



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
FAKULTA DOPRAVNÍ

Mykola Vanhaber

Optimalizace rozmístění skladových zásob na skladových  
lokacích

Bakalářská práce

**2018**

**K617 ..... Ústav logistiky a managementu dopravy**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Mykola Vanhaber**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů**

Název tématu (česky): **Optimalizace rozmístění skladových zásob na skladových lokacích**

Název tématu (anglicky): Optimising of the Storage Location Assignment

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Představení zvolené společnosti, v níž bude optimalizace prováděna
- Systém skladování produktů a zpracování objednávek ve společnosti
- Formulace úlohy rozmístění zásob
- Metody řešení
- Simulace vybrané metody





- Rozsah grafických prací: podle charakteru tématu bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: VOLEK, J. Operační výzkum I, 2001  
KOFLER, M. Optimising the storage location assignment problem under dynamic conditions. 2015  
BARTHOLDI, J. J., STEVEN T. HACKMAN, S. T. Warehouse & Distribution science. 2017

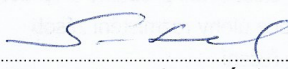
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Alena Rybičková**

Datum zadání bakalářské práce: **30. června 2017**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

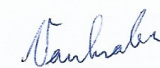
Datum odevzdání bakalářské práce: **27. srpna 2018**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu logistiky a managementu dopravy

  
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.  
děkan fakulty



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
Mykola Vanhaber  
jméno a podpis studenta

V Praze dne .....30. června 2017

## Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi s vypracováním této bakalářské práce pomáhali. Zejména bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Aleně Rybičkové za odborné vedení práce a užitečné rady při konzultacích.

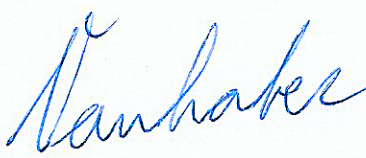
## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem č.1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 27. srpna 2018



Mykola Vanhaber

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## OPTIMALIZACE ROZMÍSTĚNÍ SKLADOVÝCH ZÁSOB NA SKLADOVÝCH LOKACÍCH

Bakalářská práce

Srpen 2018

Mykola Vanhaber

### **Abstrakt**

Předmětem bakalářské práce „Optimalizace rozmístění skladových zásob na skladových lokacích“ je představení a analýza současného způsobu skladování a fungování skladu. Na základě této analýzy udělat návrh a simulaci metody, které by zvýšily produktivitu a efektivnost skladování.

### **Klíčová slova**

Skladování, skladová logistika, optimalizace skladování

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation science

## **OPTIMISING OF THE STORAGE LOCATION ASSIGNMENT**

Bachelor thesis

August 2018

Mykola Vanhaber

### **Abstract**

The subject of the bachelor thesis „Optimising of the Storage Location Assignment“ is to show and analyze the current way of storing and warehouse operations. Based on this analysis, make a design and simulate methods that would increase productivity and storage efficiency.

### **Key words**

Storing, warehouse logistics, optimising of the storage location assignment

# Obsah

Seznam použitých zkratk.....	8
Úvod.....	9
1. Představení zvolené firmy .....	10
1.1 Vývoj společnosti .....	10
1.1.1 1990 – 2000 .....	10
1.1.2 2001 – 2005 .....	10
1.1.3 2006 – 2011 .....	10
1.1.4 2012 – 2017 .....	11
1.2 Současnost.....	11
1.2.1 Obrat.....	11
1.2.2 Sortiment.....	12
1.2.3 Logistická centra .....	12
2. Systém skladování produktů a zpracování objednávek ve firmě.....	12
2.1 Systém skladování produktů .....	12
2.1.1 Určení velikosti.....	13
2.1.2 Určení obrátkovosti .....	14
2.1.3 Kontrola vhodnosti stávající lokace .....	14
2.1.4 Kontrola obrátkovosti.....	14
2.1.5 Výběr vhodné lokace.....	14
2.1.6 Vývojový diagram.....	15
2.2 Zpracování objednávek ve firmě .....	16
2.2.1 Pojmy.....	16
2.2.2 Přijetí objednávky.....	17
2.2.3 Vychystávání.....	17
2.2.4 Kompletování .....	18
2.2.5 Balení.....	18
2.2.6 Odeslání.....	19
3. Formulace úlohy rozmístění zásob.....	19

3.1	Minimalizace doby nanesení .....	21
3.2	Pick Frequency/Part Affinity skóre.....	21
3.3	Aktuální rozmístění skladových zásob .....	24
3.3.1	Představení dat.....	24
3.3.2	Představení sledované části skladu .....	24
3.3.3	Skladování podle obrátkovosti.....	24
3.3.4	Skladování podle slučitelnosti .....	25
3.3.5	Skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti .....	27
4.	Metody řešení .....	28
4.1	Optimalizace skladování podle obrátkovost .....	28
4.1.1	Četnost objednávání .....	28
4.1.2	Přiřazení nové lokace.....	28
4.1.3	Výsledek seřazení.....	29
4.1.4	Nevýhody skladování podle obrátkovosti.....	29
4.2	Optimalizace skladování podle slučitelnosti .....	30
4.2.1	Kritická hodnota .....	30
4.2.2	Vytvoření tříd.....	30
4.2.3	Výsledek slučitelnosti .....	31
4.2.4	Nevýhody skladování podle slučitelnosti .....	32
4.3	Optimalizace skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti.....	32
4.3.1	Představení metody .....	32
4.3.2	Způsob provedení metody.....	32
4.3.3	Výsledek optimalizace.....	33
5.	Simulace vybrané metody .....	34
5.1	Způsob simulace.....	34
5.1.1	Metoda výpočtu nejkratší cesty .....	34
5.2	Simulace optimalizace skladování podle obrátkovosti.....	34
5.3	Simulace optimalizace skladování podle slučitelnosti.....	35
5.4	Simulace optimalizace skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti.....	36



6. Závěr.....	37
7. Použitá literatura .....	39
8. Seznam obrázků .....	40

## **Seznam použitých zkratek**

MO – Multi-Order

EAN – European Article Number

SN – Serial Number

## Úvod

Skladová logistika je jednou z klíčových oblastí úspěšného internetového obchodu. Nespočet procesů na sebe musí navazovat, aby nedocházelo k prostojům zaměstnanců nebo zbytečným čekacím dobám. Velké množství zboží protéká skladem a musí být ve správný čas na správném místě ve správné kvalitě a ve správném množství. Několik tisíc, někdy i několik desítek tisíc objednávek denně musí být vychystaných, zabalených a poslaných k zákazníkovi. Provoz internetového obchodu je tedy komplexní systém, který je potřeba řídit na velmi detailní úrovni. Celý tento systém mě velmi zaujal a chtěl se o tom dozvědět více podrobností, což mě vedlo ke spolupráci s jedním velkým internetovým obchodem, od kterého jsem získal data pro tuto bakalářskou práci.

Konkrétně jsem se zabýval problematikou rozmístění skladových zásob na skladových lokacích. V dnešní době nestačí mít zboží pouze skladem. V současnosti, kdy je velká konkurence mezi obchody provozující svoji činnost převážně na internetu, zboží skladem je samozřejmostí, proto je přidaná hodnota internetových obchodů právě ve službách. Důležitou službou při výběru určitého obchodu je rychlost dodání objednaného zboží. S rychlostí dodání úzce souvisí rychlost vychystání, proto je důležité rozmístit zboží tak, aby bylo dostupné vždy k vychystání, aby člověk, který zboží vychystává, nemusel ztrácet čas chůzí víc, než je nutné.

Cílem této bakalářské práce je provést analýzu pěti pracovních dnů jedné části skladu a zjistit, zda je možné původní rozmístění optimalizovat a následně porovnat optimalizovanou verzi s původní. Slovem „optimalizovat“ je myšleno takové rozmístění, pro které doba na vychystání zboží bude minimální možná. K dosažení zkrácení doby vychystání navrhuji tři způsoby. První způsob je zaměřen na přenesení nejčastěji objednávaného zboží blíže k startovacímu místu pracovníku, kteří vychystávají produkty v objednávce. Druhý způsob je o zjištění páru produktů, které se často objednávají v jedné objednávce a následně úpravě jejich skladové lokace k dosažení požadovaného výsledku. Třetí způsob je kombinací prvních dvou.

# **1. Představení zvolené firmy**

Zvolená firma je jedním z největších e-shopů ve své zemi. Vznikla v devadesátých letech, kdy byl velký rozvoj, a zvýšená dostupnost počítačů, proto prodej výpočetní techniky tehdy představoval zajímavou a perspektivní příležitost. Dnes je sortiment firmy opravdu různorodý, firma prodává hračky, drogerií, ochranné pomůcky, bazény, doplňky stravy, lednice a mnoho dalšího, přesto ale je největší zaměřením na počítače a mobilní elektroniku. Průměrný meziroční růst obrátu je 30 procent.

## **1.1 Vývoj společnosti**

### **1.1.1 1990 – 2000**

V tomto období firma začala vznikat a s tím se i vytvářely její základní hodnoty a principy. Od doby svého vzniku se firma pomalu začínala rozrůstat a získávat zákazníky mezi studenty pomocí inzerce na nástěnkách vysokých škol a studentských kolejích. Také v tomto období firma otevřela svojí první kamennou prodejnu, kde bylo zboží skladem, to výrazně pomohlo k růstu obrátu. Na konci období firma zavedla službu, která slibovala odeslání zboží do 24 hodin od objednání. Díky tomuto kroku firma získala nové zákazníky. V roce 2000 byla spuštěná první verze e-shopu.

### **1.1.2 2001 – 2005**

Hlavní zaměřením tohoto období bylo vylepšování e-shopu. Nyní bylo možné se podívat na informace o produktech, dodací lhůtě, stavu skladem a sledovat online faktury i objednávky. V tomto období se firma transformovala na akciovou společnost. V těchto letech se také rozšířil sklad na 2000 metrů čtverečních. Přibyla také možnost platit kartou a zaslat zboží poštou. Firma začala spolupracovat s nadacemi.

### **1.1.3 2006 – 2011**

Počet nabízených produktů a počet zaměstnanců zaznamenal v těchto letech výrazný nárůst. Začátkem období činil počet nabízených produktů 10 tisíc položek a počet zaměstnanců byl 80. Koncem roku 2011 bylo ve firmě přibližně 300 zaměstnanců a v nabídce kolem 40-ti tisíc produktů. Růst popularity firmy byl důvodem k rozšiřování skladových prostor, proto se firma rozšířila o velké logistické centrum. Neustále se vylepšovaly nabízené služby, e-shop a rozšiřoval se sortiment, například o malou bílou spotřební elektroniku či hračky, lednice, pračky i sušičky.

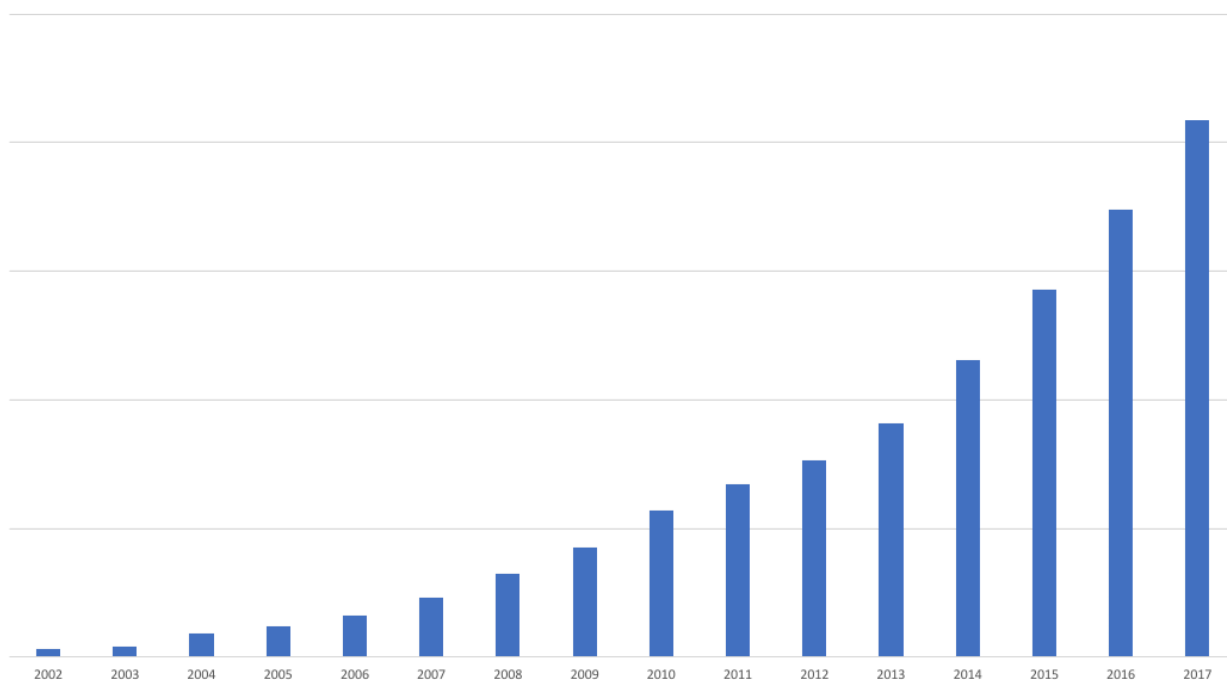
### 1.1.4 2012 – 2017

Mezi lety 2012 a 2017 docházelo ve firmě k velkým změnám, inovacím, zavádění nových služeb a růstu. K hlavním změnám patřilo otevírání nových prodejen po celé zemi, při objednávce do 11:00 doručení na prodejnu v den objednání, rozšíření sortimentu o elektronické a audio knihy, otevření nového logistického centra, automatizace a vylepšování logistických procesů pomocí chytrých aplikací a robotiky, vývoj a vylepšování mobilních aplikací, pomocí kterých lze uskutečnit nákup, modernizace a inovace ve způsobech odběru zboží zákazníkem. Firma měla v roce 2017 přes 1500 zaměstnanců.

## 1.2 Současnost

### 1.2.1 Obrat

V současné době má firma obrat přes 20 miliard korun ročně. Meziroční růst obratu představuje přibližně 30 procent. Takový prudký a stálý růst je díky neustálým inovacím a zaměřením na pohodlí zákazníka. Návštěvnost e-shopu je v řádu několika desítek miliónů měsíčně. V sezóně, hlavně týden před Vánoci, má web přes milion návštěv za den, v nejvytíženější dny je nutné vyřídit až 100 tisíc objednávek během jednoho dne.



Obrázek 1. Růst obratu firmy od roku 2002 do 2017

### **1.2.2 Sortiment**

Firma od svého počátku rozšířila sortiment několikanásobně, konkrétně dnes nabízí přes 100 tisíc produktů, které si lze objednat na webových stránkách. Firma už zdaleka nenabízí jen výpočetní techniku, jak tomu bylo na počátku, dnes jsou v sortimentu například i doplňky výživy, drogerie, knihy, činky atd. S rostoucí různorodostí zákazníků díky sortimentu jsou i rostoucí nároky a komplikace při skladování a logistice. Nároky jsou na firmu kladeny jak ze strany státu, dodržováním norem a zákonů, tak i ze strany zákazníků. Mezi nároky ze strany státu patří například zajišťování správných teplot při skladování potravin. Komplikace pak nastávají při slučitelnosti různých druhů produktů na jednom skladovacím místě, kde například není možné skladovat drogerii a elektroniku společně. Dále je problém s přepravou těžkých produktů po dopravníkovém páse.

### **1.2.3 Logistická centra**

Firma disponuje několika logistickými centry nejen v oblasti země, kde své působení začínala. Hlavní logistické centrum má rozlohu 15 tisíc metrů čtverečních a přes 30 tisíc metrů čtverečních skladové plochy, aktuálně se tam nachází kolem 80 tisíc položek. Denně se z tohoto skladu expedují desítky tisíc objednávek, během sezóny se pak číslo navyšuje někdy i na 100 tisíc objednávek za den. V tomto hlavním skladě se nachází 2500 metrů dopravníkových tratí, přes 30 vychystávacích stanic. Sklad obsahuje i plně automatizovanou část, ve které se skladuje nízkoobrátkové zboží a v případě potřeby ho automaticky dopraví na vychystávací stanoviště. Technologie v tomto skladu umožňuje vychystat zboží zákazníkovi během několika desítek minut až na nakládací rampu, ze které objednávka je přepravována dopravcem k zákazníkovi.

## **2. Systém skladování produktů a zpracování objednávek ve firmě**

### **2.1 Systém skladování produktů**

Produkty se dělí podle velikosti na SPO, BPO, XPO/XL. Ve skladu, o kterém pojednává tato bakalářská práce, se skladují pouze SPO a BPO produkty a má 3 patra, kde se zboží skladuje. SPO produkty jsou takové, které se vejdou do přepravky o rozměru 54,5 x 36,5 x 14,5 cm, BPO jsou následně větší než SPO, ale menší než XPO, XPO jsou například televize, pračky, sušičky, lednice. SPO se skladuje na prvních dvou patrech, BPO na třetím patře. Mezi BPO produkty patří například notebooky, počítačové monitory, klávesnice apod.

Zboží se skladuje v regálech a každá lokace na regálu má svoje unikátní označení. Logika označení je následující: WW-XX-YY-ZZ.

WW – část skladu

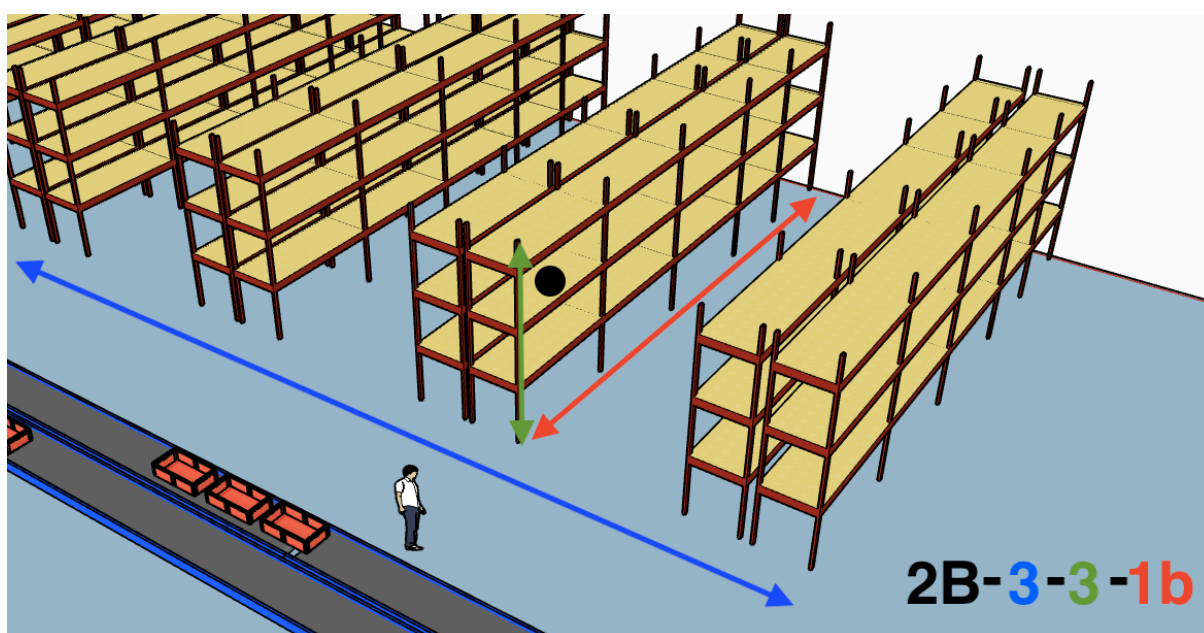
XX – číslo regálu

YY – patro regálu

ZZ – vzdálenost od dopravníku

Takové označení může reálně vypadat například jako: 2B-3-3-1b.

Grafické znázornění lokace 2B-3-3-1b, která je vyznačena černým kruhem:



Obrázek 2. Příklad označení lokace

První index 2B označuje, že se jedná o část, která se nachází na druhém patře v sekci B, na jedné sekci je více regálů a většinou jen jedna vychystávací stanice.

System umístění produktů na určitou skladovou lokaci závisí na několika parametrech. V následujících odstavcích jsou představeny a popsány jednotlivé kroky k úspěšnému přiřazení produktu do lokace.

### 2.1.1 Určení velikosti

O každém produktu, který byl skladován ve skladu firmy, je v interním systému uvedena jeho velikost a hmotnost. Pokud je produkt nový, informace se zobrazí na příjmu skladu a zaměstnanci oddělení příjmu produkt změří, zváží a zadají informace do systému. Kromě velikosti a hmotnosti jsou dalšími důležitými vlastnostmi pro logistiku, zda je produkt křehký nebo obsahuje tekutinu. Poté se produkt zařadí podle velikosti do příslušné části skladu.

### **2.1.2 Určení obrátkovosti**

Každý produkt má určenou obrátkovost, tedy jak často určitý produkt zákazníci objednávají za určité časové období. Obrátkovost je rozdělena do pěti kategorií, od té, ve které jsou nejméně obrátkové produkty až po vysoce obrátkové. Obrátkovost určuje, v jaké sekci skladu bude daný produkt umístěn. Rychloobrátkové zboží se umísťuje co nejbližší k dopravníkovému pásu, kde zaměstnanci začínají vychystávání objednávky. Nízkoobrátkové zboží je umístěno dále od dopravníkového pásu, nebo se uskládá do speciálního automatizovaného skladu, ze kterého při potřebě zboží automaticky vyjede a po dopravníku pomocí čidel a senzorů přijede na určité vychystávací stanoviště.

### **2.1.3 Kontrola vhodnosti stávající lokace**

Jedním z cílů správného skladování, je mít stejné produkty na jednom místě. Je to z toho důvodu, že zaměstnanec často při vychystávání potřebuje více kusů. Stejně produkty na jednom místě tedy ušetří čas a sníží chybovost. Proto je před zařazením produktu do lokace nutné zkontrolovat, zda se už stejný produkt neskládá. Pokud ano a vlastnosti produktu se s časem nezměnily, jako například obrátkovost, tak se produkt uskladí na stejnou lokaci.

### **2.1.4 Kontrola obrátkovosti**

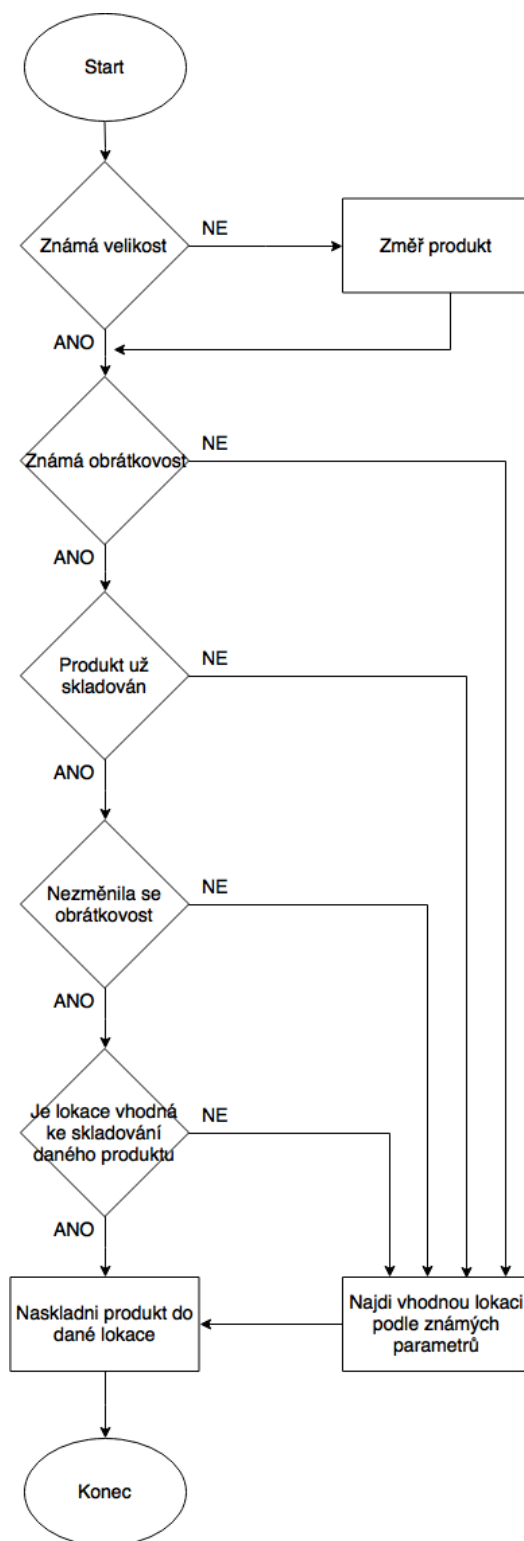
Poptávka po produktech se v čase mění, s měnící se poptávkou se také mění i obrátkovost. Proto jednou za časové období se u každého produktu obrátkovost přepočítává. Interval přepočítávání se u různých produktů může lišit. U některých je tato operace prováděná každý den, u jiných každý týden nebo měsíc.

### **2.1.5 Výběr vhodné lokace**

Aby skladová lokace byla vhodná pro umístění určitého produktu, nesmí na ní být skladovány více než 3 druhy zboží, během sezóny maximálně 6 druhů zboží. Je to z důvodů přehlednosti a rychlosti při vychystávání. Systém také kontroluje, zda na vhodné lokaci podle předešlých parametrů nejsou už skladovány podobné produkty, například stejný telefon jiné barvy, nebo stejný počítač s jinou velikostí operační paměti, tedy věci, které zaměstnanec nemusí na první pohled rozeznat. Toto pravidlo výrazně snižuje chybovost při vychystávání objednávky. Systém také musí zkontrolovat, jestli se na lokaci neskládá zboží s tekutým obsahem, například tekuté mýdlo, protože se může během manipulace poškodit, a tím způsobit škodu jiným produktům.



## 2.1.6 Vývojový diagram



**Obrázek 3. Algoritmus přiřazení produktů na skladovou lokaci**

Ve vývojovém diagramu je použit výraz „vhodná lokace“. Vhodnou lokací je taková lokace, která splňuje jak velikost, obrátkovost, tak i parametry popsány v odstavci 2.1.5 Skladované produkty na lokaci.

## 2.2 Zpracování objednávek ve firmě

### 2.2.1 Pojmy

Batch – každá objednávka je na startu systémově přiřazená k čárovému kódu přepravky (každá přepravka ve skladu má na sobě svůj unikátní čárový kód), tedy do jedné přepravky se vychystává zboží pouze jedné objednávky. Mnohdy jsou kvůli tomu přepravky vytížené jen málo. Proto se zavedly tzv. Batche, skupina objednávek přiřazených do jedné přepravky. Všechny objednávky v jednom Batchi ale musí být přepravovány na stejnou pobočku a ve stejný čas. Díky tomu se výrazně zvyšuje vytíženost přepravek a s tím je i spojená úspora místa na dopravníkovém páse.

MO třídírna – zatímco Batch řeší problém vytíženosti přepravky v případě více malých objednávek, MO třídírna řeší problém jedné velké objednávky. Často nastává situace, kdy si zákazník objedná v jedné objednávce jak SPO, tak i BPO produkt (například mobilní telefon a tiskárnu), nebo počet SPO produktů je tak vysoký, že se objednávka musí rozdělit do několika přepravek. Jelikož už není možné jednu objednávku vychystat do jedné přepravky, je v takovém případě využita tzv. MO třídírna. MO třídírna je spádový regál, kde se „sbíhají“ části jedné objednávky na jednom místě, aby se mohly zabalit jako jeden balík a předat dopravci.



Obrázek 4. Spádový regál

### **2.2.2 Přijetí objednávky**

Zpracování začíná ihned poté, co zákazník dokončí a zaplatí objednávku. V případě, že zákazník vybere způsob platby na dobírku, tak se čekání na platbu přeskočí a zpracování objednávky začíná hned po jejím dokončení zákazníkem.

Jako první se vytvoří faktura. Následně systém rozhodne, jestli zařadí objednávku do Batche, nebo ji pošle do skladu samostatně v přepravce. Každá objednávka je na startu přiřazená k přepravce, nebo pokud se jedná o BPO produkt, který se do přepravky nevejde, je tento produkt přiřazen k čárovému kódu, který se po vychystání na produkt nalepí, a putuje volně po páse. Automaticky se naplňuje veškerý pohyb objednávky po skladu. Mezi plánování pohybu patří cesta na vychystávací stanice, jaké vychystávací stanice to jsou, jestli bude kompletována v lokaci MO třídírny, na jakém stanovišti se bude objednávka balit, zda bude na stohování, z jaké rampy bude předána dopravci. Po naplánování veškerého skladového pohybu přepravka vyjíždí ze startovacího bodu, což je robot, který v sobě má prázdné přepravky, je napojený na dopravník a podle systému posílá prázdné přepravky (už s přiřazenou objednávkou) po dopravníku, které putují na vychystávací stanici. Trasa po dopravníku se určuje pomocí senzorů, které snímají čárový kód na přepravce nebo čárový kód na vychystaném BPO produktu. Načtením systém dopravníkového pásu získává informaci o tom, kam má danou přepravku nebo BPO produkt poslat.

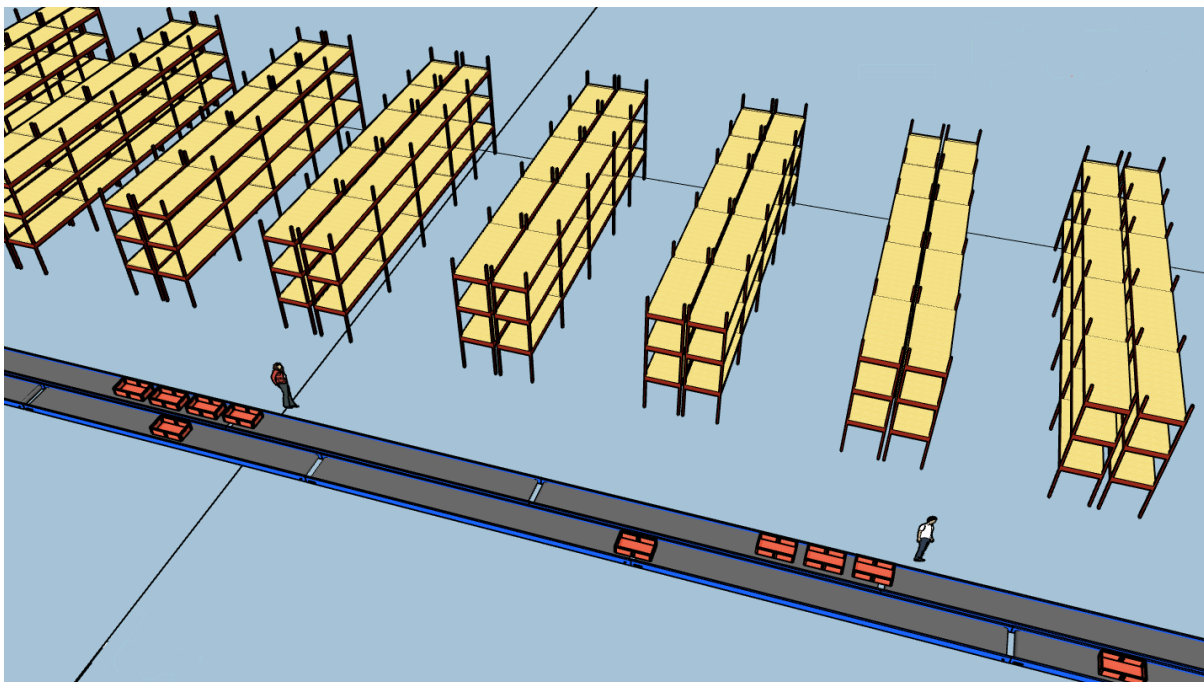
### **2.2.3 Vychystávání**

#### **SPO produkty**

Prázdná přepravka přijede po dopravníkovém páse na vychystávací stanoviště. Picker, tedy člověk, který vychystává zboží do přepravky, na stanovišti načte laserovou čtečkou čárový kód. Po načtení se mu na čtečce zobrazí název produktu, lokace, EAN/SN a množství. Následně picker najde lokaci a načte čárový kód lokace, pokud je správný, načte dále EAN nebo SN produktu a potvrdí množství v případě, je-li množství větší než jedna. Pokud je do načtené přepravky potřeba vložit ještě nějaké zboží z lokace, kde se zrovna picker nachází, čtečka zaměstnanci ukáže další lokaci, na které se požadované zboží nachází. Pokud už na dané vychystávací stanici nejsou další položky k vychystání do načtené přepravky, picker vloží produkty do přepravky a načte její čárový kód. Tím potvrdí, že do ní vložil zboží, a pošle přepravku dále na pás, po kterém jede buď na další vychystávací stanoviště, na balení nebo na MO třídírnu.

## BPO produkty

Vychystávání BPO produktů je velice podobné jak u SPO produktů, ale s tím rozdílem, že zde nejsou přepravky s čárovým kódem. Pickerům na lokaci s BPO produkty se zobrazuje práce na čtečce automaticky bez načítání čárových kódů. Každý produkt, který vychystají, následně polepí čárovým kódem a načtou ho, tím nalepený čárový kód spárují s objednávkou.



Obrázek 5. Grafická ukázka dvou vychystávacích SPO stanic

### 2.2.4 Kompletování

Zboží po vychystání pokračuje po dopravníkovém páse na balení. Někdy se ale stává, že se objednávka skládá z několika přepravek nebo z přepravky a BPO produktu. Je to ale pořád jen jedna objednávka a musí být zabalena společně v jedné krabici. Proto se jednotlivé části takové objednávky musí setkat na jednom místě a tím místem je MO třídírna.

### 2.2.5 Balení

Na balících stanicích zaměstnanci v případě potřeby, tedy pokud je zboží křehké nebo obsahuje tekutinu (typicky voňavky, mýdlo), zabalí zboží do bublinkové fólie nebo obyčejné fólie. Následně polepí potřebnými štítky.

### 2.2.6 Odeslání

Po balení se objednávky roztřídí na expediční rampy, ze kterých se předají dopravci. Rampy jsou rozděleny jak podle poboček, tak i podle dopravců. Dopravci dojíždí na předem domluvené časy, proto všechny procesy zpracování objednávky musí dodržovat časový limit, aby objednávka dorazila v požadovaný čas na místo vyzvednutí.

## 3. Formulace úlohy rozmístění zásob

Cílem úlohy rozmístění zásob je najít pro každou skladovanou položku co nejlepší skladovací místo. Motivací firem se touto úlohou zabývat je umístit co nejvíce zboží v co nejmenší prostor a další důvod je minimalizace nákladů se skladováním spojených jako jsou náklady na zaměstnance, náklady za využitou skladovací plochu, lepší kvalita služeb. Ve skladech, ve kterých je vychystávání objednávek běžné, je čas na vychystání objednávky největší komponentou práce, která tvoří 50% i více z času odbavení celé objednávky [1].

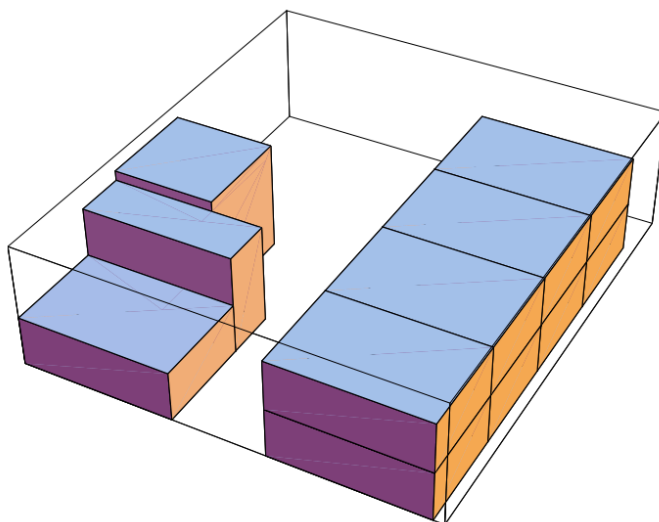
Tato bakalářská práce se zaměřuje na minimalizaci cestovní doby vychystávání objednávek. Mezi další úlohy rozmístění skladových zásob patří také pohodlí vychystávání, tedy aby často objednávané zboží bylo umístěno tak, že zaměstnanec skladu se nebude muset pro zboží ohýbat nebo se pro něj natahovat do horní části regálu. Těžké zboží bude ve výšce těla, opět aby se skladník pro těžký produkt nemusel ohýbat nebo se natahovat, díky tomu bude menší šance že dojde k úrazu nebo k poškození produktu. Optimální výška umístění často objednávaných nebo těžkých produktů v regálu je od pasu do hrudi člověka, někdy je tato zóna nazývaná jako golden-zoning [2]. Příklad optimálního rozmístění skladových zásob v regálech jedné vychystávací ulice z hlediska ergonomie je znázorněn na obrázku číslo 6 [2].

Velké, ale lehké	Méně populární	Nejméně populární
<b>Těžké produkty</b>	<b>Nejpopulárnější produkty</b>	Méně populární
Velké, ale lehké	Méně populární	Nejméně populární

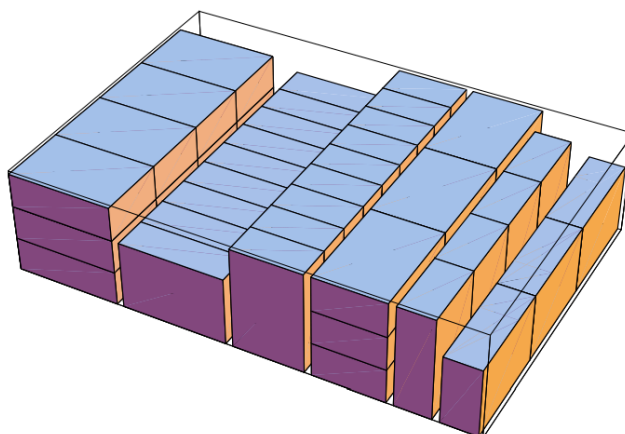
Obrázek 6. Ergonomické uspořádání produktů ve skladu [2]

Obrázek představuje ergonomické uspořádání, kde startovací bod zaměstnance, který zboží vychystává, je vlevo.

Dále mezi úlohy rozmístění skladových zásob patří uspořádání produktů na polici regálů. V této úloze je cílem produkty v regálu rozmístit takovým způsobem, aby produkt na začátku nezakrýval produkty na zadní části police. K maximálnímu vytížení a přehlednosti je zapotřebí skladovat na jedné polici za sebou produkty jednoho druhu. V takovém uspořádání nedojde k tomu, že vychystávací pracovník bude muset vyndat produkty z přední části, aby mohl najít požadovaný produkt v části zadní. Díky tomu se sníží čas na hledání zboží, šance na ztracení alepší se využití skladové plochy [2].



**Obrázek 7. Příklad špatného rozmístění produktů [2]**



**Obrázek 8. Příklad správného rozmístění produktů [2]**

Jak je vidět na obrázku číslo 7, produkty vpředu blokují přístup k produktům v zadní části. Ve způsobu skladování znázorněném na obrázku číslo 8 blokování přístupu nenastává, protože za sebou v řadě se skladuje stejné zboží. Vychystávací pracovník má tedy přístup ke všemu, aniž by musel se zbožím dodatečně manipulovat.

### 3.1 Minimalizace doby nanesení

Výše popsané metody optimalizace rozmístění skladových zásob jsou důležité a kromě ergonomie také mohou pomoci snížit dobu nanesení zboží, ale nejsou zaměřením této bakalářské práce, proto jsou jen ve stručnosti popsány.

Hlavním tématem je minimalizace délky trasy, kterou zaměstnanec skladu musí nachodit, aby vychystal objednávku. Protože chození je jedna z nejvýznamnějších a často nejvýznamnější činnost, kterou skladník, v podobných typech skladů, musí dělat během své pracovní doby.

Tato bakalářská práce se zabývá hlavně třemi metodami, díky kterým může dojít ke snížení nachozené délky vychystávacího pracovníka:

- 1) často objednávané zboží se bude skladovat u startovacího bodu skladníka;
- 2) zboží, které je často objednávané spolu, se bude skladovat blízko u sebe;
- 3) kombinace prvního a druhého bodu.

### 3.2 Pick Frequency/Part Affinity skóre

K číselnému vyjádření efektivity skladování se dá použít tzv. PF/PA skóre. Hlavní úlohou rozmístění skladových zásob je snížit toto skóre na minimální hodnotu. Předpokládejme, že:

$S$  = soubor všech skladových lokací  $s_k$ ;

$$0 < k \leq m, \text{ kde } m = |S| \quad (1)$$

$$\text{dist}(s_k, s_l) = \text{směrově určená vzdálenost mezi skladovou lokací } s_k \text{ a } s_l \quad (2)$$

Kromě skladových lokací pro zboží, musí být definován alespoň jeden startovací bod  $s_0$ .

Vstupní data se rozlišují na data, která stačí vypočítat jednou pro určitý sklad nebo skladovou lokaci a mohou být znovu použita k výpočtu skóre pro nové rozložení, a na data, která se s časem mění. Například se předpokládá, že skladové parametry, které jsou definovány v rovnici (1) a (2), se nezmění. Naopak skladované produkty a statistika objednávek by měly být pokaždé získané znovu ze systému. Soubor  $P$  obsahuje všechny produkty, které jsou skladem ve sledovaném období.

$P$  = soubor všech produktů  $p_i$ ;

$$0 < i \leq n, \text{ kde } n = |P| \quad (3)$$

Na základě seznamu předchozích nebo budoucích objednávek se může zjistit počet objednávek, ve kterých je obsažen produkt  $p_i$ . Pro usnadnění porovnávání PF/PA skóre mezi jednotlivými výpočty se vypočítá relativní číslo objednávek  $orderRatio(p_i)$ . Relativní se vypočítá jako dělení počtu objednávek, které obsahují produkt  $p_i$  s počtem všech objednávek.

$$orderRatio(p_i) = \text{relativní číslo objednávek, ve kterých se vyskytuje } p_i \quad (4)$$

Dále se vypočítá i relativní číslo objednávek, ve kterých se vyskytnou dva produkty společně. Celkové množství produktu  $p_i$  může být rozděleno na několika lokacích  $s_k$ , protože je umožněno rozdělení skladování produktu na několika lokacích. Proto funkce  $quantity(p_i, s_k)$  udává dostupné množství na páru produkt-lokace. Všechny skladové lokace, na kterých se vyskytuje produkt  $p_i$ , jsou uvedeny v souboru  $L(p_i)$ .

$$affinity(p_i, p_j) = \text{relativní číslo objednávek, ve kterých se vyskytuje } p_i \text{ a } p_j \text{ společně} \quad (5)$$

$$quantity(p_i, s_k) = \text{množství produktu } p_i \text{ skladovaného na lokaci } s_k \quad (6)$$

$$L(p_i) = \text{soubor všech lokací kde } quantity(p_i, s_k) > 0 \quad (7)$$

Hodnoty, které jsou představeny ve vzorcích (5) a (6), jsou vypočítané z historie objednávek nebo předpovědí objednávek a stávajícího rozmístění skladových zásob. Nyní lze definovat PF a PA skóre.

$$PF = \sum_{i=1}^n \frac{orderRatio(p_i)}{|L(p_i)|} * \sum_{s \in L(p_i)} dist(s, s_0) \quad (8)$$

Při výpočtu PF skóre se určí všechny skladové lokace  $L(p_i)$ , vypočítá se vzdálenost těchto skladových lokací ke startovacímu bodu a vynásobí se každá vzdálenost relativní frekvencí vychystávání (relativním počtem objednávek, ve kterých se vyskytuje produkt  $p_i$ ). Nezvažuje se množství na každé lokaci, ale předpokládá se, že vychystávání je rovnoměrně rozloženo mezi lokacemi. PF skóre je nízké, když často objednávané produkty jsou skladovány blízko startovacího bodu.

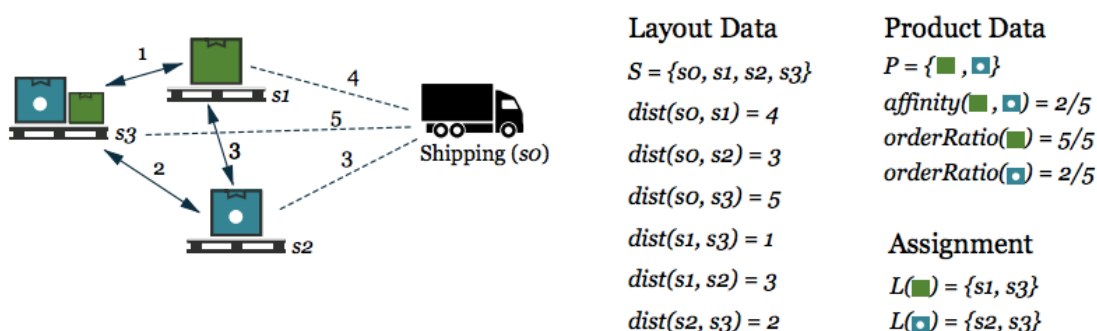
$$PA = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{affinity(p_i, p_j)}{|L(p_i)| * |L(p_j)|} * \sum_{s_k \in L(p_i)} \sum_{s_l \in L(p_j)} dist(s_k, s_l) \quad (9)$$



Při výpočtu PA skóre se určí všechny páry produktu  $p_i$  a  $p_j$  a zjistí se jejich aktuální lokace  $L(p_i)$  a  $L(p_j)$ . Vypočítá se vzdálenost mezi každou výslednou skladovou lokací a vynásobí se relativním číslem objednávek, ve kterých jsou dané produkty společně. Tento součin se následně vydělí počtem páru skladových lokací  $|L(p_i)| * |L(p_j)|$ .

Pro produkty, který nejsou slučitelné, tedy jsou objednány vždy samostatně, se výraz  $|L(p_i)| * |L(p_j)|$  snižuje na nulu. Proto lze výpočet zjednodušit tím, že se do výpočtu PA skóre zahrnou jenom produkty, které jsou slučitelné.

### Příklad výpočtu PF/PA skóre



Obrázek 9. Příklad k výpočtu PF/PA skóre [1]

V příkladu jsou skladovány dva produkty, které jsou rozmístěny na třech lokacích  $s_1$ ,  $s_2$  a  $s_3$ . Lokace  $s_0$  značí startovací bod a je znázorněná na obrázku jako dodávka. Skladované množství na lokaci a produkt je jedna a všechny ostatní lokace jsou prázdné. Dvě hodnoty, které jsou definovány v rovnici 8 a 9, byly spočítány.  $PF = 6,1$  a  $PA = 1,2$ .

Obrázek 9 ukazuje jak vypočítat celkové PF a PA skóre pro sklad, který se skládá ze tří skladových lokací  $s_1$ ,  $s_2$  a  $s_3$  a dvou produktů  $p_1$  a  $p_2$ . Zboží může být skladováno na několika lokacích najednou a sdílení místa na paletách je také povoleno, jak je ukázáno na lokaci  $s_3$ .

Kombinací PF a PA skóre se vytvoří PF/PA skóre

$$PF/PA \text{ skóre} = \alpha * PF + \beta * PA \quad (10)$$

Koeficienty  $\alpha$  a  $\beta$  jsou použity, aby přidaly váhu dopadu skóre. Hodnota koeficientů musí být empiricky určena. Někdy se používá  $\alpha = 2$  a  $\beta = 1$ . Hodnota těchto koeficientů určuje, jak silný dopad daného skóre bude na výsledek.

Správné hodnoty jsou takové, že výsledek skóre a zároveň vzdálenost nachozena skladníkem u vychystávání objednávek, byla minimální zároveň. Hodnota těchto koeficientů velmi závisí na objednávkách, které sklad odbavuje. Záleží na tom jestli je hodně objednávek jednoduktových nebo jsou často víceproduktová.

V kapitole 3.2 Pick Frequency/Part Afintiy bylo čerpáno ze zdroje [1].

### **3.3 Aktuální rozmístění skladových zásob**

#### **3.3.1 Představení dat**

Data jsou poskytnuta společností, která se zabývá prodejem zboží přes internet a sledují vychystávání objednávek v jedné části skladu, kde se nachází dvě vychystávací stanice. Data představují 17 tisíc vychystaných produktů za časové období 5 dní. Obsahují:

- číslo objednávky
- číslo přepravky
- ID produktu
- lokaci odkud byl produkt vychystán
- čas vychystání na jedné vychystávací stanici

#### **3.3.2 Představení sledované části skladu**

Ve sledované části skladu se skladují pouze SPO produkty. Sklad má 34 řad s regály, který má 8 pater s policemi. Na jedné straně je kolmo k regálům dopravníkový pás, po kterém cestují přepravky, do kterých se zboží vychystává. Sledovaná část skladu se podobá grafické ukázce dvou vychystávacích SPO stanic, která je znázorněna na obrázku číslo 5.

#### **3.3.3 Skladování podle obrátkovosti**

Ve firmě existuje systém skladování zboží podle obrátkovosti, tento systém skladování by měl zaručovat, že nejčastěji objednávané zboží se skladuje nejbliže dopravníkovému pásu, což snižuje množství chůze a dobu vychystávání. Obrátkovost se v dané firmě dělí na tři kategorie.

Z poskytnutých dat je možné vytvořit heat mapu, která je na obrázku číslo 10. Z této mapy je zřejmé, že systém skladování podle obrátkovosti nefunguje dokonale. Při detailnějším zkoumání je vidět, že levá část skladu, tedy ta blíže k dopravníkovému pásu je barevnější a tmavší, než část, která je dále od dopravníku. Přesto jsou zde lokace, které jsou při vychystávání velmi frekventované, ale jsou daleko od startovacího bodu.

Taková situace může být způsobena absencí historických dat prodejí, například když se jedná o nové zboží, nebo nedostatek volného místa v přední části skladu. Takové nedostatky by se mohly ošetřit pomocí přesunutí často objednávaného produktu do předních částí skladu, tedy blíže k dopravníku, když se zjistí jeho obrátkovost, nebo když se uvolní místo. Ideální stav, kterého je snahou dosáhnout, by nastal, kdyby nejvíc obrátkové zboží bylo co nejbliž startovacímu bodu zaměstnance na vychystávání, a postupně po nejméně obrátkové až ke konci.

1	2B-1-1a	2B-1-1b	2B-1-1c	2B-1-2a	2B-1-2b	2B-1-2c	2B-1-3a	2B-1-3b	2B-1-3c	2B-1-4a	2B-1-4b	2B-1-4c	2B-1-5a	2B-1-5b	2B-1-5c	2B-1-6a	2B-1-6b	2B-1-6c		
2	2B-3-1a	2B-3-1b	2B-3-1c	2B-3-2a	2B-3-2b	2B-3-2c	2B-3-3a	2B-3-3b	2B-3-3c	2B-3-4a	2B-3-4b	2B-3-4c	2B-3-5a	2B-3-5b	2B-3-5c	2B-3-6a	2B-3-6b	2B-3-6c		
3	2B-5-1a	2B-5-1b	2B-5-1c	2B-5-2a	2B-5-2b	2B-5-2c	2B-5-3a	2B-5-3b	2B-5-3c	2B-5-4a	2B-5-4b	2B-5-4c	2B-5-5a	2B-5-5b	2B-5-5c	2B-5-6a	2B-5-6b	2B-5-6c		
4	2B-7-1a	2B-7-1b	2B-7-1c	2B-7-2a	2B-7-2b	2B-7-2c	2B-7-3a	2B-7-3b	2B-7-3c	2B-7-4a	2B-7-4b	2B-7-4c	2B-7-5a	2B-7-5b	2B-7-5c	2B-7-6a	2B-7-6b	2B-7-6c		
5	2B-9-1a	2B-9-1b	2B-9-1c	2B-9-2a	2B-9-2b	2B-9-2c	2B-9-3a	2B-9-3b	2B-9-3c	2B-9-4a	2B-9-4b	2B-9-4c	2B-9-5a	2B-9-5b	2B-9-5c	2B-9-6a	2B-9-6b	2B-9-6c		
6	2B-11-1a	2B-11-1b	2B-11-1c	2B-11-2a	2B-11-2b	2B-11-2c	2B-11-3a	2B-11-3b	2B-11-3c	2B-11-4a	2B-11-4b	2B-11-4c	2B-11-5a	2B-11-5b	2B-11-5c	2B-11-6a	2B-11-6b	2B-11-6c		
7	2B-13-1a	2B-13-1b	2B-13-1c	2B-13-2a	2B-13-2b	2B-13-2c	2B-13-3a	2B-13-3b	2B-13-3c	2B-13-4a	2B-13-4b	2B-13-4c	2B-13-5a	2B-13-5b	2B-13-5c	2B-13-6a	2B-13-6b	2B-13-6c		
8	2B-15-1a	2B-15-1b	2B-15-1c	2B-15-2a	2B-15-2b	2B-15-2c	2B-15-3a	2B-15-3b	2B-15-3c	2B-15-4a	2B-15-4b	2B-15-4c	2B-15-5a	2B-15-5b	2B-15-5c	2B-15-6a	2B-15-6b	2B-15-6c		
9	2B-17-1a	2B-17-1b	2B-17-1c	2B-17-2a	2B-17-2b	2B-17-2c	2B-17-3a	2B-17-3b	2B-17-3c	2B-17-4a	2B-17-4b	2B-17-4c	2B-17-5a	2B-17-5b	2B-17-5c	2B-17-6a	2B-17-6b	2B-17-6c		
10	2B-19-1a	2B-19-1b	2B-19-1c	2B-19-2a	2B-19-2b	2B-19-2c	2B-19-3a	2B-19-3b	2B-19-3c	2B-19-4a	2B-19-4b	2B-19-4c	2B-19-5a	2B-19-5b	2B-19-5c	2B-19-6a	2B-19-6b	2B-19-6c		
11	2B-21-1a	2B-21-1b	2B-21-1c	2B-21-2a	2B-21-2b	2B-21-2c	2B-21-3a	2B-21-3b	2B-21-3c	2B-21-4a	2B-21-4b	2B-21-4c	2B-21-5a	2B-21-5b	2B-21-5c	2B-21-6a	2B-21-6b	2B-21-6c		
12	2B-23-1a	2B-23-1b	2B-23-1c	2B-23-2a	2B-23-2b	2B-23-2c	2B-23-3a	2B-23-3b	2B-23-3c	2B-23-4a	2B-23-4b	2B-23-4c	2B-23-5a	2B-23-5b	2B-23-5c	2B-23-6a	2B-23-6b	2B-23-6c		
13	2B-25-1a	2B-25-1b	2B-25-1c	2B-25-2a	2B-25-2b	2B-25-2c	2B-25-3a	2B-25-3b	2B-25-3c	2B-25-4a	2B-25-4b	2B-25-4c	2B-25-5a	2B-25-5b	2B-25-5c	2B-25-6a	2B-25-6b	2B-25-6c		
14	2B-27-1a	2B-27-1b	2B-27-1c	2B-27-2a	2B-27-2b	2B-27-2c	2B-27-3a	2B-27-3b	2B-27-3c	2B-27-4a	2B-27-4b	2B-27-4c	2B-27-5a	2B-27-5b	2B-27-5c	2B-27-6a	2B-27-6b	2B-27-6c		
15	2B-29-1a	2B-29-1b	2B-29-1c	2B-29-2a	2B-29-2b	2B-29-2c	2B-29-3a	2B-29-3b	2B-29-3c	2B-29-4a	2B-29-4b	2B-29-4c	2B-29-5a	2B-29-5b	2B-29-5c	2B-29-6a	2B-29-6b	2B-29-6c		
16	2B-31-1a	2B-31-1b	2B-31-1c	2B-31-2a	2B-31-2b	2B-31-2c	2B-31-3a	2B-31-3b	2B-31-3c	2B-31-4a	2B-31-4b	2B-31-4c	2B-31-5a	2B-31-5b	2B-31-5c	2B-31-6a	2B-31-6b	2B-31-6c		
17	2B-33-1a	2B-33-1b	2B-33-1c	2B-33-2a	2B-33-2b	2B-33-2c	2B-33-3a	2B-33-3b	2B-33-3c							<= 10.	> 10.	> 30.	> 50.	> 70.

**Obrázek 10. Heat mapa skladových lokací podle vychystávání (pohled shora)**

Heat mapa je rozdělena diskrétně na 4 barvy, které znázorňují počet vychystávání z dané lokace. Lokace, ze kterých bylo vychystáno více než 70 krát, jsou nejtemnější barvy a postupně se zesvětluje se snižující se frekvenci vychystání z lokace. Četnosti vychystávání jsou v legendě na obrázku číslo 10 vpravo dole.

### 3.3.4 Skladování podle slučitelnosti

Další metoda k dosažení snížení chůze je skladování často objednávaných produktů vedle sebe, nebo v blízkosti u sebe. Z analýzy poskytnutých dat je zjištěno, že ke slučitelnosti mezi dvěma produkty docházelo za 5 dní maximálně 20 krát, což není velké číslo, ale skladování těchto dvou produktů u sebe by mohlo pomoci ke zrychlení vychystání objednávky. Na základě analýzy slučitelnosti lze vytvořit třídy produktů, které se na sebe vážou a následně upravit skladování podle určitých tříd.

SKU 1	SKU 2	#-containing orders
HMO37d	SPTsc1285	20
CELap020	FXD040g035	13
CELap020	PP897z1b5b	13
FXD040g004	PP897z1b5b	13
FXD002q	FXD004c4	12
FXD004c4	PP897z1b5b	12
CELap020	FXD040g004	12
FXD002q	PP897z1b5b	11
FXD038b36	fxd038e082	11
CELap020	FXD004c4	11
FXD004c4	FXD040g004	10
FXD040g035	PP897z1b5b	10
CELap020	FXD002q	10
FXD004c4	PP897a8v	9
fxd038e082	PP897z1b5b	9
FXD002q	FXD040g004	9
FXD002q	PP897a8v	9
FXD040g004	FXD040g035	9
FXD002q	FXD040g035	8
PP897a8v	PP897z1b5b	8
FXD004c4	FXD040g035	8
CELap020	PP897a8v	8
FXD038b36	SP001n	8
CELap020	SP003c2h6l	7
FXD040g004	SP003c2h6l	7
fxd038e081a	fxd038e082	6
FXD004c4	SP003c2h6l	6
FXD040g004	PP897a8v	6
DU080e6i	PP897l2c07	6
FXD038b36	PP897z1b5b	6
CELap020	fxd038e082	6
fxd038e082	FXD040g004	6

**Obrázek 11. Páry produktů objednávaných ve stejný objednávce**

Na obrázku číslo 11 jsou znázorněny v prvních dvou sloupcích ID produktů a v posledním sloupci je číslo udávající kolikrát byly dané produkty objednané společně.

Páry produktů jsou rozdělené celkem do 6 tříd. Způsob rozdělení do tříd je uveden v sekci 4.2.2 Vytvoření tříd. Na obrázku číslo 12 je znázorněn sklad, ve kterém jsou barevně vyznačené třídy slučitelnosti. Jak je z obrázku patrné, spolu často objednávané produkty nejsou spolu skladovány a skoro vždy jsou náhodně rozmístěné po skladě. Cílem skladování podle slučitelnosti je vytvořit takový způsob skladování, že každá barva bude na jedné lokaci (v případě pohledu ze shora, jelikož každá lokace z tohoto pohledu vypadá jako jedna, ale reálně má 8 lokací, z důvodu toho, že má 8 pater), a nebo co nejbliž vedle sebe.

1	2B-1-1a	2B-1-1b	2B-1-1c	2B-1-2a	2B-1-2b	2B-1-2c	2B-1-3a	2B-1-3b	2B-1-3c	2B-1-4a	2B-1-4b	2B-1-4c	2B-1-5a	2B-1-5b	2B-1-5c	2B-1-6a	2B-1-6b	2B-1-6c	
	2B-2-1a	2B-2-1b	2B-2-1c	2B-2-2a	2B-2-2b	2B-2-2c	2B-2-3a	2B-2-3b	2B-2-3c	2B-2-4a	2B-2-4b	2B-2-4c	2B-2-5a	2B-2-5b	2B-2-5c	2B-2-6a	2B-2-6b	2B-2-6c	
2	2B-3-1a	2, 2	2B-3-1c	5	2B-3-2b	2B-3-2c	2B-3-3a	2B-3-3b	2	2B-3-4a	2B-3-4b	2B-3-4c	2B-3-5a	2B-3-5b	2B-3-5c	2B-3-6a	2B-3-6b	2B-3-6c	
	2B-4-1a	2B-4-1b	2B-4-1c	2B-4-2a	2B-4-2b	2B-4-2c	2B-4-3a	2B-4-3b	2B-4-3c	2B-4-4a	2B-4-4b	2B-4-4c	2B-4-5a	2B-4-5b	2B-4-5c	2B-4-6a	2B-4-6b	2B-4-6c	
3	2	2B-5-1b	2B-5-1c	2B-5-2a	2B-5-2b	2B-5-2c	2B-5-3a	2B-5-3b	2B-5-3c	2B-5-4a	2B-5-4b	2B-5-4c	2B-5-5a	2B-5-5b	2B-5-5c	2B-5-6a	2B-5-6b	2B-5-6c	
	2B-6-1a	2B-6-1b	2B-6-1c	2B-6-2a	2B-6-2b	2B-6-2c	2B-6-3a	2B-6-3b	2B-6-3c	2B-6-4a	2B-6-4b	2B-6-4c	2B-6-5a	2B-6-5b	2B-6-5c	2B-6-6a	2B-6-6b	2B-6-6c	
4	2B-7-1a	2B-7-1b	2B-7-1c	2B-7-2a	3	2B-7-2c	3	2B-7-3a	2B-7-3b	2B-7-3c	2B-7-4a	2B-7-4b	2B-7-4c	2B-7-5a	2B-7-5b	2B-7-5c	2B-7-6a	2	4
	2B-8-1a	2B-8-1b	2B-8-1c	2B-8-2a	2	2B-8-2c	2B-8-3a	2B-8-3b	2B-8-3c	2B-8-4a	2B-8-4b	2B-8-4c	2B-8-5a	2B-8-5b	2B-8-5c	2B-8-6a	2B-8-6b	2	
5	2B-9-1a	2B-9-1b	2B-9-1c	2B-9-2a	2B-9-2b	2B-9-2c	2B-9-3a	2B-9-3b	2B-9-3c	2B-9-4a	2B-9-4b	2B-9-4c	2B-9-5a	2B-9-5b	2B-9-5c	2B-9-6a	2B-9-6b	2B-9-6c	
	2B-10-1a	2B-10-1b	2B-10-1c	5	2B-10-2b	2B-10-2c	2B-10-3a	2B-10-3b	2B-10-3c	2B-10-4a	2	2B-10-4c	2B-10-5a	2B-10-5b	2B-10-5c	2B-10-6a	2B-10-6b	5	
6	2B-11-1a	2B-11-1b	2B-11-1c	2B-11-2a	2B-11-2b	2B-11-2c	2B-11-3a	2B-11-3b	2B-11-3c	2B-11-4a	2B-11-4b	2B-11-4c	2B-11-5a	2B-11-5b	2B-11-5c	2B-11-6a	2B-11-6b	2B-11-6c	
	2B-12-1a	2B-12-1b	2B-12-1c	2B-12-2a	2B-12-2b	2B-12-2c	2B-12-3a	2B-12-3b	2B-12-3c	2B-12-4a	2B-12-4b	2B-12-4c	2B-12-5a	2B-12-5b	2B-12-5c	2B-12-6a	2B-12-6b	2B-12-6c	
7	2B-13-1a	2B-13-1b	2B-13-1c	2B-13-2a	2B-13-2b	2B-13-2c	2B-13-3a	2B-13-3b	2B-13-3c	2B-13-4a	2B-13-4b	2B-13-4c	2B-13-5a	2B-13-5b	2B-13-5c	2B-13-6a	2B-13-6b	2B-13-6c	
	2B-14-1a	2B-14-1b	2B-14-1c	2B-14-2a	2B-14-2b	2B-14-2c	2B-14-3a	2B-14-3b	2B-14-3c	2B-14-4a	2B-14-4b	2B-14-4c	2B-14-5a	2B-14-5b	2B-14-5c	2B-14-6a	2B-14-6b	2B-14-6c	
8	2B-15-1a	2B-15-1b	2B-15-1c	2B-15-2a	2B-15-2b	2	2B-15-3a	2B-15-3b	2B-15-3c	2B-15-4a	2B-15-4b	2B-15-4c	2B-15-5a	2B-15-5b	2B-15-5c	2B-15-6a	2B-15-6b	2B-15-6c	
	2B-16-1a	2B-16-1b	2B-16-1c	2B-16-2a	2B-16-2b	2B-16-2c	2B-16-3a	2B-16-3b	2B-16-3c	2B-16-4a	2B-16-4b	2B-16-4c	2B-16-5a	2B-16-5b	2B-16-5c	2B-16-6a	2B-16-6b	2B-16-6c	
9	2B-17-1a	2B-17-1b	2B-17-1c	2B-17-2a	2B-17-2b	2B-17-2c	2B-17-3a	2B-17-3b	2B-17-3c	2B-17-4a	2B-17-4b	2B-17-4c	2B-17-5a	2B-17-5b	2B-17-5c	2	2B-17-6b	2B-17-6c	
	2B-18-1a	2B-18-1b	2B-18-1c	2B-18-2a	2B-18-2b	1	2B-18-3a	2B-18-3b	2B-18-3c	2B-18-4a	2B-18-4b	2B-18-4c	2B-18-5a	2B-18-5b	2B-18-5c	2B-18-6a	2B-18-6b	2B-18-6c	
10	2B-19-1a	2B-19-1b	2B-19-1c	2B-19-2a	2B-19-2b	2B-19-2c	2B-19-3a	2B-19-3b	2B-19-3c	2B-19-4a	2B-19-4b	2B-19-4c	2B-19-5a	2B-19-5b	2B-19-5c	2B-19-6a	2B-19-6b	2B-19-6c	
	2B-20-1a	2B-20-1b	2B-20-1c	2B-20-2a	2B-20-2b	2	2B-20-3a	2B-20-3b	2B-20-3c	2B-20-4a	2B-20-4b	2B-20-4c	2B-20-5a	2B-20-5b	2B-20-5c	2B-20-6a	2B-20-6b	2B-20-6c	
11	2B-21-1a	2B-21-1b	2B-21-1c	2B-21-2a	2B-21-2b	2B-21-2c	2B-21-3a	2B-21-3b	2B-21-3c	2B-21-4a	2B-21-4b	2B-21-4c	2B-21-5a	2B-21-5b	2B-21-5c	2B-21-6a	2B-21-6b	2B-21-6c	
	2B-22-1a	2B-22-1b	2B-22-1c	2B-22-2a	2B-22-2b	2B-22-2c	2B-22-3a	2B-22-3b	2B-22-3c	2B-22-4a	2B-22-4b	2B-22-4c	2B-22-5a	2B-22-5b	2B-22-5c	2B-22-6a	2B-22-6b	2B-22-6c	
12	2B-23-1a	2B-23-1b	2B-23-1c	2B-23-2a	2B-23-2b	2B-23-2c	2B-23-3a	2B-23-3b	2B-23-3c	2B-23-4a	2B-23-4b	2B-23-4c	2B-23-5a	2B-23-5b	2B-23-5c	2B-23-6a	2B-23-6b	2B-23-6c	
	2B-24-1a	2B-24-1b	2B-24-1c	2B-24-2a	2B-24-2b	2B-24-2c	2B-24-3a	2B-24-3b	2B-24-3c	2B-24-4a	2B-24-4b	2B-24-4c	2B-24-5a	2B-24-5b	2B-24-5c	2B-24-6a	2B-24-6b	2B-24-6c	
13	2B-25-1a	2B-25-1b	2B-25-1c	2B-25-2a	2B-25-2b	4	2B-25-2c	2B-25-3a	2B-25-3b	2B-25-3c	2B-25-4a	2B-25-4b	2B-25-4c	2B-25-5a	2B-25-5b	2B-25-5c	2B-25-6a	2B-25-6b	2B-25-6c
	2B-26-1a	2B-26-1b	2B-26-1c	2B-26-2a	2B-26-2b	2B-26-2c	2B-26-3a	2B-26-3b	2B-26-3c	2B-26-4a	2B-26-4b	2B-26-4c	2B-26-5a	2B-26-5b	2B-26-5c	2B-26-6a	2B-26-6b	2B-26-6c	
14	2B-27-1a	2B-27-1b	2B-27-1c	2	2B-27-2b	2B-27-2c	2B-27-3a	2B-27-3b	2	2B-27-3c	2B-27-4a	2B-27-4b	2B-27-4c	2B-27-5a	2B-27-5b	2B-27-5c	2B-27-6a	2B-27-6b	2B-27-6c
	2B-28-1a	2B-28-1b	2B-28-1c	2B-28-2a	2B-28-2b	2B-28-2c	2B-28-3a	2B-28-3b	2B-28-3c	2B-28-4a	2B-28-4b	2B-28-4c	2B-28-5a	2B-28-5b	2B-28-5c	2B-28-6a	2B-28-6b	2B-28-6c	
15	2B-29-1a	2B-29-1b	2B-29-1c	2B-29-2a	2B-29-2b	2B-29-2c	2B-29-3a	2B-29-3b	2B-29-3c	2B-29-4a	2B-29-4b	2B-29-4c	2B-29-5a	2B-29-5b	2B-29-5c	2B-29-6a	2B-29-6b	2B-29-6c	
	2B-30-1a	2B-30-1b	2B-30-1c	2B-30-2a	2B-30-2b	2B-30-2c	2B-30-3a	2B-30-3b	2B-30-3c	2B-30-4a	2B-30-4b	2B-30-4c	2B-30-5a	2B-30-5b	2B-30-5c	2B-30-6a	2B-30-6b	2B-30-6c	
16	2B-31-1a	2B-31-1b	2B-31-1c	2B-31-2a	2B-31-2b	2B-31-2c	2B-31-3a	2B-31-3b	2B-31-3c	2B-31-4a	2B-31-4b	2B-31-4c	2B-31-5a	2B-31-5b	2B-31-5c	2B-31-6a	2B-31-6b	2B-31-6c	
	2B-32-1a	2B-32-1b	2B-32-1c	4	2B-32-2b	2B-32-2c	2B-32-3a	2B-32-3b	2B-32-3c	2B-32-4a	2B-32-4b	2B-32-4c	2B-32-5a	2B-32-5b	2B-32-5c	2B-32-6a	2B-32-6b	2B-32-6c	
17	2B-33-1a	2B-33-1b	2B-33-1c	2B-33-2a	2B-33-2b	2B-33-2c	2B-33-3a	2B-33-3b	2B-33-3c	2B-33-4a	2B-33-4b	2B-33-4c	2B-33-5a	2B-33-5b	2B-33-5c	2B-33-6a	2B-33-6b	2B-33-6c	
	2B-34-1a	2B-34-1b	2B-34-1c	2B-34-2a	2B-34-2b	2B-34-2c	2B-34-3a	2B-34-3b	2B-34-3c	2B-34-4a	2B-34-4b	2B-34-4c	2B-34-5a	2B-34-5b	2B-34-5c	2B-34-6a	2B-34-6b	2B-34-6c	

Obrázek 12. Původní rozmístění zboží podle tříd slučitelnosti

### 3.3.5 Skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti

K pravděpodobně většímu pozitivnímu efektu dojde, pokud se skladování podle obrátkovosti a podle slučitelnosti zkombinuje. Výše popsaná metoda skladování podle slučitelnosti má nevýhodu v tom, že sice skladuje často objednávané zboží spolu, ale už nesleduje kam zboží na úkor slučitelnosti přesouvá jinam. Může nastat situace, ve které se často objednávané zboží přesune dál od pásu jenom, aby bylo skladované společně. Z tohoto důvodu bude nejlepší tyto dvě metody zkombinovat a zjistit, kdy a jak slučitelnost může pomoci a kdy naopak uškodit.

## 4. Metody řešení

### 4.1 Optimalizace skladování podle obrátkovost

#### 4.1.1 Četnost objednávání

K dosažení požadovaného výsledku, že nejčastěji objednávané zboží bude nejbližší startovacímu bodu skladníka, je zapotřebí nejprve zjistit četnost objednávání každého produktu. To lze zjistit z historie prodejů a nebo odhadnout na základě předpovědi prodejů. Jelikož cílem této bakalářské práce je minimalizovat trasu vychystávání, tak k optimalizaci je zájmem pouze četnost výskytu produktu v objednávce a ne množství kolikrát se produkt objednal. Takové údaje lze zjistit pomocí tabulkového procesoru z poskytnutých dat. Po provedení operace má každý produkt, který byl ve sledovaném období objednán, přiřazenou četnost objednávání. Následně po seřazení od nejčastěji objednávaného po nejméně často objednávané lze každému produktu přiřadit novou lokaci. Produkt, s největší četností bude nejbližší startovacímu bodu zaměstnance na vychystávání.

#### 4.1.2 Přiřazení nové lokace

Z důvodu neúplnosti dat je potřeba udělat určité zjednodušení při tvorbě nového rozmístění skladových zásob. Konkrétně chybí údaj o objemu produktů. Stávající rozmístění je takové, že na některých lokacích se nachází více než jeden druh zboží, a protože jedno z nich by mohlo být vychystáváno častěji než jiné, nelze pouze vyměnit lokace mezi sebou. Kvůli tomu v novém rozmístění bude na lokaci skladován právě jeden druh zboží. Kdyby data obsahovala údaj s objemem, mohlo by se docílit toho, že na jednu lokaci se dá umístit více druhů skladových zásob, a tím by se dosáhlo lepších výsledků. Metoda, která se zde použije ale nabízí i výhodu a to tu, že bude snížena frekvence doplňování produktů, jelikož lokace bude využita pouze pro jedno zboží, tedy nabídne více místa pro skladování. Zjednodušení předpokládá, že ve skladu se skladuje pouze zboží, které bylo ve sledovaném období vychystáno.

Na sledované části skladu 2B probíhá vychystávání na dvou stanicích, jak je znázorněno na obrázku číslo 5. Jedna vychystávací stanice vychystává zboží od regálu číslo 1 až po regál číslo 18 včetně. Druhá vychystávací stanice pak od regálu číslo 19 až do konce, tedy 34. Proto k lepšímu výsledku se nové lokace budou přiřazovat podle četnosti vychystávání produktů na přeskáčku. První nejčastěji vychystávaný produkt na lokaci 2B-01-1-1a a druhý na lokaci 2B-19-1-1a. Tím se dosáhne rychlejšího času vychystávání, rovnoměrného rozložení práce a menší hustoty skladníků u populárních lokací.

### 4.1.3 Výsledek seřazení

Optimalizované rozmístění skladových zásob.

1	2B-1-1a	2B-1-1b	2B-1-1c	2B-1-2a	2B-1-2b	2B-1-2c	2B-1-3a	2B-1-3b	2B-1-3c	2B-1-4a	2B-1-4b	2B-1-4c	2B-1-5a	2B-1-5b	2B-1-5c	2B-1-6a	2B-1-6b	2B-1-6c
	2B-2-1a	2B-2-1b	2B-2-1c	2B-2-2a	2B-2-2b	2B-2-2c	2B-2-3a	2B-2-3b	2B-2-3c	2B-2-4a	2B-2-4b	2B-2-4c	2B-2-5a	2B-2-5b	2B-2-5c	2B-2-6a	2B-2-6b	2B-2-6c
2	2B-3-1a	2B-3-1b	2B-3-1c	2B-3-2a	2B-3-2b	2B-3-2c	2B-3-3a	2B-3-3b	2B-3-3c	2B-3-4a	2B-3-4b	2B-3-4c	2B-3-5a	2B-3-5b	2B-3-5c	2B-3-6a	2B-3-6b	2B-3-6c
	2B-4-1a	2B-4-1b	2B-4-1c	2B-4-2a	2B-4-2b	2B-4-2c	2B-4-3a	2B-4-3b	2B-4-3c	2B-4-4a	2B-4-4b	2B-4-4c	2B-4-5a	2B-4-5b	2B-4-5c	2B-4-6a	2B-4-6b	2B-4-6c
3	2B-5-1a	2B-5-1b	2B-5-1c	2B-5-2a	2B-5-2b	2B-5-2c	2B-5-3a	2B-5-3b	2B-5-3c	2B-5-4a	2B-5-4b	2B-5-4c	2B-5-5a	2B-5-5b	2B-5-5c	2B-5-6a	2B-5-6b	2B-5-6c
	2B-6-1a	2B-6-1b	2B-6-1c	2B-6-2a	2B-6-2b	2B-6-2c	2B-6-3a	2B-6-3b	2B-6-3c	2B-6-4a	2B-6-4b	2B-6-4c	2B-6-5a	2B-6-5b	2B-6-5c	2B-6-6a	2B-6-6b	2B-6-6c
4	2B-7-1a	2B-7-1b	2B-7-1c	2B-7-2a	2B-7-2b	2B-7-2c	2B-7-3a	2B-7-3b	2B-7-3c	2B-7-4a	2B-7-4b	2B-7-4c	2B-7-5a	2B-7-5b	2B-7-5c	2B-7-6a	2B-7-6b	2B-7-6c
	2B-8-1a	2B-8-1b	2B-8-1c	2B-8-2a	2B-8-2b	2B-8-2c	2B-8-3a	2B-8-3b	2B-8-3c	2B-8-4a	2B-8-4b	2B-8-4c	2B-8-5a	2B-8-5b	2B-8-5c	2B-8-6a	2B-8-6b	2B-8-6c
5	2B-9-1a	2B-9-1b	2B-9-1c	2B-9-2a	2B-9-2b	2B-9-2c	2B-9-3a	2B-9-3b	2B-9-3c	2B-9-4a	2B-9-4b	2B-9-4c	2B-9-5a	2B-9-5b	2B-9-5c	2B-9-6a	2B-9-6b	2B-9-6c
	2B-10-1a	2B-10-1b	2B-10-1c	2B-10-2a	2B-10-2b	2B-10-2c	2B-10-3a	2B-10-3b	2B-10-3c	2B-10-4a	2B-10-4b	2B-10-4c	2B-10-5a	2B-10-5b	2B-10-5c	2B-10-6a	2B-10-6b	2B-10-6c
6	2B-11-1a	2B-11-1b	2B-11-1c	2B-11-2a	2B-11-2b	2B-11-2c	2B-11-3a	2B-11-3b	2B-11-3c	2B-11-4a	2B-11-4b	2B-11-4c	2B-11-5a	2B-11-5b	2B-11-5c	2B-11-6a	2B-11-6b	2B-11-6c
	2B-12-1a	2B-12-1b	2B-12-1c	2B-12-2a	2B-12-2b	2B-12-2c	2B-12-3a	2B-12-3b	2B-12-3c	2B-12-4a	2B-12-4b	2B-12-4c	2B-12-5a	2B-12-5b	2B-12-5c	2B-12-6a	2B-12-6b	2B-12-6c
7	2B-13-1a	2B-13-1b	2B-13-1c	2B-13-2a	2B-13-2b	2B-13-2c	2B-13-3a	2B-13-3b	2B-13-3c	2B-13-4a	2B-13-4b	2B-13-4c	2B-13-5a	2B-13-5b	2B-13-5c	2B-13-6a	2B-13-6b	2B-13-6c
	2B-14-1a	2B-14-1b	2B-14-1c	2B-14-2a	2B-14-2b	2B-14-2c	2B-14-3a	2B-14-3b	2B-14-3c	2B-14-4a	2B-14-4b	2B-14-4c	2B-14-5a	2B-14-5b	2B-14-5c	2B-14-6a	2B-14-6b	2B-14-6c
8	2B-15-1a	2B-15-1b	2B-15-1c	2B-15-2a	2B-15-2b	2B-15-2c	2B-15-3a	2B-15-3b	2B-15-3c	2B-15-4a	2B-15-4b	2B-15-4c	2B-15-5a	2B-15-5b	2B-15-5c	2B-15-6a	2B-15-6b	2B-15-6c
	2B-16-1a	2B-16-1b	2B-16-1c	2B-16-2a	2B-16-2b	2B-16-2c	2B-16-3a	2B-16-3b	2B-16-3c	2B-16-4a	2B-16-4b	2B-16-4c	2B-16-5a	2B-16-5b	2B-16-5c	2B-16-6a	2B-16-6b	2B-16-6c
9	2B-17-1a	2B-17-1b	2B-17-1c	2B-17-2a	2B-17-2b	2B-17-2c	2B-17-3a	2B-17-3b	2B-17-3c	2B-17-4a	2B-17-4b	2B-17-4c	2B-17-5a	2B-17-5b	2B-17-5c	2B-17-6a	2B-17-6b	2B-17-6c
	2B-18-1a	2B-18-1b	2B-18-1c	2B-18-2a	2B-18-2b	2B-18-2c	2B-18-3a	2B-18-3b	2B-18-3c	2B-18-4a	2B-18-4b	2B-18-4c	2B-18-5a	2B-18-5b	2B-18-5c	2B-18-6a	2B-18-6b	2B-18-6c
10	2B-19-1a	2B-19-1b	2B-19-1c	2B-19-2a	2B-19-2b	2B-19-2c	2B-19-3a	2B-19-3b	2B-19-3c	2B-19-4a	2B-19-4b	2B-19-4c	2B-19-5a	2B-19-5b	2B-19-5c	2B-19-6a	2B-19-6b	2B-19-6c
	2B-20-1a	2B-20-1b	2B-20-1c	2B-20-2a	2B-20-2b	2B-20-2c	2B-20-3a	2B-20-3b	2B-20-3c	2B-20-4a	2B-20-4b	2B-20-4c	2B-20-5a	2B-20-5b	2B-20-5c	2B-20-6a	2B-20-6b	2B-20-6c
11	2B-21-1a	2B-21-1b	2B-21-1c	2B-21-2a	2B-21-2b	2B-21-2c	2B-21-3a	2B-21-3b	2B-21-3c	2B-21-4a	2B-21-4b	2B-21-4c	2B-21-5a	2B-21-5b	2B-21-5c	2B-21-6a	2B-21-6b	2B-21-6c
	2B-22-1a	2B-22-1b	2B-22-1c	2B-22-2a	2B-22-2b	2B-22-2c	2B-22-3a	2B-22-3b	2B-22-3c	2B-22-4a	2B-22-4b	2B-22-4c	2B-22-5a	2B-22-5b	2B-22-5c	2B-22-6a	2B-22-6b	2B-22-6c
12	2B-23-1a	2B-23-1b	2B-23-1c	2B-23-2a	2B-23-2b	2B-23-2c	2B-23-3a	2B-23-3b	2B-23-3c	2B-23-4a	2B-23-4b	2B-23-4c	2B-23-5a	2B-23-5b	2B-23-5c	2B-23-6a	2B-23-6b	2B-23-6c
	2B-24-1a	2B-24-1b	2B-24-1c	2B-24-2a	2B-24-2b	2B-24-2c	2B-24-3a	2B-24-3b	2B-24-3c	2B-24-4a	2B-24-4b	2B-24-4c	2B-24-5a	2B-24-5b	2B-24-5c	2B-24-6a	2B-24-6b	2B-24-6c
13	2B-25-1a	2B-25-1b	2B-25-1c	2B-25-2a	2B-25-2b	2B-25-2c	2B-25-3a	2B-25-3b	2B-25-3c	2B-25-4a	2B-25-4b	2B-25-4c	2B-25-5a	2B-25-5b	2B-25-5c	2B-25-6a	2B-25-6b	2B-25-6c
	2B-26-1a	2B-26-1b	2B-26-1c	2B-26-2a	2B-26-2b	2B-26-2c	2B-26-3a	2B-26-3b	2B-26-3c	2B-26-4a	2B-26-4b	2B-26-4c	2B-26-5a	2B-26-5b	2B-26-5c	2B-26-6a	2B-26-6b	2B-26-6c
14	2B-27-1a	2B-27-1b	2B-27-1c	2B-27-2a	2B-27-2b	2B-27-2c	2B-27-3a	2B-27-3b	2B-27-3c	2B-27-4a	2B-27-4b	2B-27-4c	2B-27-5a	2B-27-5b	2B-27-5c	2B-27-6a	2B-27-6b	2B-27-6c
	2B-28-1a	2B-28-1b	2B-28-1c	2B-28-2a	2B-28-2b	2B-28-2c	2B-28-3a	2B-28-3b	2B-28-3c	2B-28-4a	2B-28-4b	2B-28-4c	2B-28-5a	2B-28-5b	2B-28-5c	2B-28-6a	2B-28-6b	2B-28-6c
15	2B-29-1a	2B-29-1b	2B-29-1c	2B-29-2a	2B-29-2b	2B-29-2c	2B-29-3a	2B-29-3b	2B-29-3c	2B-29-4a	2B-29-4b	2B-29-4c	2B-29-5a	2B-29-5b	2B-29-5c	2B-29-6a	2B-29-6b	2B-29-6c
	2B-30-1a	2B-30-1b	2B-30-1c	2B-30-2a	2B-30-2b	2B-30-2c	2B-30-3a	2B-30-3b	2B-30-3c	2B-30-4a	2B-30-4b	2B-30-4c	2B-30-5a	2B-30-5b	2B-30-5c	2B-30-6a	2B-30-6b	2B-30-6c
16	2B-31-1a	2B-31-1b	2B-31-1c	2B-31-2a	2B-31-2b	2B-31-2c	2B-31-3a	2B-31-3b	2B-31-3c	2B-31-4a	2B-31-4b	2B-31-4c	2B-31-5a	2B-31-5b	2B-31-5c	2B-31-6a	2B-31-6b	2B-31-6c
	2B-32-1a	2B-32-1b	2B-32-1c	2B-32-2a	2B-32-2b	2B-32-2c	2B-32-3a	2B-32-3b	2B-32-3c	2B-32-4a	2B-32-4b	2B-32-4c	2B-32-5a	2B-32-5b	2B-32-5c	2B-32-6a	2B-32-6b	2B-32-6c
17	2B-33-1a	2B-33-1b	2B-33-1c	2B-33-2a	2B-33-2b	2B-33-2c	2B-33-3a	2B-33-3b								<= 10.	> 10.	> 30.
	2B-34-1a	2B-34-1b	2B-34-1c	2B-34-2a	2B-34-2b	2B-34-2c	2B-34-3a	2B-34-3b								> 50.	> 70.	

Obrázek 13. Optimalizovaná heat mapa

Řazení lokací probíhalo způsobem, aby nejčastěji objednávané zboží bylo nejbližší pásu, protože vychystávací zaměstnanci nemají přesně stanovený startovací bod a začínají náhodně podél dopravníkového pásu. V opačném případě, kdyby zaměstnanec měl přesně stanovený start, bylo by správnější optimalizovat rozmístění do tvaru kruhu od startu.

### 4.1.4 Nevýhody skladování podle obrátkovosti

Výhoda skladování podle obrátkovosti je jasná, je to snížená doba vychystávání. K výhodě tohoto skladování dochází v případě, když většina objednávek obsahuje pouze jeden produkt, a tím pádem skladník chodí pro každý produkt zvlášť. Tato optimalizační metoda má ale také svoje nevýhody. Velká nevýhoda této metody je složitost implementace ve skladech, kde se skladuje zboží s proměnlivou poptávkou. Může to být předvídatelná změna jako například sezónní výkyvy v poptávce nebo nepředvídatelné změny jako vstup konkurenčního produktů atd. Obě změny v poptávce tedy vyžadují i změny ve skladování, aby bylo zachováno skladování podle obrátkovosti. Tyto změny jsou ale finančně nákladné. Finanční náklady na změnu záleží na velikosti a obsahu skladu. Takové finanční náklady často převyšují částku ušetřenou na rychlejším vychystávání a proto mnoho podniků, které skladují zboží s nestabilní poptávkou, často vůbec nevyužívají tento způsob optimalizace.



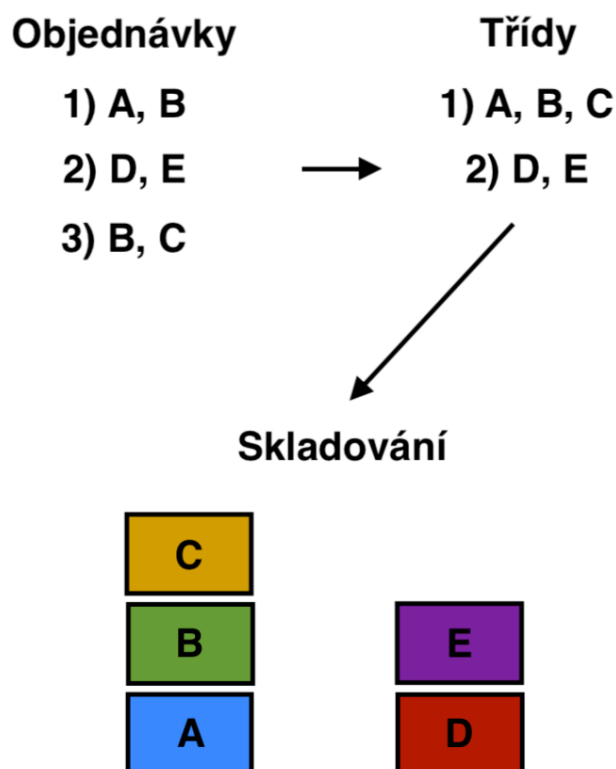
## 4.2 Optimalizace skladování podle slučitelnosti

### 4.2.1 Kritická hodnota

Ze všech páru produktů, které ve sledovaném období byly objednány, se řeší pouze ty, jejichž četnost přesahuje nějakou kritickou hodnotu. V této bakalářské práci je kritická hodnota vybraná na 5, tedy pokud byl pár produktů objednán za sledované, pětidenní období, čtyři a méněkrát, tak optimalizace rozmístění takového páru se neřeší. Díky tomu se z dat odstraní páry, které nevykazují závislost. Páry produktů se slučitelností pět a více se seřadí v tabulkovém procesoru podle četnosti od největší po nejmenší.

### 4.2.2 Vytvoření tříd

Párů produktů, které splňují podmínky kritické hodnoty, je 45. Těchto 45 párů produktů je tvořeno v různých kombinacích z 26 produktů. Z těchto párů se vytvoří třídy slučitelnosti. Příklad vytvořené třídy je znázorněn na obrázku číslo 14. Třídy se tvoří tak, že pokud v jedné objednávce jsou produkty A, B společně a v druhé objednávce jsou společně produkty B, C – tak třída se bude skládat z produktů A, B, C. Potom tato třída se bude skladovat společně, nebo co nejbližší u sebe.



Obrázek 14. Vytvoření tříd na základě objednávek



Na obrázku číslo 14 je vidět, že objednávka 1) a 3) obsahují prùnik prvku B, třídu potom tvoří sjednocení těchto objednávek. Třída může obsahovat i jeden produkt, který v žádné objednávce nebyl objednán s něčím v páru, nebo nebyl objednán s něčím v páru vícekrát než je kritická hodnota, potom je třída tvořena pouze z takového produktu.

Na základě takto vytvořených tříd lze upravit rozmístění skladových zásob způsobem, který je znázorněn v dolní části obrázku číslo 14.

#### 4.2.3 Výsledek slučitelnosti

Způsobem popsaným výše se skladování optimalizovalo podle tříd. Optimalizovaly se páry, které byly objednány spolu 5 a vícekrát. Přemístění produktů v každé třídě probíhalo tak, že celá třída se umístila na jednu lokaci. Z každé třídy se vybral produkt, jehož lokace kterého je nejbližší dopravníku, potom ostatní produkty z dané třídy se přemístily k němu. Každá třída obsahuje minimálně dva produkty.

1	ZB-1-1a	ZB-1-1b	ZB-1-1c	ZB-1-2a	ZB-1-2b	ZB-1-2c	ZB-1-3a	ZB-1-3b	ZB-1-3c	ZB-1-4a	ZB-1-4b	ZB-1-4c	ZB-1-5a	ZB-1-5b	ZB-1-5c	ZB-1-6a	ZB-1-6b	ZB-1-6c
2	ZB-3-1a	ZB-3-1b	ZB-3-1c	ZB-3-2a	ZB-3-2b	ZB-3-2c	ZB-3-3a	ZB-3-3b	ZB-3-3c	ZB-3-4a	ZB-3-4b	ZB-3-4c	ZB-3-5a	ZB-3-5b	ZB-3-5c	ZB-3-6a	ZB-3-6b	ZB-3-6c
3	ZB-5-1a	ZB-5-1b	ZB-5-1c	ZB-5-2a	ZB-5-2b	ZB-5-2c	ZB-5-3a	ZB-5-3b	ZB-5-3c	ZB-5-4a	ZB-5-4b	ZB-5-4c	ZB-5-5a	ZB-5-5b	ZB-5-5c	ZB-5-6a	ZB-5-6b	ZB-5-6c
4	ZB-7-1a	ZB-7-1b	ZB-7-1c	ZB-7-2a	ZB-7-2b	ZB-7-2c	ZB-7-3a	ZB-7-3b	ZB-7-3c	ZB-7-4a	ZB-7-4b	ZB-7-4c	ZB-7-5a	ZB-7-5b	ZB-7-5c	ZB-7-6a	ZB-7-6b	ZB-7-6c
5	ZB-9-1a	ZB-9-1b	ZB-9-1c	ZB-9-2a	ZB-9-2b	ZB-9-2c	ZB-9-3a	ZB-9-3b	ZB-9-3c	ZB-9-4a	ZB-9-4b	ZB-9-4c	ZB-9-5a	ZB-9-5b	ZB-9-5c	ZB-9-6a	ZB-9-6b	ZB-9-6c
6	ZB-11-1a	ZB-11-1b	ZB-11-1c	ZB-11-2a	ZB-11-2b	ZB-11-2c	ZB-11-3a	ZB-11-3b	ZB-11-3c	ZB-11-4a	ZB-11-4b	ZB-11-4c	ZB-11-5a	ZB-11-5b	ZB-11-5c	ZB-11-6a	ZB-11-6b	ZB-11-6c
7	ZB-13-1a	ZB-13-1b	ZB-13-1c	ZB-13-2a	ZB-13-2b	ZB-13-2c	ZB-13-3a	ZB-13-3b	ZB-13-3c	ZB-13-4a	ZB-13-4b	ZB-13-4c	ZB-13-5a	ZB-13-5b	ZB-13-5c	ZB-13-6a	ZB-13-6b	ZB-13-6c
8	ZB-15-1a	ZB-15-1b	ZB-15-1c	ZB-15-2a	ZB-15-2b	ZB-15-2c	ZB-15-3a	ZB-15-3b	ZB-15-3c	ZB-15-4a	ZB-15-4b	ZB-15-4c	ZB-15-5a	ZB-15-5b	ZB-15-5c	ZB-15-6a	ZB-15-6b	ZB-15-6c
9	ZB-17-1a	ZB-17-1b	ZB-17-1c	ZB-17-2a	ZB-17-2b	ZB-17-2c	ZB-17-3a	ZB-17-3b	ZB-17-3c	ZB-17-4a	ZB-17-4b	ZB-17-4c	ZB-17-5a	ZB-17-5b	ZB-17-5c	ZB-17-6a	ZB-17-6b	ZB-17-6c
10	ZB-19-1a	ZB-19-1b	ZB-19-1c	ZB-19-2a	ZB-19-2b	ZB-19-2c	ZB-19-3a	ZB-19-3b	ZB-19-3c	ZB-19-4a	ZB-19-4b	ZB-19-4c	ZB-19-5a	ZB-19-5b	ZB-19-5c	ZB-19-6a	ZB-19-6b	ZB-19-6c
11	ZB-21-1a	ZB-21-1b	ZB-21-1c	ZB-21-2a	ZB-21-2b	ZB-21-2c	ZB-21-3a	ZB-21-3b	ZB-21-3c	ZB-21-4a	ZB-21-4b	ZB-21-4c	ZB-21-5a	ZB-21-5b	ZB-21-5c	ZB-21-6a	ZB-21-6b	ZB-21-6c
12	ZB-23-1a	ZB-23-1b	ZB-23-1c	ZB-23-2a	ZB-23-2b	ZB-23-2c	ZB-23-3a	ZB-23-3b	ZB-23-3c	ZB-23-4a	ZB-23-4b	ZB-23-4c	ZB-23-5a	ZB-23-5b	ZB-23-5c	ZB-23-6a	ZB-23-6b	ZB-23-6c
13	ZB-25-1a	ZB-25-1b	ZB-25-1c	ZB-25-2a	ZB-25-2b	ZB-25-2c	ZB-25-3a	ZB-25-3b	ZB-25-3c	ZB-25-4a	ZB-25-4b	ZB-25-4c	ZB-25-5a	ZB-25-5b	ZB-25-5c	ZB-25-6a	ZB-25-6b	ZB-25-6c
14	ZB-27-1a	ZB-27-1b	ZB-27-1c	ZB-27-2a	ZB-27-2b	ZB-27-2c	ZB-27-3a	ZB-27-3b	ZB-27-3c	ZB-27-4a	ZB-27-4b	ZB-27-4c	ZB-27-5a	ZB-27-5b	ZB-27-5c	ZB-27-6a	ZB-27-6b	ZB-27-6c
15	ZB-29-1a	ZB-29-1b	ZB-29-1c	ZB-29-2a	ZB-29-2b	ZB-29-2c	ZB-29-3a	ZB-29-3b	ZB-29-3c	ZB-29-4a	ZB-29-4b	ZB-29-4c	ZB-29-5a	ZB-29-5b	ZB-29-5c	ZB-29-6a	ZB-29-6b	ZB-29-6c
16	ZB-31-1a	ZB-31-1b	ZB-31-1c	ZB-31-2a	ZB-31-2b	ZB-31-2c	ZB-31-3a	ZB-31-3b	ZB-31-3c	ZB-31-4a	ZB-31-4b	ZB-31-4c	ZB-31-5a	ZB-31-5b	ZB-31-5c	ZB-31-6a	ZB-31-6b	ZB-31-6c
17	ZB-33-1a	ZB-33-1b	ZB-33-1c	ZB-33-2a	ZB-33-2b	ZB-33-2c	ZB-33-3a	ZB-33-3b	ZB-33-3c	ZB-33-4a	ZB-33-4b	ZB-33-4c	ZB-33-5a	ZB-33-5b	ZB-33-5c	ZB-33-6a	ZB-33-6b	ZB-33-6c
	ZB-34-1a	ZB-34-1b	ZB-34-1c	ZB-34-2a	ZB-34-2b	ZB-34-2c	ZB-34-3a	ZB-34-3b	ZB-34-3c	ZB-34-4a	ZB-34-4b	ZB-34-4c	ZB-34-5a	ZB-34-5b	ZB-34-5c	ZB-34-6a	ZB-34-6b	ZB-34-6c

Obrázek 15. Optimalizované rozmístění zboží podle tříd slučitelnosti

#### **4.2.4 Nevýhody skladování podle slučitelnosti**

Někdy tento způsob optimalizace může být na škodu době vychystávání. Jeden z negativních dopadů může být, stejně jak v případě s optimalizací podle obrátkovosti, změna poptávky. Nejvíce ale negativní dopad způsobí nedostatečná četnost slučitelnosti. Pokud přesunu produkt C k produktu A, musím kvůli tomu posunout nějaký jiný produkt X, který byl s produktem A předtím, než jsem místo něj dal produkt C. V případě, že produkt X byl velmi populární při vychystávání a byl posunut někam dále od startovacího bodu a dvojice produktů A a B byla objednávana zřídka, dojde tímto posunutím k velmi negativnímu dopadu na celkovou dobu vychystávání. Proto k nejlepšímu optimalizačnímu výsledku se musí zkombinovat dvě výše zmíněné metody a to: skladování podle obrátkovosti a skladování podle slučitelnosti.

### **4.3 Optimalizace skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti**

#### **4.3.1 Představení metody**

Tato metoda v sobě kombinuje první a druhou metodu použitou v této bakalářské práci. Princip fungování metody je založen na rozdělení každého produktu do třídy. Ke každé třídě se následně vypočítá celková četnost objednávání tím, že se sečtou četnosti objednávání jednotlivých produktů v dané třídě, a podle této četnosti se umístění každé třídy rozdělí na lokace tak, jak tomu bylo v první metodě optimalizace skladování podle obrátkovosti.

#### **4.3.2 Způsob provedení metody**

- 1) Vytvoření tříd způsobem, který je popsán v odstavci 4.2.2 Vytvoření tříd
- 2) Výpočet celkové četnosti v každé třídě – součet četnosti objednávání každého produktu v dané třídě
- 3) Seřazení tříd dle celkové četnosti od největšího k nejmenšímu
- 4) Přiřazení lokace podle četnosti vychystávání v dané třídě – od největší četnosti, která bude nejbliž dopravníkovému pásu až po nejmenší četnost, která bude od dopravníkového pásu nejdále. V rámci třídy jsou produkty seřazeny od nejvyšší četnosti.



# 5. Simulace vybrané metody

## 5.1 Způsob simulace

K simulaci vybraných metod se používá software Warehouse Science: Pick-path optimizer od John Bartholdi a Wendi Tang, který je volně ke stažení na internetu. Program funguje tak, že na vstupu uživatel vloží rozvržení skladu a seznam objednávek s lokací. Následně program vypočítá nejkratší trasu na vychystání každé objednávky. Výsledky programu jsou udávány bez jednotek, jednotky závisí na popisu rozvržení skladu při vstupu. Protože detailní rozměry skladu nejsou k dispozici, byly použité přibližné rozměry, které ale zachovávají geometrickou strukturu skladu. Proto výstupy softwaru nejsou reálně přesné, ale dokonale splňují účel pro porovnávání použitých metod.

### 5.1.1 Metoda výpočtu nejkratší cesty

Program funguje na základě heuristického algoritmu Lin-Kernighan, který nejkratší cestu vypočítá. Princip spočívá v tom, že nejdřív algoritmus najde nějaké řešení a potom hledá změny, které by výsledek zlepšily. Program dovoluje změnit počet výchozích řešení a počet opakovaných optimalizací v pokuse [3]. Při simulaci vybraných metod byly použity autorem softwaru doporučené hodnoty, tedy 3 výchozích řešení a 10000 opakování k najetí nejkratší cesty v každém výchozím řešení.

## 5.2 Simulace optimalizace skladování podle obrátkovosti

Na obrázcích níže je znovu znázorněn stav před (obrázek číslo 10) a po (obrázek číslo 13):

Obrázek 10.

Obrázek 13.

Po simulaci dvou stavů je celková cesta potřebná k vychystání všech objednávek ve sledovaném období následující:

Před optimalizací – 862 923

Po optimalizaci skladování podle obrátkovosti – 710 931

Došlo ke zlepšení 18%, to znamená zrychlení vychystávání o 18% a to znamená úsporu na zaměstnancích, spokojenější zákazníky a lepší nabídku pro zákazníky.

### 5.3 Simulace optimalizace skladování podle slučitelnosti

Na obrázcích níže je znovu znázorněn stav před (obrázek číslo 12) a po (obrázek číslo 15):

Obrázek 12.

Obrázek 15.

Po simulaci dvou stavů je celková cesta potřebná k vychystání všech objednávek ve sledovaném období následující:

Před optimalizací – 862 923

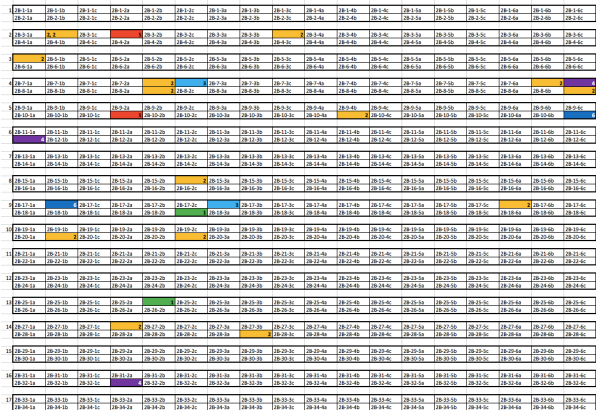
Po optimalizaci skladování podle slučitelnosti – 853 049

Došlo ke zlepšení 1%. Takové zlepšení je zanedbatelné. Při simulování této metody byla použita jednodušší verze simulace, a to taková, že slučitelné třídy byly umístěny na jednu lokaci a už se neřešila kapacita lokace a přesun původního zboží z této lokace, aby se uvolnilo místo. Kdyby se přesun zboží z původní lokace řešil, došlo by k ještě slabšímu výsledku. Proto lze konstatovat, že tato metoda nepřinesla žádný užitek.

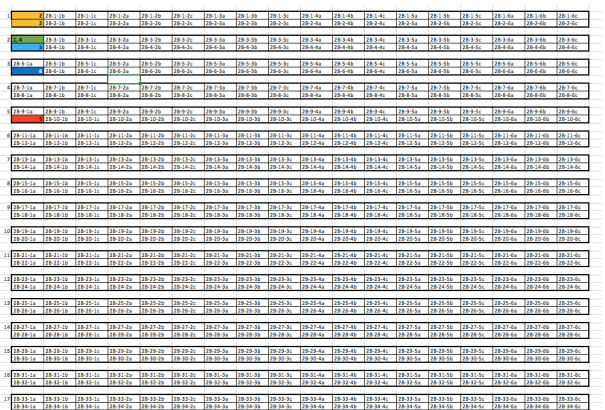


# 5.4 Simulace optimalizace skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti

Na obrázcích níže je znovu znázorněn stav rozmístění tříd před (obrázek číslo 12) a po (obrázek číslo 16):

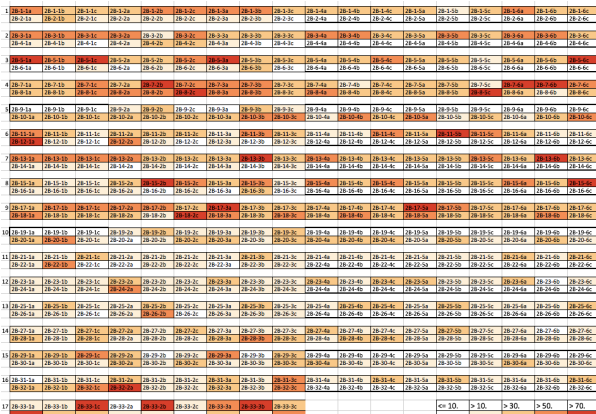


Obrázek 12.

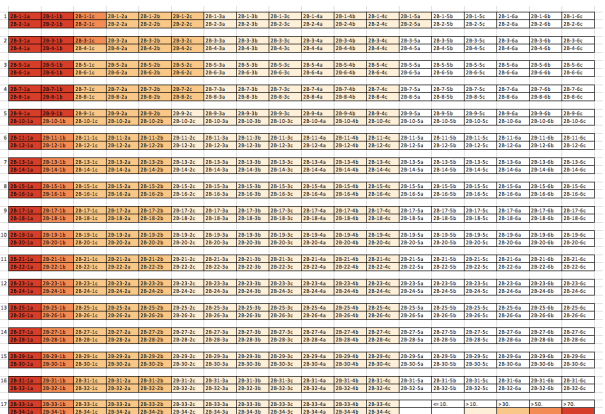


Obrázek 16.

Porovnání heat mapy po optimalizace podle obrátkovosti a slučitelnosti (obrázek číslo 17) s heat mapou původního stavu (obrázek číslo 10):



Obrázek 10.



Obrázek 17.

Po simulaci dvou stavů je celková cesta potřebná k vychystání všech objednávek ve sledovaném období následující:

Před optimalizací – 862 923

Po optimalizaci skladování podle obrátkovosti – 710 931

Po optimalizaci skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti – 710 771

Oproti původnímu rozmístění došlo ke zlepšení o 18%, to je výrazné zlepšení. Toto zlepšení je způsobena zejména tím, že je tato metoda v případě sledovaných dat, kde většina objednávek obsahuje pouze jeden produkt, velmi podobná optimalizaci podle obrátkovosti jak je vidět i z obrázku číslo 17. Ve sledovaných datech není dostatečně velký počet tříd, proto kombinace dvou metod optimalizace podle obrátkovosti a podle slučitelnosti, přineslo o málo lepší výsledek než jenom optimalizace podle obrátkovosti. Proto lze při optimalizaci použít obě optimalizační metody a rozhodnout se mezi nimi na základě nákladu na reorganizaci skladu.

## 6. Závěr

V této práci jsem představil tři základní metody pro umístování zboží ve skladu. Některé z metod použité v této bakalářské práci jsou často běžně používány v praxi. Nejčastěji se používá skladování podle obrátkovosti, což jak je vidět z výsledků, nejvíc efektivní optimalizační nástroj, který přinesl zlepšení 18 % v čase vychystávání všech objednávek. V praxi se výsledek optimalizace o trochu zhorší, jelikož není efektivní přepočítávat obrátkovost u každého produktu a na základě toho neustále měnit jeho skladovou lokaci. Důvod, proč skladování podle obrátkovosti přineslo tak velké zlepšení oproti jiným optimalizačním metodám, je ten že 50 % všech objednávek obsahuje pouze jednu nebo dvě položky v objednávce a také, že v této oblasti se skladuje zboží z výrazně rozdílnou obrátkovostí. Proto přesun produktů k dopravníkovému pásu, kde zaměstnanci začínají svoji vychystávací cestu, je velkým přínosem.

Skladování podle slučitelnosti v případě sledovaných dat nepřineslo žádné zlepšení, konkrétně 1%, které považuji za marginální. Takový výsledek nastal z toho důvodu, že většina objednávek je jedno nebo dvou položková a pouze 10% objednávek obsahuje tři a více položek. Proto je málo produktů, které by byly spolu slučitelné v objednávce.

Optimalizace skladování podle obrátkovosti a slučitelnosti přinesla srovnatelné zlepšení jako optimalizace skladování podle obrátkovosti. Je to z důvodu, že firma, která data pro vypracování této bakalářské práce poskytla, se zabývá prodejem převážně elektroniky přes internet. V takovém případě, kde většina objednávek je máloproduktová, daná metoda má srovnatelný výsledek jako je u první optimalizační metody použité v této bakalářské práci. Je to z důvodu, že převážná většina vytvořených tříd obsahuje pouze jeden produkt a jejich seřazení dle četnosti objednávání je velmi podobné jako seřazení jenom produktu dle četnosti objednávání.

Ovšem v případě, kdy je větší počet produktů na objednávku běžný, mohou být takové způsoby optimalizace nejlepším řešením. Může se jednat o online supermarket, které v posledních letech nabývají na popularitě. Tam je nákup většího počtu produktů obvyklý, tím pádem vzniká velký počet slučitelných.

Často se ale stává, že podniky ve svých skladech nepoužívají žádné optimalizační metody i přes to, že by to vedlo ke zlepšení. Je to převážně ve skladech, kde se skladuje zboží s velmi proměnlivou poptávkou. Udržování optimalizovaného stavu je potom finančně velmi náročné. Jednorázové náklady na úpravu rozmístění skladových zásob a opakované náklady na udržování daného stavu převyšují úspory spojené s optimalizací v blízkém časovém horizontu. Jelikož obchodování přes internet, skladování a logistika jsou tak proměnlivé obory, že s jiným než s krátkým časovým horizontem, například 5 let, nelze počítat.

Celá bakalářská práce by měla sloužit jako ukázka možného způsobu skladování a možného způsobu optimalizace rozmístění skladových zásob na skladových lokacích. Současně ukazuje, jaká z metod a přibližně za jakých podmínek se vyplatí optimalizační metodu implementovat.

Pro simulaci vybraných metod byl použit program Warehouse Science: Pick-path optimizer od John Bartholdi a Wendi Tang. Další software použitý k vypracování bakalářské práce je Affinity Analyzer by [www.warehouse-science.com](http://www.warehouse-science.com), Warehouse Heat Map by [www.warehouse-science.com](http://www.warehouse-science.com) a MS Excel pro Mac od společnosti Microsoft.

Věřím, že tato bakalářská práce bude přínosem pro firmu, která data poskytla a pro všechny, kteří se danou problematikou zabývají, a že získané poznatky při tvorbě bakalářské práci využijí i v budoucnosti při své další práci.



## 7. Použitá literatura

- [1] KOFLER, Monika, Andreas BEHAM, Stefan WAGNER a Michael AFFENZELLER. Affinity Based Slotting in Warehouses with Dynamic Order Patterns [online]. [cit. 2018-07-18]. Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/278695651\\_Affinity\\_Based\\_Slotting\\_in\\_Warehouses\\_with\\_Dynamic\\_Order\\_Patterns](https://www.researchgate.net/publication/278695651_Affinity_Based_Slotting_in_Warehouses_with_Dynamic_Order_Patterns)>
- [2] J. BATHOLDI, John a Steven T. HACKMAN. Warehouse & Distribution science [online]. 2017 [cit. 2018-07-20]. Dostupné z: <<https://www.warehouse-science.com/book/editions/wh-sci-0.98.pdf>>
- [3] J. BATHOLDI, John. How it works. *Warehouse Science* [online]. [cit. 2018-08-15]. Dostupné z: <<https://www.warehouse-science.com/apps/pickpath/index.html>>
- [4] BATTISTA, Claudia, A. FUMI, Francesco GIORDANO, Massimiliano SCHIRALDI. Storage Location Assignment Problem: implementation in a warehouse design optimization tool [online]. 2011. Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/251734544\\_Storage\\_Location\\_Assignment\\_Problem\\_implementation\\_in\\_a\\_warehouse\\_design\\_optimization\\_tool](https://www.researchgate.net/publication/251734544_Storage_Location_Assignment_Problem_implementation_in_a_warehouse_design_optimization_tool)>
- [5] KOFLER, Monika. Optimising the storage location assignment problem under dynamic conditions [online]. 2015. Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/280157450\\_Optimising\\_the\\_storage\\_location\\_assignment\\_problem\\_under\\_dynamic\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/280157450_Optimising_the_storage_location_assignment_problem_under_dynamic_conditions)>
- [6] VOLEK, Josef. Operační výzkum I. Pardubice: Dopravní fakulta Jana Pernera, 2001. ISBN 80-7194-410-6.

## 8. Seznam obrázků

Obrázek 1.	Růst obrátu firmy od roku 2002 do 2017.....	11
Obrázek 2.	Příklad označení lokace .....	13
Obrázek 3.	Algoritmus přiřazení produktů na skladovou lokaci .....	15
Obrázek 4.	Spádový regál .....	16
Obrázek 5.	Grafická ukázka dvou vychystávacích SPO stanic .....	18
Obrázek 6.	Ergonomické uspořádání produktů ve skladu [2] .....	19
Obrázek 7.	Příklad špatného rozmístění produktů [2] .....	20
Obrázek 8.	Příklad správného rozmístění produktů [2] .....	20
Obrázek 9.	Příklad k výpočtu PF/PA skóre [1] .....	23
Obrázek 10.	Heat mapa skladových lokací podle vychystávání (pohled shora) .....	25
Obrázek 11.	Páry produktů objednávaných ve stejný objednávce .....	26
Obrázek 12.	Původní rozmístění zboží podle tříd slučitelnosti .....	27
Obrázek 13.	Optimalizovaná heat mapa.....	29
Obrázek 14.	Vytvoření tříd na základě objednávek.....	30
Obrázek 15.	Optimalizované rozmístění zboží podle tříd slučitelnosti.....	31
Obrázek 16.	Optimalizace dle četnosti tříd.....	33
Obrázek 17.	Heat mapa optimalizace dle četnosti tříd .....	33