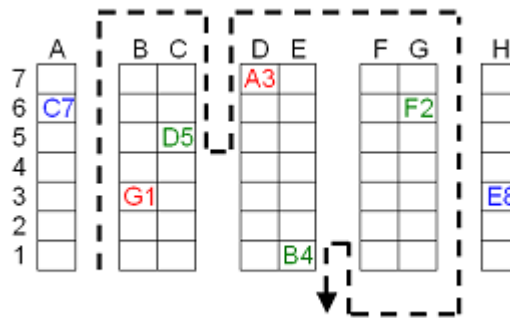


Slika 8: Primer vzporednega komisioriranja [7].

Tovrstno komisioriranje je dobro uporabiti, kadar se pri večjem številu naročil pojavljajo isti izdelki.

### 4.3 Pobiranje večjega števila delovnih nalogov skupaj

Metodo »komisioriranje več delovnih nalogov skupaj« (ang. *batch picking*) je primerno uporabiti, kadar ni ekonomično opraviti enega delovnega naloga na komisiorirno pot in je to naročilo manjše [7, 15]. Komisiorar v tem primeru združi več delovnih nalogov in vse zelene izdelke zbere v en transportni voziček, ko konča obhod, pa zbrane izdelke uredi, tako da ustrezajo posameznim naročilom. Prednost metode je, da se z združevanjem delovnih nalogov poveča produktivnost komisioriranja, saj se skrajša čas potovanja. Obstajata dva tipa metode, pri eni se že med komisioriranjem sortira izdelke (ang. *sort-while pick*), pri drugi pa se najprej zbere vse izdelke in se jih sortira na koncu (ang. *pick-and-sort*). Slabost zadnjega načina je, da je večja možnost za napačno sortiranje.



Slika 9: Primer pobiranja več delovnih nalogov skupaj [7].

Komisioniranje več delovnih nalogov skupaj je dobro uporabiti pri večjem številu delovnih nalogov in kjer se pojavljajo enaki izdelki.

#### 4.4 Valno pobiranje

Zadnja izmed posameznih metod komisioniranja je valni model komisioniranja (ang. *wave picking*) [7]. Pri tej metodi se delovni nalogi opravljajo v valovih (npr. na vsake pol ure, vsako uro ali dve). S tem se nadzoruje tok blaga med procesi komisioniranja, pakiranja, dopolnjevanja zalog in razporejanja v povezavi z urnikom izdaje. Valovi za komisioniranje so časovno usklajeni tako, da se naročila izpolnijo še pravočasno, malo pred izdajo naročila. Naslednji val se ne sme začeti, dokler prejšnji ni dokončan. Metoda je podobna samostojnemu komisioniranju (komisionar izvaja en delovni nalog v celoti), le da je izbrana skupina naročil, načrtovana za komisioniranje v točno določenem časovnem obdobju oz. valu. Pri tej metodi se lahko znotraj intervalov tudi združuje delovne naloge.

#### 4.5 Možnosti združevanja različnih metod komisioniranja

Včasih je primerno posamezne metode kombinirati. Na primer kombinacija komisioniranja v skladiščni coni in komisioniranje več delovnih nalogov skupaj. V različnih conah so komisionarji, ki jim je dodeljena točno določena cona, znotraj te pa nato izpolnijo del enega ali več naročil (če je blago iz večjega števila naročil v njegovi coni). Pri tej kombinaciji metod je dobro, da imamo več možnosti za združevanje delovnih nalogov. Slabost pa je, da je potrebne veliko koordinacije med conami, pred izdajo naročila pa je blago treba še sortirati.

Študije [8] so pokazale, da prav ta kombinacija lahko občutno poveča produktivnost dela komisionarja. Na dolžino poti znotraj cone vplivajo število hodnikov v coni ter njihova dolžina in način uskladiščenja blaga oz. strategija uskladiščenja.

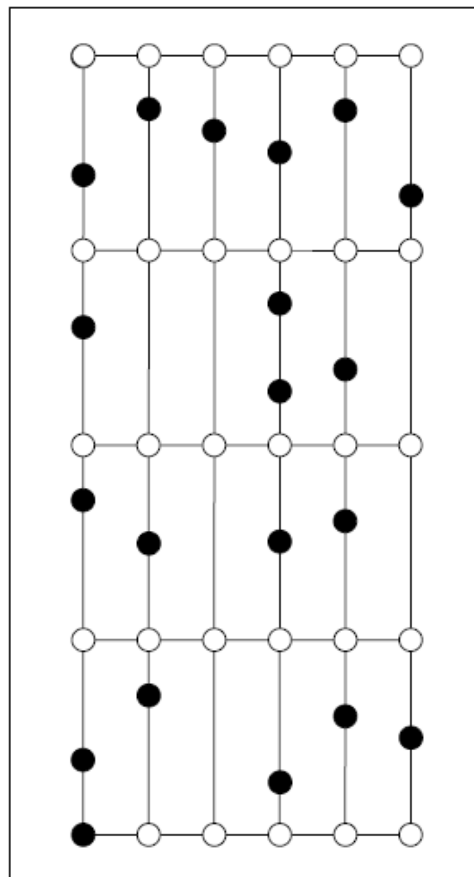
Primerjali so strategije komisioniranja samostojno, več delovnih nalogov skupaj, istočasno/hkratno v skladiščni coni, zaporedno v skladiščni coni in istočasno v skladiščni coni skupaj z valnim (ang. *simultaneous zone-wave*). Glede na rezultate naj bi istočasno komisioniranje v skladiščni coni z valnim načinom ter komisioniranje več delovnih nalogov skupaj izmed vseh naštetih prikazala najboljše rezultate, pri čemer na njuno zmogljivost asimetrično povpraševanje na dnevni ravni ali delovnega naloga ne vpliva negativno. Iz rezultatov primerjave naj bi bilo vidno, da se načina zaporedno in hkratno v skladiščni coni izkažeta vedno slabše, kadar se povečuje obseg naročila.

Kljub temu naj bi se najpogosteje uporabljala načina komisioniranje več delovnih nalogov in komisioniranje v coni.

## 5 Strategije komisioniranja

### 5.1 Poseben problem trgovskega potnika

Problem najkrajše komisionirne poti je pravzaprav poseben problem trgovskega potnika (ang. *Traveling Salesman Problem*) [9]. Problem trgovskega potnika je situacija, v kateri »trgovec« pot začne na svojem mestu in mora obiskati vsa potrebna mesta natanko enkrat in se vrniti na svoje mesto. Pri tem pozna razdalje med vsakim parom mest in želi načrtovati pot, po kateri bo s tem, ko bo obiskal vsa mesta, opravil najkrajšo možno pot. Podobnost med tem primerom in primerom, kakršnega ima komisionar v skladišču, je, da je komisionar prav tako na svojem mestu (V/I točki), kjer prejme delovni nalog. Nato mora obiskati lokacije v skladišču, kjer so izdelki z njegovega delovnega naloga. Primer problema je prikazan na spodnji sliki grafa (slika 10).



Slika 10: Primer grafa z vozlišči [9].

Graf je par množic  $(V, E)$ , kjer  $V$  predstavlja končno neprazno množico elementov, imenovanih vozlišča,  $E$  pa je končna neurejena relacija parov vozlišč (iz  $V$ ), imenovanih

robovi ali veje, pri čemer množico  $V$  imenujemo množica vozlišč grafa in  $E$  množica povezav grafa. Na zgornji sliki (slika 10) lahko vidimo, da je nekaj vozlišč (bele barve), ki jih ni treba obiskati. Ta vozlišča predstavljajo mesto med hodniki in vstopne točke v hodnike. Vozlišča na grafu obarvana črno pa predstavljajo lokacijo v hodniku, kjer je izdelek z delovnega naloga in spodnje skrajno levo vozlišče  $V/I$  točko. Dovoljeno je, da se ta vozlišča obiše več kot enkrat.

Tovrstni problem se imenuje tudi Steinerjev problem trgovskega potnika [9], ki pa je na splošno težko rešljiv. Zanj ne obstaja znan algoritem, kakršen je pri problemu trgovskega potnika, ki reši problem v polinomskem času [9]. Dokazano je bilo [9], da obstaja algoritem za skladišče z enim samim blokom hodnikov. Zaradi težavnosti problema se v praksi raje uporablja hevristične rešitve. Hevristika je algoritem, ki ponuja izvedljivo rešitev, za katero pa ni gotovo, da je najboljša.

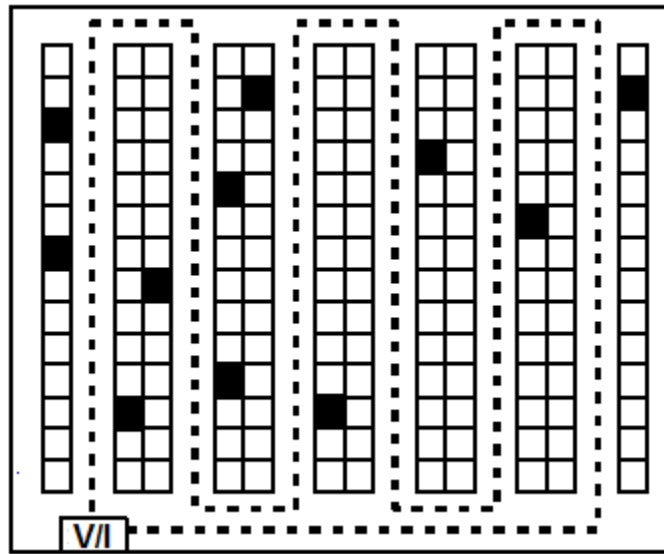
## 5.2. Strategije komisioniranja

V nadaljevanju bomo predstavili različne strategije komisioniranja, ki pa se jih izbira na podlagi naročil, saj naj bi komisionar naredil čim krajšo pot med zbiranjem blaga. Kajti kar približno 50 odstotkov vsega časa, ki ga komisionar porabi, da zbere vse izdelke za določen delovni nalog, vzame njegovo potovanje po skladišču (graf 2). Zato je v večini primerov komisioniranja minimiziranje potovalnega časa glavni cilj za izboljšavo poslovanja skladišča. Večinoma se uporabljata dve meritvi za prepotovane razdalje med komisioniranjem. Ena izraža povprečno razdaljo, prepotovano na delovni nalog, druga pa celotno razdaljo, ki jo naredi komisionar. Če se zmanjša povprečna razdalja, se zmanjša tudi celotna razdalja.

Za skrajševanje razdalje se uporablja različne strategije za določanje komisionirne poti. Poznamo sedem različnih strategij, od tega je šest hevrističnih.

### 5.2.1 Vzdolžna

Vzdolžna strategija (ang. *S-shape heuristic*) je ena izmed enostavnejših. Za njo je značilno, da se vsak hodnik, v katerem je vsaj en izdelek z delovnega naloga, prepotuje po celotni dolžini. V hodnike, kjer zelenega izdelka ni, se ne vstopa. Po zadnjem obiskanem hodniku se komisionar vrne na začetno točko. Ta strategija je primerna, kadar komisionar pobira izdelke z obeh strani hodnika hkrati (ang. *Double-sided*), saj se vsak hodnik prepotuje le enkrat [8, 9].

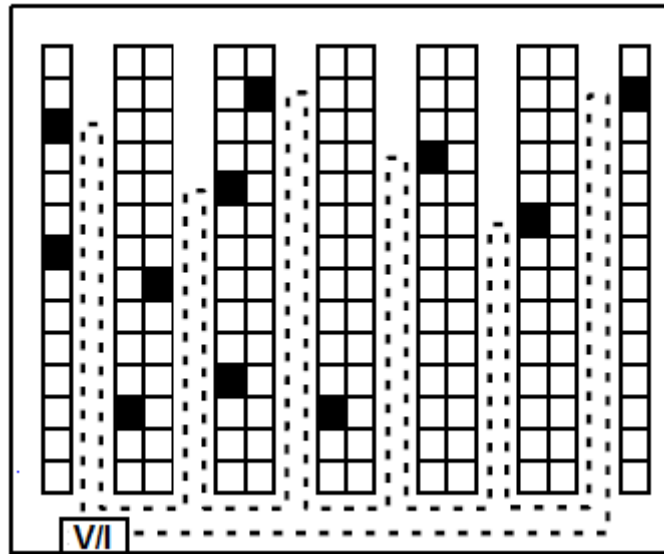


Slika 11: Primer vzdolžne strategije [9].

### 5.2.2 Povratna

Povratna strategija (ang. *return heuristic*) je še ena izmed enostavnih strategij. Tudi pri tej se vstopa le v hodnike, v katerih je iskan izdelek, le da se hodnik zapusti na istem koncu, kot se vanj vstopi. Pri tej strategiji je primerno pobirati izdelke najprej z ene strani hodnika, in ko se vračamo, z druge smeri hodnika (ang. *single-sided*).

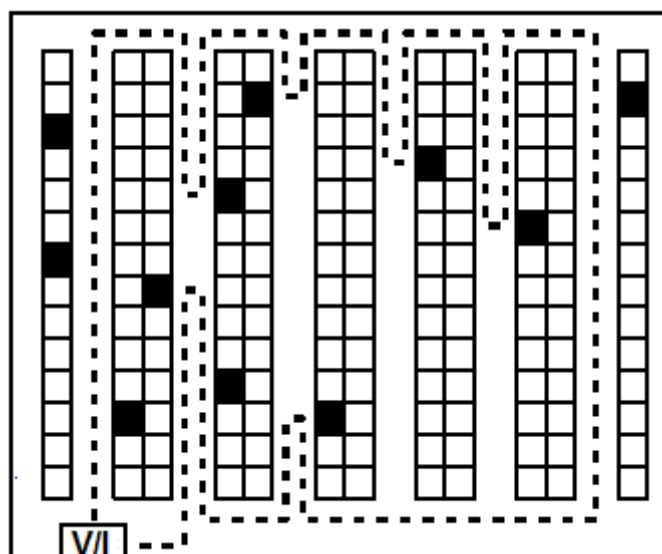
Kriterij, ki ga je vredno upoštevati, kadar se odločamo med vzdolžno in povratno strategijo, je širina hodnikov. Širina ali pogostnost pobiranja bi morali biti precej veliki, da bi se odločili za t. i. način *double-sided*, ki je primernejši za vzdolžno strategijo. V tem primeru komisionar sproti hodi od izdelkov na levi in desni strani [8, 9].



Slika 12: Primer povratne strategije [9].

### 5.2.3 Srednje točke

Strategija srednje točke (ang. *Midpoint heuristic*) skladišče razdeli na dva dela. Kot je razvidno na sliki spodaj (slika 13), je razdeljeno po dolžini. V tem primeru se le v prvem in zadnjem hodniku tega zapusti na drugem koncu, kot se je vanj vstopilo. Komisionar v vmesnih hodnikih potuje le do sredine in se nato vrača. Sicer je strategija podobna povratni, le da je skladišče razdeljeno na dva dela. Ta strategija naj bi bila primernejša kot vzdolžna, kadar je številko lokacij pobiranja izdelkov majhno (npr. kadar se v povprečju pobira en različen izdelek na hodnik) [8, 9].

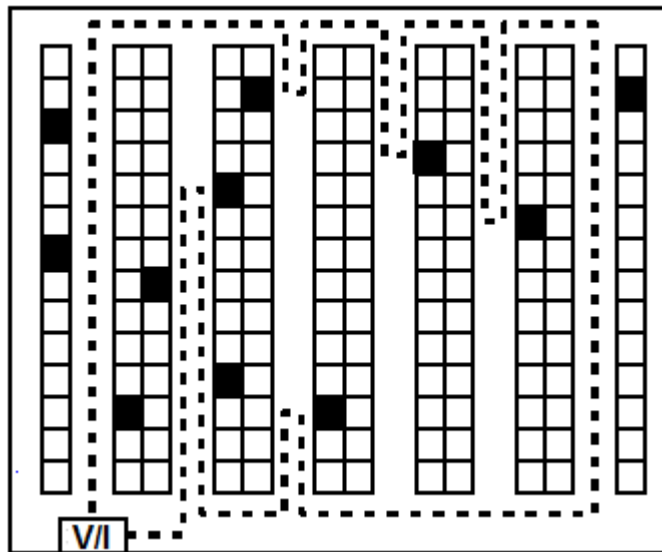


Slika 13: Primer strategije srednje točke [9].



### 5.2.4 Največje vrzeli

Strategija največje vrzeli (ang. *Largest gap heuristic*) je podobna strategiji srednje točke, le da komisionar vstopa v hodnik do največje vrzeli znotraj hodnika namesto do srednje točke. Če sta dva izdelka v istem hodniku, a vsak na svojem koncu razmeroma na začetku, se pot naredi z obeh strani hodnika. Zadnji hodnik se prepotuje v celoti. Ta strategija je v praksi učinkovitejša kot strategija srednje točke, je pa zadnjo lažje implementirati. Predvsem je uporabna, kadar je število iskanih izdelkov v hodniku majhno [8, 9].



Slika 14: Primer strategije največje vrzeli [9].

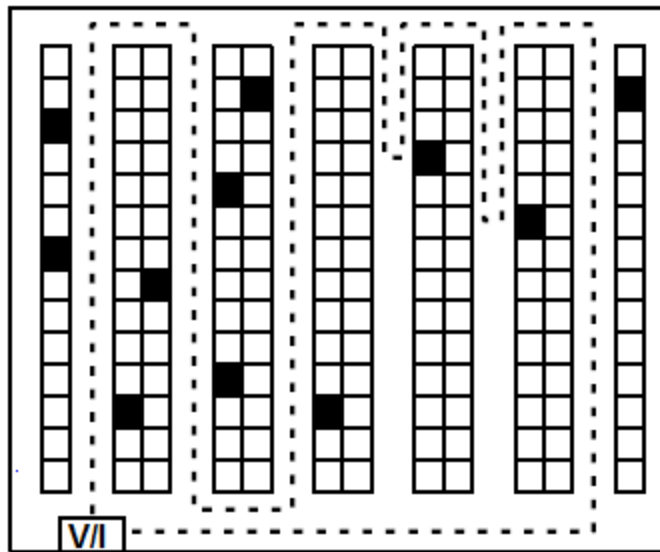
### 5.2.5 Kompozitna

Kompozitna strategija (ang. *composite heuristic*) združuje vzdolžno in povratno. Pri vsakem hodniku posebej se pri tej strategiji odloči, ali bo pot krajša, če se ga prečka v celoti (vzdolžna strategija), ali pa se znotraj njega obrne in ga zapusti, kjer se je vanj vstopilo (povratna strategija) [8].

### 5.2.6 Sestavljena

Sestavljena strategija (ang. *combined heuristic*) je zelo podobna kompozitni. Prav tako združuje lastnosti vzdolžne in povratne strategije. Vključuje tudi nekaj dinamičnega programiranja, kar omogoča, da se v dani situaciji odloči glede na to, kaj nas čaka v naslednjem hodniku. Na primer, da bi pri komisioniranju v trenutnem hodniku opravili krajšo

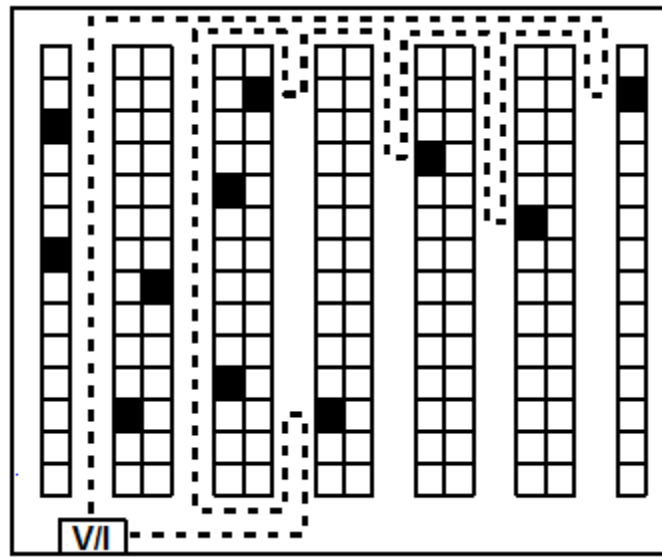
pot, če bi se vrnili na začetek hodnika. Pri tej strategiji pa bi se odločili prečkati hodnik in iti na drugo stran, saj bi nam to dalo boljše izhodišče za obisk naslednjega hodnika [10].



Slika 15: Primer sestavljene strategije [9].

### 5.2.7 Optimalna

Optimalna strategija (angl. *Optimal routing*) je podobna sestavljeni. Hodnik se v tem primeru lahko prehodi v celoti ali pa se ga zapusti na istem koncu, kot se je vanj vstopilo. Za vsak hodnik posebej se izbira naredi z uporabo dinamičnega programiranja. Dobra lastnost te strategije je, da komisionar z njeno pomočjo opravi najkrajšo pot. Pri tem algoritmu so lahko potrebne nekatere povratne poti, kar lahko povzroča zmedo. Začrtana pot se lahko komisionarju zdi nelogična ali neoptimalna, zato ji ne sledi. Omeniti je treba, da se tovrstno metodo lahko uporablja le v pravokotnih skladiščih z enim ali dvema blokoma. Dodatni problem je še, da je treba za vsako pot posebej izvesti metodo, kar je lahko veliko breme za informacijski sistem. Slabost je tudi, da se pri določitvi poti ne upošteva možnega prometa v hodnikih in tako lahko nastajajo zastoji. Pri vzdolžni strategiji, če je pobiranje izdelkov dovolj pogosto, komisionirne poti potekajo v eno smer; pri heurističnih strategijah se je v večini primerov zastojem možno izogniti. Zaradi teh in še kakšnega razloga več se v praksi raje uporablja enostavnejša in standardizirano strategijo komisioniranja, pri kateri so rezultati zelo podobni kot pri optimalni, vendar z manj zmede [9, 10].



Slika 16: Primer optimalne strategije [9].

## 6 Primerjave

### 6.1 Primerjava med različnimi načini uskladiščenja

Kdor bi uporabljal strategijo naključnega polnjenja, bi lahko privarčeval oz. bi potreboval manj prostorno skladišče, a bi imel na račun tega višje stroške zaradi daljših komisionirnih poti [8]. S strategijo polnjenja na podlagi blagovnih skupin se potreba po prostoru povečuje z večanjem števila skupin. In če pri uporabi te strategije potrebujemo več prostora kot pri naključnem polnjenju, potrebujemo še več prostora pri uporabi strategiji namenskega polnjenja. S pomočjo simulacije so ugotovili, da lahko z uporabo polnjenja na podlagi blagovnih skupin občutno zmanjšamo potreben prostor za uskladiščenje v primerjavi s polnjenjem na podlagi pogostnosti blaga.

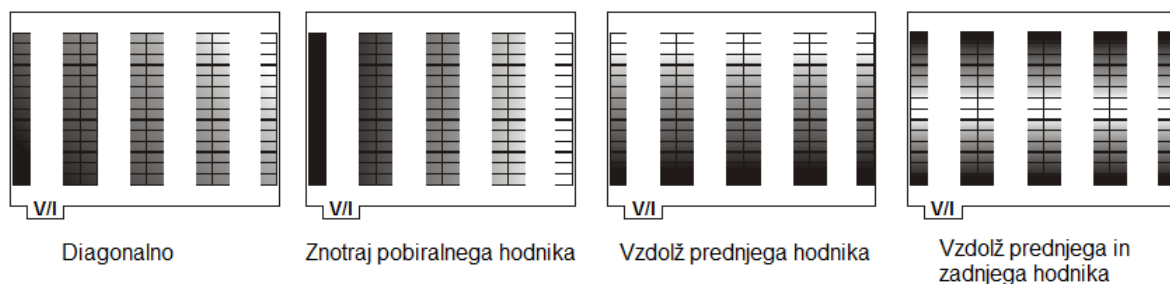
Strategiji namenskega polnjenja, tako *COI-based* kot *volume-based*, imata nekaj prednosti v primerjavi z drugimi. Pri njih je največ prihrankov pri komisionirnih poteh. Ker ima vsak izdelek svojo lokacijo, si jo komisionar lažje zapomni in tako prihrani čas iskanja. Poleg tega se lahko določi, da bodo težji izdelki na nižjih policah in lažji na višjih. Glavna pomanjkljivost pa je, da je prostor rezerviran celo za zastarele izdelke in tako je izkoriščenost prostora v skladiščih, kjer se izbor izdelkov pogosto menja, slabša. Pri takšni razporeditvi blaga je treba lokacijo izdelkov redno preverjati, če želimo, da je ureditev pravilna glede na razmerje COI. Takšna ureditev ni najprimernejša, kadar se povpraševanje po izdelkih spreminja iz dneva v dan [8].

Strategija polnjenja na podlagi blagovnih skupin je glede na prednosti in slabosti približno med naključnim in namenskim polnjenjem glede na raznoliko povpraševanje po izdelkih, razdelitev skupin in metode komisioniranja [8]. Več raziskav primerjave strategij uskladiščenja je pokazalo, da glavno razliko v razdalji komisionirnih poteh med strategijama polnjenja glede na pogostnost blaga in polnjenja na podlagi blagovni skupin prinesejo odločitve, koliko skupin bo uporabljenih, kolikšen delež vseh izdelkov bo v določeni skupini ter seveda katera strategija komisioniranja bo uporabljena. Je pa razdelitev na blagovne skupine lažje implementirati v praksi, saj ni treba narediti celotnega seznama izdelkov urejenega po frekventnosti in potrebnega je manj časa za upravljanje kot pri strategijah namenskega polnjenja.

V raziskavah [8] so se dotaknili tudi morebitne gneče znotraj hodnikov. Ugotovili so, da je pri naključnem polnjenju porazdelitev prometa približno enakomerna, pri t. i. strategiji *COI-based* je gostejši promet v okolici izdelkov z nižjim COI-razmerjem, kar lahko pripelje do

zastojev. Pri ureditvi glede na blagovne skupine pa do zmerne prometne gneče, in sicer približno med zgoraj omenjenima primeroma.

Obstaja več različni načinov shranjevanja pri COI in t. i. *volume-based* [10], kot je prikazano na spodnji sliki (slika 17). Temnejša barva pomeni, da so tam shranjeni izdelki z bolj pogostim dostopanjem oz. nižjim COI-razmerjem. Prvi izmed načinov je diagonalni (ang. *diagonal*). V tem primeru so izdelki s pogostejšim dostopanjem oz. najbolj frekventno blago shranjeni najbližje izdajni točki, tisti z redkejšim pa so oddaljeni od te točke. Ta način naj bi bil po mnenju nekaterih najboljši [10]. Naslednji način znotraj pobiralnega hodnika (ang. *within aisle*) je zastavljen tako, da so izdelki z najpogostejšim dostopanjem shranjeni v hodniku najbližje točki izdajanja, v hodniku najdlje od te točke pa so tisti z redkejšim. Po mnenju nekaterih [10] je pri takšnem načinu shranjevanju smiselno uporabiti vzdolžno hevrstično strategijo komisioniranja. Tretji izmed načinov razporeditve blaga je t. i. vzdolž prednjega hodnika (ang. *along front aisle* ali *identical aisle*), kjer se blago, do katerega se dostopa, najpogosteje shrani ob prednjem prečnem hodniku, tisto z redkejšim pa ob zadnjem prečnem hodniku. Pri takšni razporeditvi je primerna uporaba povratne strategije komisioniranja. Pri zadnji četrti možnosti razporeditvi blaga, imenovani vzdolž prednjega in zadnjega prečnega hodnika (ang. *along front and rear aisle type*), kjer se najbolj frekventno blago uskladišči na zunanjem območju hodnikov, manj frekventno pa v osrednjem delu skladišča, sta uporabni strategiji največje vrzeli in srednje točke komisioniranja [10].



Slika 17: Primeri shranjevanja izdelkov glede na pogostnost [10].

## 6.2 Primerjava komisionirnih strategij v enoblokovskem skladišču

Različni avtorji opisujejo [8], katere strategije so na splošno primernejše in katere se bolje izkažejo v določenih primerih. Študija je pokazala, da se strategija največje vrzeli in vzdolžna strategija najbolje izkažeta v skladišču z naključno razporeditvijo blaga, kjer so vsi regali postavljeni skupaj v en blok. Hkrati so ugotovili, da je bolje uporabiti strategijo največje vrzeli, če je število izdelkov, ki jih pobirajo znotraj enega hodnika, manjše od 3,8, vzdolžna strategija pa boljša, kadar je to število večje od 3,8. Na teh skladiščih so bila narejena tudi

testiranja z vsemi šestimi prej (poglavje 5) opisanimi strategijami. Iz sklepov testiranja je bilo razvidno, da je najboljša hevristična strategija v povprečju za 5 odstotkov slabša od optimalne in da sta se od vseh hevrističnih najboljše izkazali sestavljena in strategija največje vrzeli, ki sta bili za 9 in 10 odstotkov slabši od optimalne. Lotili so se tudi primerjanja med optimalno in vzdolžno strategijo na več različnih tipih skladišč z regali, postavljenimi v en blok. Izsledki so, da bi komisionar s hevristično vzdolžno strategijo opravil v povprečju od 7,3 do 12,7 odstotka daljšo pot kot pri optimalni strategiji pri prvem skladišču, med 12,5 in 20,8 odstotka pri drugem in med 30 in 32,4 odstotka pri tretjem skladišču. Na takšno razliko med tremi skladišči lahko močno vpliva razporeditev blaga v hodnikih. Vzdolžna strategija je tako primernejša, če so izdelki, ki se jih največkrat pobira, zbrani v enem hodniku, tisti z nižjo frekvenco pobiranja pa v drugem. V skladišču z dvema blokoma in V/I točko med njima ter urejenem po strategiji *COI-based* se povratna strategija izkaže za boljšo od vzdolžne, kadar je povprečno število pobranih izdelkov na hodnik manjše (npr.  $< 1$ ), razmerje med skupinami skladišča ABC pa večje (npr. 70/20, kjer 20 odstotkov vseh shranjenih izdelkov predstavlja 70 odstotkov izdelkov z največ povpraševanja). Narejenih je bilo še veliko različnih primerjav in na koncu se je pokazalo, da med hevrističnimi strategijami nobena ni primerna za vse situacije. Ena izmed strategij je lahko zelo primerna v določeni situaciji, a je toliko slabša v drugih.

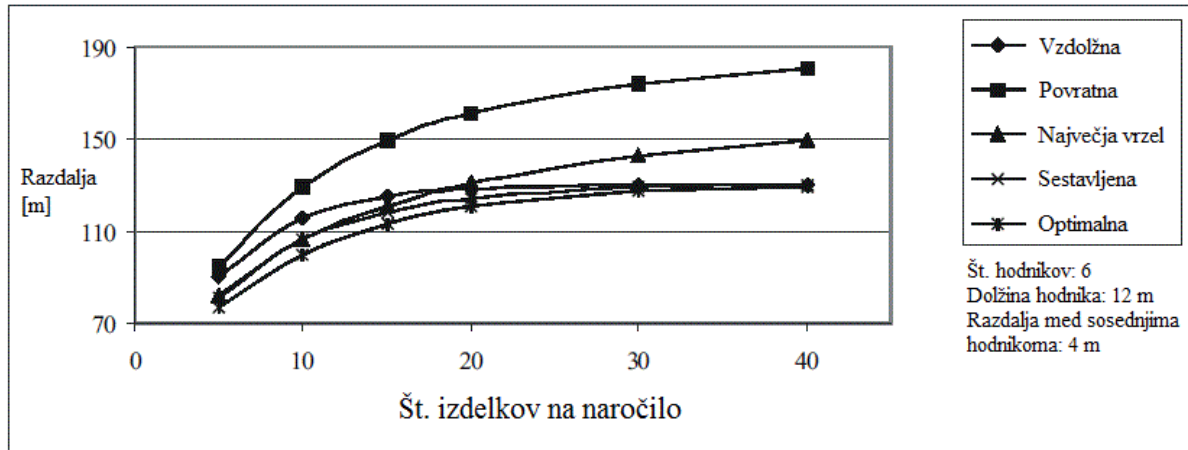
Povprečna dolžina komisionirne poti je v večini primerov odvisna od postavitve regalov v skladiščnem prostoru, širine in dolžine hodnikov, kje v skladišču je določeno blago shranjeno in izbrane strategije za obhod po skladišču [8].

Če bi se torej v skladišču z enim samim blokom odločali med hevrističnimi rešitvami, bi bilo pred končno odločitvijo smotrno biti pozoren na naslednje stvari. Če vemo, da bo znotraj hodnikov treba vzeti izdelke z veliko različnih lokacij, potem bo vzdolžna strategija verjetno najbližje optimalni [9]. Kadar bo število lokacij manjše oz. zelo majhno, bo druga hevristična rešitev boljša. Tudi lastnosti izdelkov so pomembne. Ni ravno primerno, da bi težji izdelek postavili na lažjega in bi se pri tem kateri poškodoval. Zato je bolje najprej pobrati težje izdelke, da ne bi bilo nepotrebne prekladanja med komisioniranjem. Temu primerno se uredi način uskladiščenja. Ne nazadnje pa je veliko odvisno tudi od postavitve skladišča (širina hodnikov, en ali dva prečna hodnika ipd.).

### **6.3 Primerjava komisionirnih strategij v enoblokovskem skladišču – drugič**

Primerjava različnih strategij komisioniranja skupaj z različnimi načini shranjevanja blaga je bila pridobljena v analizi s pomočjo simulacije [10]. Skupaj je bilo 48 kombinacij

komisioniranja, kjer je število različnih izdelkov na delovnem nalogu 5, 10, 15, 20, 30 ter 40 in dve različni skladišči (eno manjše in drugo večje). Uporabljene so bile tudi različne postavitve znotraj skladišča; razmerje med širino in globino skladišča je bilo 2 : 1, 1 : 1, 1 : 2 in 3 : 1. Simulacija se je izvajala s posameznimi delovnimi nalogi (brez združevanj večjega števila nalogov v enega). Pri naključni razporeditvi blaga v skladišču so bili pridobljeni rezultati, razvidni na spodnjem grafu (graf 3).

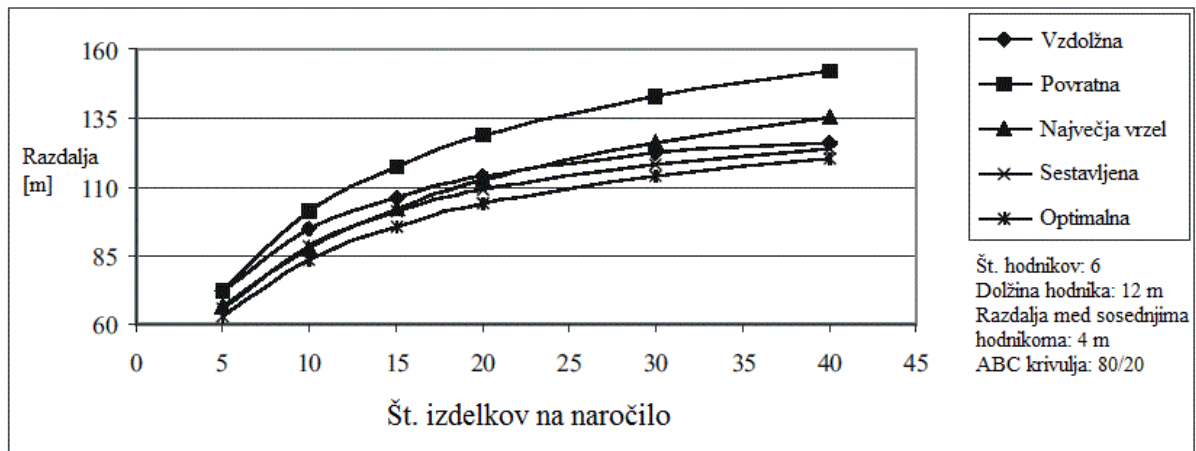


Graf 3: Primerjava komisionirnih poti pri naključnem shranjevanju izdelkov [10].

Dve izmed strategij (strategija srednje točke in kompozitna strategija) na sliki (slika 20) nista prikazani, saj so bili rezultati zelo podobni, a rahlo slabši kot pri strategiji največje vrzeli in sestavljeni strategiji. Povratna strategija se je v tem primeru pokazala za najslabšo in razlika v primerjavi z drugimi se povečuje z naraščanjem števila različnih izdelkov na delovnem nalogu. Vzdolžna strategija je le nekaj odstotkov slabša v primerjavi z optimalno, kadar je treba vzeti večje število izdelkov, a toliko slabša pri manjšem številu. Obratno pa je pri strategiji največje vrzeli, saj je pri manjšem številu izdelkov za približno 5 odstotkov slabša kot optimalna, pri večjem številu pa se ta delež še poveča. Izmed vseh hevrističnih strategij se je najbolje izkazala sestavljena strategija. Samo pri zelo majhnem številu izdelkov je od nje v velikem skladišču (z dolgimi hodniki) rahlo boljše strategija največje vrzeli. Za majhno število izdelkov je najboljša hevristična strategija od 5 do 10 odstotkov (odvisno od velikosti skladišča) slabša od optimalne, razlika pri velikem številu izdelkov pa je zanemarljiva.

Da bi ugotovili, ali način razporeditve blaga po načelu pogostosti pojavljanja izdelkov na delovnih nalogih zmanjša prepotovano pot po skladišču v primerjavi z naključno, je bila narejena simulacija z načrtno razporeditvijo blaga [10]. Na spodnjem grafu (graf 4) je razvidno, da je pri takšni razporeditvi blaga opravljena krajša pot kot pri naključni razporeditvi. Možnost skrajšanja poti pri manjšem številu izdelkov je tudi do 55 odstotkov.

Znova se je na splošno izmed hevrističnih strategij komisioniranja najbolj izkazala sestavljena strategija z 1 do 5 odstotkov slabšim rezultatom kot optimalna.



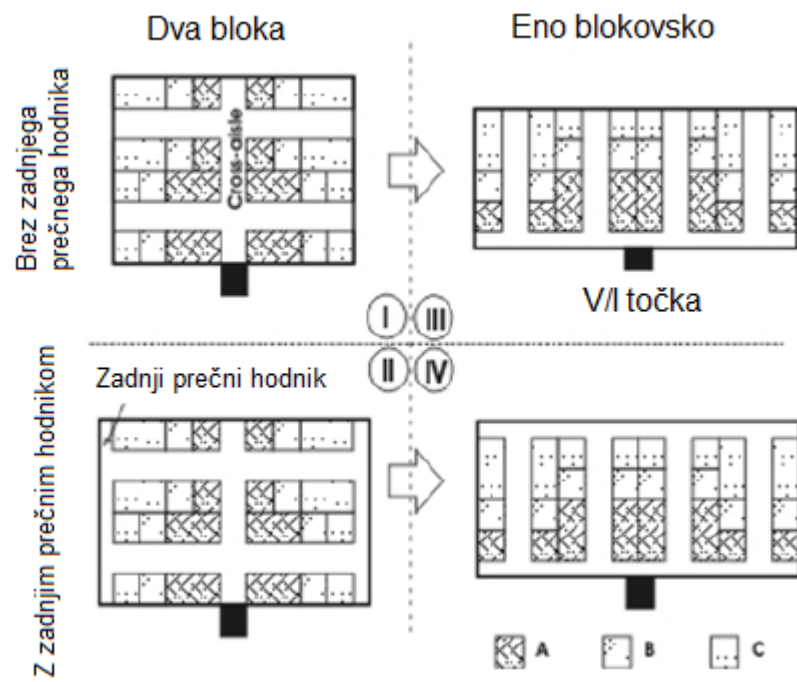
Graf 4: Primerjava komisiorirnih poti pri razporeditvi izdelkov po pogostnosti (območjih) [10].

## 6.4 Komisioniranje v večblokovskem skladišču

V večblokovskem skladišču je veliko vzporednih pobiralnih hodnikov (ang. *pick aisles*) [9]. Razdeljeno je na več blokov, pri čemer se vsak izmed njih deli na podhodnike (ang. *Subaisles*); podhodnik je tisti del pobiralnega hodnika, ki je znotraj enega bloka. Beseda hodnik se uporablja, kadar imamo v mislih pobiralni hodnik in podhodnik. Na skrajnem koncu in začetku skladišča ter tudi med bloki pa so t. i. prečni hodniki (ang. *cross aisle*). V prečnem hodniku niso izdelki za komisioniranje, ampak se skozi njih lahko le preide v drug hodnik. Vsak blok ima sprednji in zadnji prečni hodnik. Tako je sprednji prečni hodnik enega bloka tudi zadnji prečni hodnik drugega bloka, razen pri prvem bloku (slika 1).

Skladišče z regali lahko različno organiziramo [8]. Štiri različne postavitve so prikazane na spodnji sliki (slika 18). Postavitvi I in II sta si podobni po tem, da regale po sredini skladišča loči hodnik. Skladišče je tako razdeljeno na dva bloka (levega in desnega). Postavitvi III in IV pa sta si podobni v tem, da je pri obeh skladišče sestavljeno iz enega samega bloka regalov. Postavitev I (dva bloka in prehodi zaprtega tipa), pri kateri sta dva bloka, vhod v hodnik pa je med dvema regaloma le na eni strani, ne dopušča druge strategije komisioniranja kot povratne, saj je hodnik možno zapustiti le tam, kjer se je vanj vstopilo. Ko je skladišče urejeno po načinu II (dva bloka in prehodi odprtega tipa), je v hodnik med regaloma možno vstopiti z dveh koncev, kar omogoča potovanje med njimi brez povratne strategije. Postavitvi I in II se da precej preprosto preurediti v postavitvi III in IV, kjer imamo nato le en blok. Takšne postavitve so v praksi najbolj enostavne.





Slika 18: Primeri različnih postavitev blokov in prečnih hodnikov [8].

## 7 Povzetek

Komisioniranje oz. zbiranje blaga je pogosto eno najbolj težavnih in dolgotrajnih opravil v skladišču. Učinkovitost zbiranja blaga je odvisna od dejavnikov, kot so razporeditev regalov v skladišču, velikosti skladišča, razporeditev blaga in način zbiranja blaga. Metoda človek k blagu je najpogosteje uporabljena metoda zbiranja izdelkov. Časovno najbolj potratno opravilo pri tej metodi je običajno prav premagovanje poti med lokacijami.

Ker niso vsa skladišča enaka, je težko določiti, katere strategije, metode ali načine uporabiti. Pri samostojnem komisioniranju se je pokazalo, da se v večini skladišč, kjer sta vsaj dva bloka regalov in temu primerno veliko število različnih izdelkov, v povprečju opravi krajšo komisionirno pot. Če je blok samo en, je najbolje imeti izdajno točko na sredini sprednjega prečnega hodnika. Kolikšno je optimalno število hodnikov, je močno odvisno od potrebnega prostora za shranjevanje in velikosti delovnega naloga oz. od tega, koliko različnih izdelkov je treba zbrati za posamezni delovni nalog.

Algoritem za optimalno pot, ki bi problem reševal relativno hitro, obstaja za primer skladišč z enim blokom, v drugih primerih je rešljivost zahtevnejša. Optimalna pot pa lahko s svojo kompleksnostjo komisionarju povzroči tudi težave ali pa se mu zdi, da bo pot daljša in zato z nje skrene ter nadaljuje po svojem občutku. A tudi z enostavnejšimi hevrističnimi strategijami se da zelo približati minimalni potrebni razdalji. Poleg tega pa jih je lažje za razumeti in so na pogled bolj logične.

S pravilno odločitvijo, kako razporediti regale in blago v skladišču in temu primerno izbrati pravo hevristično strategijo komisioniranja, se lahko zelo približamo minimizirani dolžini komisionirne poti.

## 8 Predstavitev programa

V sklopu diplomske naloge smo razvili program, ki zajema nekaj izmed prej navedenih načinov razvrščanja izdelkov po skladiščnih lokacijah in strategijah komisioniranja. Namen tega je s časom razviti oz. pripraviti primerno aplikacijo, ki bi lahko koristila kateremu izmed skladišč in s katero bi skrajšali komisionirne poti ter posredno znižali stroške poslovanja. V tem poglavju bomo opisali, kaj smo sprogramirali.

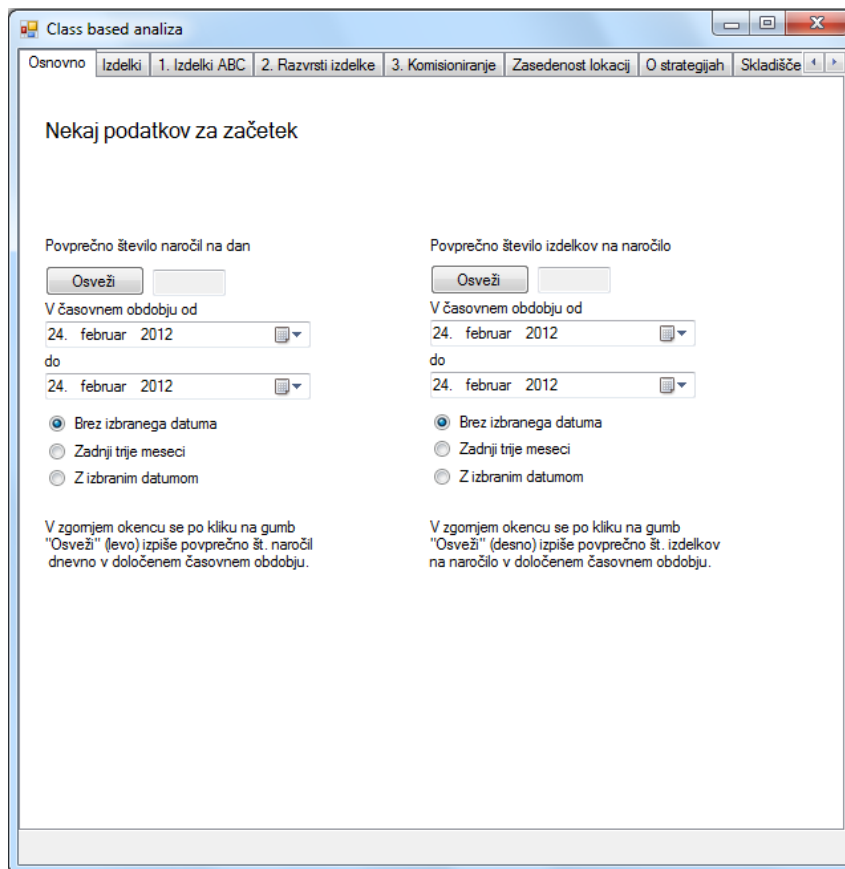
Programiranja smo se lotili v razvojnem okolju Microsoft Visual Studio 2008 Express in programskem jeziku C#. Ta programski jezik smo spoznali v podjetju, kjer smo opravljali obvezno delovno prakso in pozneje razvijali omenjeni program. Programski jezik C# je precej razširjen in skupaj z Visual Studio razmeroma enostaven za pripravo aplikacije (*Windows Form Application*) z različnimi gumbi, vnosnimi polji, izbirnimi okenci itd.

Za testiranje smo imeli na voljo dostop do baze podatkov, kjer so podatki o naročilnicah, ki so jih dobili v določenem podjetju. Izmed vseh tabel so bile za testiranje uporabne le tri, pozneje pa sta se zaradi dodatne potrebe ustvarili še dve tabeli. Preden smo začeli programirati v C#, je bilo treba v programu Microsoft SQL Server Management Studio ustvariti primerne poizvedbe SQL, ki bi vrnile določene rezultate, ki jih je treba poznati za izbiro določenih strategij v skladišču. Hoteli smo izvedeti, kolikšno je povprečno število naročilnic na dan v določenem časovnem obdobju, povprečno število različnih izdelkov na naročilo v določenem časovnem obdobju, kolikokrat se določen izdelek pojavi v naročilu, kolikokrat je bil naročen določen izdelek itd. To je bilo treba dobiti iz treh tabel (imenujmo jih M, N in O), pri čemer so v tabeli M stolpci z enoznačnim imenom naročilnice, njenim datumom in drugimi stolpci, ki za naš primer niso relevantni. V tabeli N sta za nas zanimiva stolpca z enoznačnim imenom naročilnice in šifro izdelka. V tabeli O pa so stolpci s šifro izdelka in njegovim polnim imenom oz. opisom. V nadaljevanju bomo predstavili še tabeli, ki smo ju ustvarili pozneje.

Po pridobljenih rezultatih smo se lotili izdelovanja uporabniku čim bolj prijazne aplikacije. Z njo bi lahko bolje razvrstili izdelke po skladišču, za pobiranje pa bi prepotovali krajše poti; če se v skladišču še ne uporablja nobenih za to primernih strategij. Seveda pa bi bilo treba stavke SQL v programski kodi prilagoditi podatkovni bazi, ki bi jo uporabljalo drugo skladišče. Ob zagonu aplikacije se odpre okno (slika 19).

## 8.1 Ob zagonu programa

Na prvem zavihku Osnovno lahko na levi strani s klikom na gumb Osveži dobimo število, ki pove, koliko naročil je bilo v povprečju na dan izdanih v skladišču. Privzeto obdobje so vsa naročila v tabeli, izberemo lahko tudi obdobje zadnjih treh mesecev ali pa sami določimo časovni razpon z uporabo dveh izbir datuma; zgornja izbira je datum od kdaj, spodnja izbira pa datum do kdaj. Na desni strani pa s klikom na gumb Osveži v okence na desni dobimo število, ki pomeni povprečno število izdelkov na naročilo v določenem časovnem obdobju. Z izbiro razpona datuma je enako kot pri prej omenjenem primeru. V obeh primerih so neodvisne izbire datumskega razpona.



Slika 19: Videz programa ob zagonu.

## 8.2 Pregled izdelkov

V zgornjem delu programa, kjer so zavihki, se lahko s klikom na katerega koli izmed njih prestavimo na izbran zavihkek. Drugi po vrsti je Izdelki (slika 20). Klik na gumb Osveži bo pod njim prikazal vse izdelke, ki so bili naročeni vsaj enkrat; glede na spodaj izbrano časovno obdobje ali če ne želimo izbranega datuma, se izbira izdelke iz celotne tabele v podatkovni

bazi. Prvi stolpec je število, ki pove, v koliko različnih naročilih je bil izdelek naročen. Drugi stolpec predstavlja interno kodo izdelka, v tretjem stolpcu pa je polno ime/naziv izdelka.

Class based analiza

Osnovno Izdelki 1. Izdelki ABC 2. Razvrsti izdelke 3. Komisioniranje Zasedenost lokacij O strategijah Skladišče

Osveži Število različnih izdelkov: 448

Kolikokrat v naročilu	Code	Ime izdelka
2131	520200	KINDER CHOCOLATE T4x20x8
1875	520100	KINDER BUENO T-2x30
1799	550201	RAFFAELLO T-15x6
1737	520201	KINDER CHOCOLATE T8x10x4
1606	10401093NK	CEDEVITA bonboni pomaranča 19,5 gr
1548	106010355001	CEDEVITA GO pomaranča 335 gr
1462	550204	RAFFAELLO T-4x16x4
1267	510001	TIC TAC gumba T-24x12

V časovnem obdobju od  
24. februar 2012  
do  
24. februar 2012  
 Z izbranim datumom

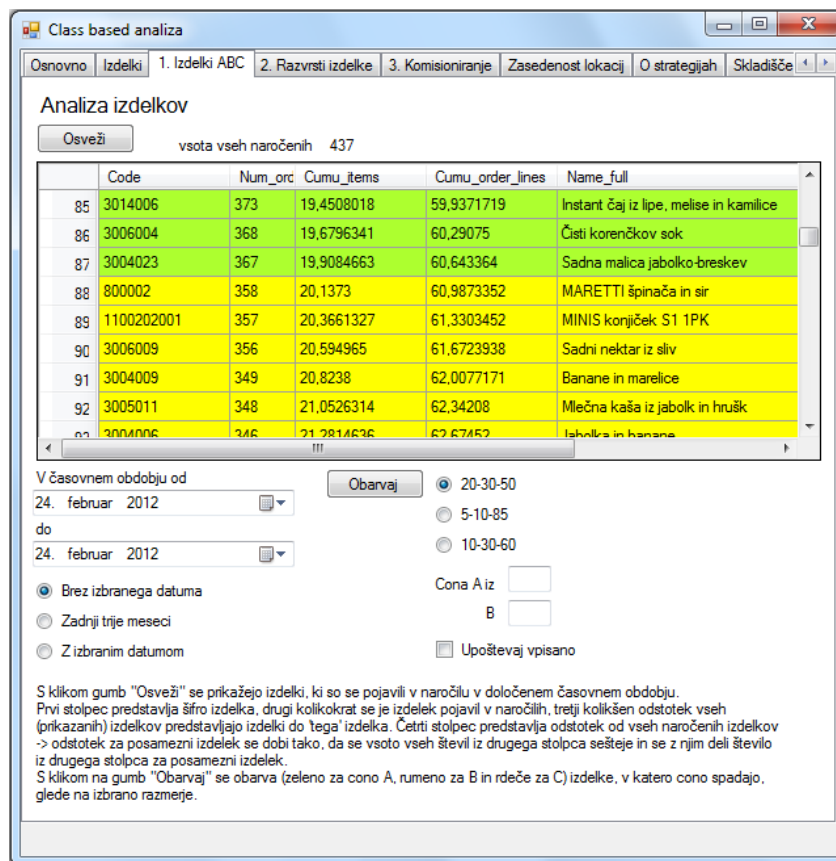
S klikom na gumb "Osveži" se prikažejo izdelki, ki so bili v določenem obdobju vsaj enkrat naročeni. V kolikor se obkljuka okence pod možnostjo izbira datuma, se bodo prikazali le izdelki, ki so se pojavili v naročilu v izbranem časovnem obdobju. V kolikor okence ni obkljukano, se prikažejo izdelki ki so se kdaj pojavili v naročilu. V prvem stolpcu je število, ki pove v kolikih naročilih se je izdelek pojavil. V drugem stolpcu je niz, ki predstavlja interno kodo izdelka. V tretjem (zadnjem) stolpcu je niz, ki predstavlja ime izdelka.

Slika 20: Pregled pogostosti naročenih izdelkov v izbranem časovnem obdobju.

### 8.3 Razdelitev izdelkov po conah

Tretji zavihek nosi ime 1. Izdelki ABC. Na njem se začne postopek, ki bi uporabniku pomagal razvrstiti/določiti lokacije izdelkom v skladišču. S klikom na Osveži se prikaže tabela s petimi stolpci. Za ta namen smo pripravili eno izmed dveh novih tabel v podatkovni bazi. Ta tabela vsebuje pet stolpcev, pri čemer je prvi s kodo izdelka, v drugem je število, ki predstavlja, kolikokrat se je ta izdelek pojavil v naročilih v določenem časovnem obdobju, v tretjem stolpcu pa vidimo, kolikšen delež izmed vseh teh izdelkov predstavljajo izdelki do izbranega izdelka. V četrtem stolpcu je odstotek, ki pokaže, kolikšen delež celotnega povpraševanja predstavljajo izdelki v tem vrstnem redu do tega izdelka. V zadnjem, petem stolpcu je ime/naziv izdelka. Da so predstavljene vrednosti/odstotki prikazane pravilno, mora biti tabela urejena padajoče po drugem stolpcu.

Ko je tabela vidna, se pod njo lahko izbere tri izmed podanih možnosti za razdelitev izdelkov na tri cone po metodi uskladiščenja glede na blagovne skupine. Trenutno je na voljo le ta metoda razvrstitve blaga, saj naj bi se izmed vseh v praksi najpogosteje uporabljala. Tako npr. izbrana možnost »20-30-50« in pritisk na gumb Obarvaj pomenita, da bo v skupino A zavzetih prvih 20 odstotkov vseh izdelkov, v skupino B naslednjih 30 in v skupino C zadnjih in preostalih 50 odstotkov izdelkov. Po tem se v tabeli obarvajo vrstice z ustrežno barvo, pri čemer so vrstice z izdelki v skupini A obarvane z zeleno, B z rumeno in C z rdečo. Na voljo sta tudi dve vnosni okenci, kamor se lahko vpiše, kolikšen delež izdelkov naj zavzema skupina A in kolikšen delež skupina B. Če želimo, da se izdelke razdeli v skupine glede na vneseni števili, je treba še označiti okence spodaj, kjer piše Upoštevaj vpisano.

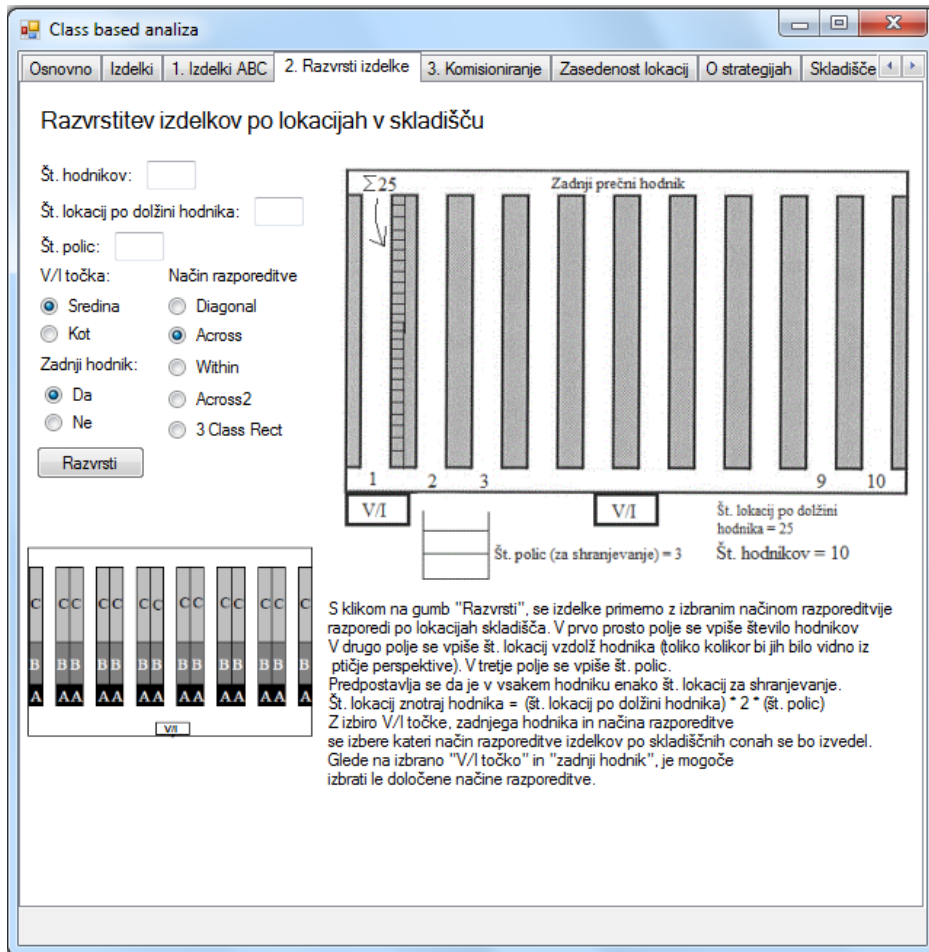


Slika 21: Izdelki, razdeljeni v različne cone.

## 8.4 Razvrstitev izdelkov po skladiščnih lokacijah

Ko je to opravljeno, se pomaknemo na naslednji zavihek »2. Razvrsti izdelke«. V programu je predpostavljeno, da se bo izdelke razporejalo v enoblokovsko skladišče, torej sta v skladišču največ dva prečna hodnika (sprednji in zadnji). Na tem zavihku so v zgornjem levem kotu tri vnosna polja. V prvega od zgoraj navzdol se vpiše število pobiralnih hodnikov

v skladišču, v naslednjem se vnese število lokacij, kolikor bi se jih videlo s ptičje perspektive na eni strani hodnika, in v zadnjem, tretjem polju št. polic znotraj hodnika. Predvideva se tudi, da imata vsak hodnik in vsaka stran hodnika enako št. različnih lokacij. Če uporabnik vnese, da ima skladišče 5 hodnikov, 25 lokacij po dolžini hodnika in 3 police, pomeni, da je znotraj enega hodnika 150 različnih lokacij (25 lokacij \* 2 leva in desna stran hodnika \* 3 police na vsako lokacijo). Spodaj so še tri izbirne možnosti. Ena izmed njih je, ali ima skladišče začetno in končno točko pobiranja/komisioniranja na sredini ali pa jo ima v kotu sprednjega prečnega hodnika. Naslednja izmed izbir je, ali obstaja zadnji prečni hodnik ali ne. Zadnja izmed izbir pa je izbira metode razporeditve izdelkov na podlagi blagovnih skupin. Med izbiranjem teh treh možnosti se na polju slike spodaj prikazuje določena metoda razporeditve blagovnih skupin glede na izbrane možnosti. Tako npr. ni na voljo izbira metode Across2, kadar zadnjega prečnega hodnika v skladišču ni, ali pa ni na voljo 3 Class Rect, kadar je začetna in končna točka komisioniranja na sredini hodnika, saj je ta primerna za skladišče z omenjeno točko v kotu. Po vnesenih in izbranih možnostih se za dodeljevanje primernih lokacij izdelkom pritisne na Razvrsti. Če se ugotovi, da je število izdelkov na prejšnjem zavihku manjše, kot je število vseh lokacij v skladišču, bo uporabnik opozorjen in se izdelkom ne bo dodeljevalo primernih lokacij. Tudi če v prejšnjem zavihku ne bomo osvežili tabele, se razvrščanje ne bo izvedlo. Če je vse kot mora biti, se izdelkom dodelijo lokacije. Za to smo ustvarili drugo izmed obeh dodatnih tabel v podatkovni bazi. V tej tabeli so trije stolpci. Prvi izmed njih določa enolično lokacijo v skladišču, drugi določa kodo izdelka, ki se ga je dodelilo tej lokaciji, zadnji pa določa, v katero blagovno skupino izdelek in lokacija spadata (A, B ali C). Lokacije skladišča so predstavljene s šestmestnim številom. Prvo dvomestno število predstavlja hodnik. Hodnik 01 je lahko na skrajnem levem ali skrajnem desnem koncu. Njegov sosednji hodnik ima oznako 02, naslednji 03 itd. Naslednje dvomestno število predstavlja zaporedno lokacijo znotraj hodnika. Vsa liha števila predstavljajo lokacije na levi strani hodnika, soda števila pa lokacije na desni strani hodnika. Zadnje dvomestno število predstavlja polico znotraj določenega hodnika na določeni lokaciji. Tako npr. število 034202 predstavlja enolično lokacijo v skladišču, ki je v tretjem zaporednem hodniku na drugi polici na 21. zaporedni lokaciji desne strani hodnika. Ko je razvrščanje/dodeljevanje lokacij končano, nas program o tem obvesti.



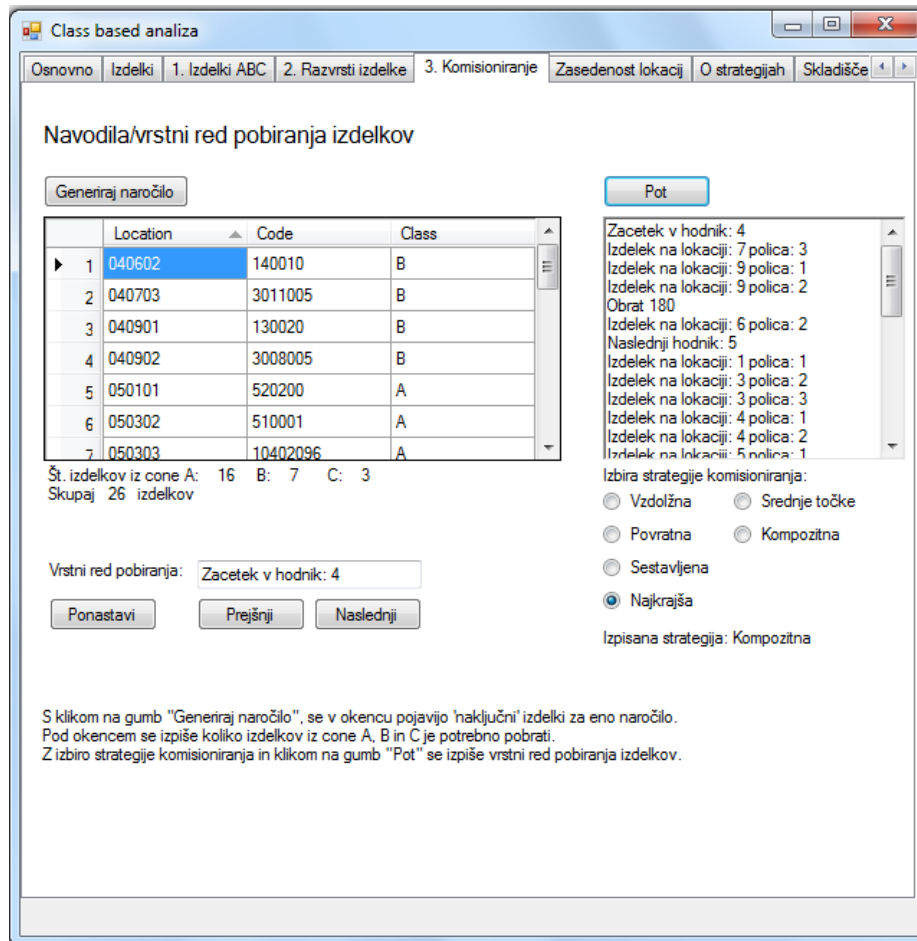
Slika 22: Izbor strategije razvrščanja izdelkov po skladiščnih lokacijah.

## 8.5 Vrstni red pobiranja izdelkov

Naslednji korak je zavihek 3. Komisioniranje. Za testiranje uporabnik pritisne na gumb Generiraj naročilo in izpiše se nekaj naključnih izdelkov. Prikazani so lokacija, na kateri je izdelek, njegova koda in ime/opis. Tabela je urejena naraščajoče po lokacijah. Pod to tabelo je prikazano, koliko različnih izdelkov skupaj je naročenih, koliko iz skupine A, B in C. Na desni strani tega zavihka je na voljo izbira strategije komisioniranja/pobiranja izdelkov po skladišču. Po kliku na okence Pot se v tekstovno polje spodaj izpiše vrstni red pobiranja izdelkov glede na izbrano strategijo. Na izbiro so vzdolžna in povratna strategija, strategija srednje točke, kompozitna ter sestavljena strategija, ki pa še ni dokončno razvita. Med drugim je na izbiro tudi možnost Najkrajša, ki izmed vseh naštetih izračuna dolžino poti, ki bi jo moral ob izbiri določene strategije komisionar/pobiralec prepotovati. Dolžina poti je predstavljena kot seštevek vseh lokacij v hodnikih, mimo katerih bi oseba šla. Če je npr.



vzdolž hodnika 20 lokacij (na vsaki strani, torej skupaj 40) in bi morala iti oseba v celoti skozi dva hodnika, bi bila pot 80 (lokacij,  $2 \cdot 40$ ). Če pa bi šla oseba znotraj enega hodnika do najbolj oddaljenega izdelka in se vrnila na isto stran hodnika, kjer je vanj vstopila, bi bila dolžina dvakrat toliko lokacij, kolikor je lokacija izdelka oddaljena od začetka hodnika, kjer se je vanj vstopilo. Izmed vseh dolžin, ki so dobljene izmed petih strategij, je izbrana tista z najkrajšo.



Slika 23: Ustrezni vrstni red pobiranja izdelkov z naročila glede na izbrano strategijo.

## 8.6 Zasedenost skladiščnih lokacij

Potem ko so izdelki razvrščeni vsak na svojo lokacijo, lahko na zavihku Zasedenost lokacij vidimo, kateri izdelek je na kateri lokaciji, katere lokacije so še proste in kateri izdelki so ostali nerazvrščeni. Nerazvrščeni izdelki so lahko tisti, ki pod zavihkom 1. Izdelki ABC niso bili zajeti v izbranem časovnem obdobju, a so vseeno v tabeli izdelkov.

Class based analiza

Osnovno Izdelki 1. Izdelki ABC 2. Razvrsti izdelke 3. Komisioniranje Zasedenost lokacij 0 strategijah Skladišče

Zasedenost lokacij skladišča

Osveži

Location	Code	Class
051802	101021000010	A
051803	140003	A
051901	3014008	A
051902	3004008	A
051903	3010004	A
052001	550004	A
052002	3004014	A

Število vseh lokacij v skladišču: 1200  
 Število zasedenih lokacij: 437  
 Število prostih lokacij: 763  
 36,42 odstotna zasedenost

Proste lokacije:

Location
010101
010102
010103
010201
010202
010203
010301
010302
010303

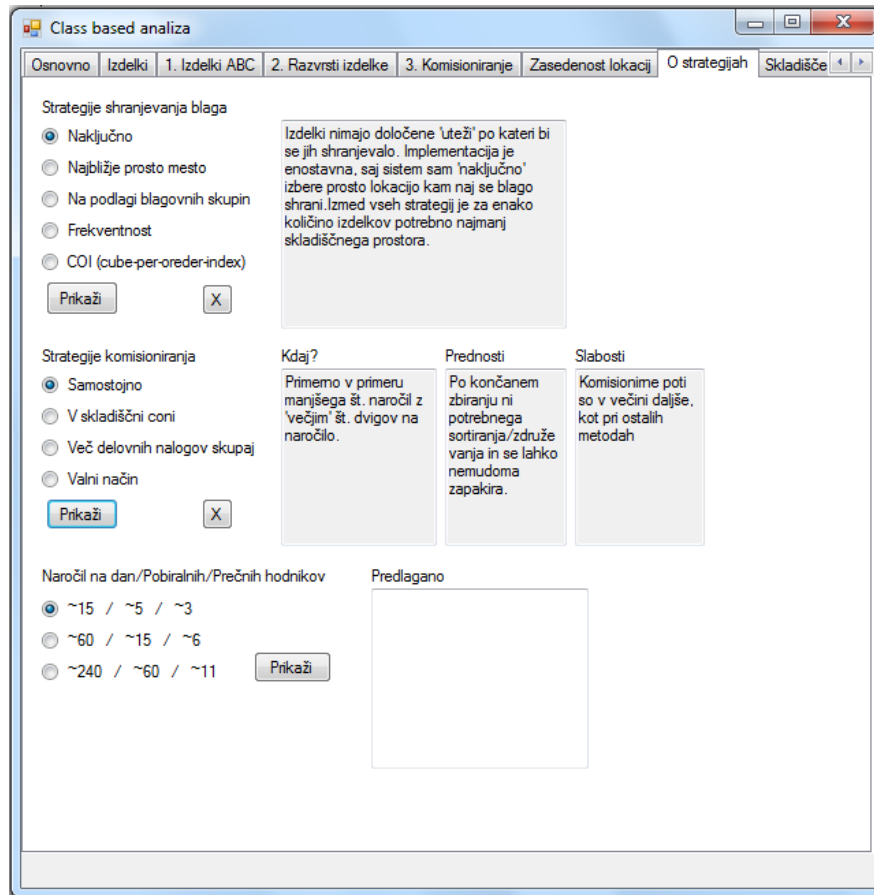
Nerazvrščeni izdelki:

Code	Name_full
1010102000015	CEDEVITA VIN p...
101010200004	CEDEVITA VIN p...
1010110000095	CEDEVITA VIN p...
101011000010	CEDEVITA VIN p...
101011000011	CEDEVITA VIN p...
101011000012	CEDEVITA pomar...
101011000014	CEDEVITA VIN p...
101020015018	CEDEVITA VIN li...
1010202000025	CEDEVITA VIN li...

Slika 24: Prikaz zasedenih in prostih skladiščnih lokacij.

## 8.7 O strategijah

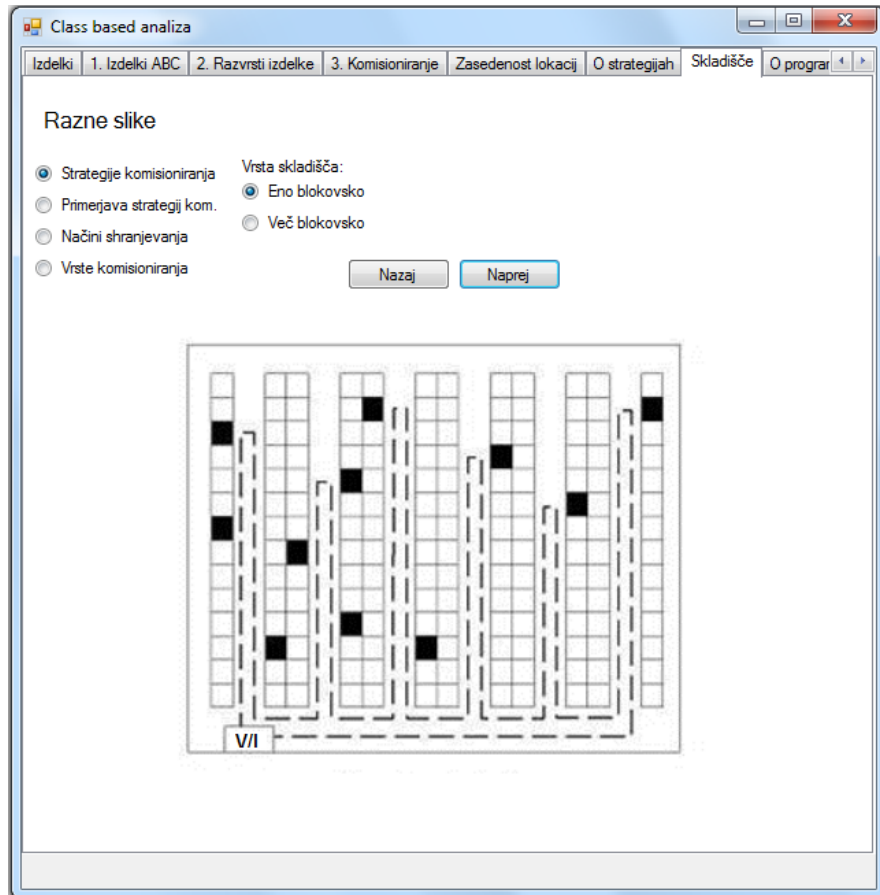
Na zavihku O strategijah lahko izvemo nekaj podatkov o metodah shranjevanja izdelkov, strategijah komisioniranja in predlagane strategije, če ima naše skladišče približno toliko naročil in hodnikov, kolikor jih prikazujejo tri različne izbire.



Slika 25: Prikaz kratkega opisa strategij v programu.

## 8.8 Prikaz slikovnega materiala

Na zavihku Skladišče si lahko pogledamo slike strategij komisioniranja v eno- ali večblokovskem skladišču, primerjalne grafe med njimi, načine shranjevanja/uskladiščenja blaga ter vrste komisioniranja.



Slika 26: Prikaz slikovnega materiala.

## 9 Sklep

Program, narejen v sklopu te diplomske naloge, ni končna različica. V nadaljevanju je namen program nadgraditi oz. razširiti s preostalimi metodami razporeditve blaga po skladišču, prirediti že obstoječe metode in strategije za večblokova skladišča itd. Ker niso vsa skladišča idealna oz. taka, da bi bili vsi pobiralni hodniki enako dolgi, z enakim številom lokacij v vsakem hodniku in enako velikimi lokacijami, bo treba pripraviti funkcionalnosti, ki bodo poskrbele za primerno razporeditev blaga in vrstni red pobiranja. Prav tako je namen dopolniti program, da bi se lahko delovni nalogi in vrstni red pobiranja izdelkov prenesli na ročne terminale skladišča, kjer bi jih nato primerno vodili po skladišču od izdelka do izdelka. Vsa skladišča nimajo enakega sistema in tako ne obstaja univerzalna rešitev, zato o točnih spremembah ni mogoče govoriti. Verjamemo pa, da se bo delo, opravljeno v sklopu tega diplomskega dela, z nekaj dopolnitvami in prilagoditvami lahko koristno uporabilo v katerem izmed skladišč in s tem skrajšalo povprečne poti za pobiranje izdelkov ter povečalo produktivnost.

## 10 Literatura

- [1] (2012) Reference for Business, Encyclopedia of Small Business.  
Dostopno na: <http://www.referenceforbusiness.com/management/Tr-Z/Warehousing-and-Warehouse-Management.html>.
- [2] Kenneth B. Ackerman: Practical Handbook of Warehousing, Fourth Edition, 2000, str. 3–12.
- [3] Gregor Rak: Logistika notranjega transporta in skladiščenja, Prometna šola Maribor Višja prometna šola, 2011.
- [4] (2012) Fakulteta za logistiko Univerza v Mariboru, 2008. Dostopno na: <http://164.8.132.54/IPLS/>.
- [5] Kees Jan Roodbergen: An explanation of some rack layout concepts for warehouses, White paper, University of Groningen The Netherlands, February 2011.
- [6] Roodbergen, K.J., De Koster, R.: Routing methods for warehouses with multiple cross aisles. International Journal of Production Research 39 (9), 1865–1883, 2001.
- [7] (2012) Aleš Groznik: Notranja logistika s poudarkom na komisioniranju, Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani. Dostopno na: [miha.ef.uni-lj.si/\\_dokumenti3plus2/196133/notranja\\_logistika\\_komisioniranje.ppt](http://miha.ef.uni-lj.si/_dokumenti3plus2/196133/notranja_logistika_komisioniranje.ppt).
- [8] Tho Le-Duc: Design and Control of Efficient Order Picking Processes, 2005.
- [9] Kees Jan Roodbergen: Layout and Routing Methods for Warehouses, 2001
- [10] Goran Dukić, Čedomir Oluić: Order-Picking Routing Policies: Simple Heuristics, Advanced Heuristics or Optimal Algorithm, Journal of Mechanical Engineering, 2004.
- [11] (2012) Goran Dukić, Čedomir Oluić: Order-picking methods: Improving order-picking efficiency, Dostopno na: <http://www.fing.edu.uy/inco/eventos/icil05/03-wed/F1-Dukic.pdf>.
- [12] (2012) Bits NYTimes. Dostopno na: [www.bits.blogs.nytimes.com](http://www.bits.blogs.nytimes.com).
- [13] (2012) RoodBergen. Dostopno na: <http://www.roodbergen.com>.
- [14] De Koster, R., Le-Duc, T., Roodbergen, K.J.: Design and control of warehouse order picking. European Journal of Operational Research 182(2), 481–501, 2007.

- [15] (2012) David R. Olson: Designing and implementing order picking systems.  
Dostopno na:  
<https://www.cirrelt.ca/mhmultimediatebank/ApplicationGuide%5CMHIA%20-%20order%20pickup.pdf>