

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Jakub Janda

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management  
Obor: ekonomika a řízení elektrotechniky

Název tématu: Optimalizace skladových kapacit logistického řetězce

Pokyny pro vypracování:

- skladové kapacity logistického řetězce
- obecné faktory a kritéria lokalizace skladových kapacit řetězce
- matematické modely lokalizace kapacit
- návrhy na řešení optimální lokalizace skladových kapacit řetězce
- ekonomické hodnocení, přínosy a závěry

Seznam odborné literatury:

Gros, Ivan. Dodavatelské systémy: supply chain management. Praha: Vysoká škola logistiky, 2012, ISBN 80-871-7920-X  
Dudorkin, Jiří. Systémové inženýrství a rozhodování, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, ISBN 80-010-2737-6

Vedoucí diplomové práce: Prof.Dr.Ing. Otto Pastor, CSc. – ČVUT FD

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2015/2016  
L.S.

Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 28.1.2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA EKONOMIKY, MANAŽERSTVÍ  
A HUMANITNÍCH VĚD



Diplomová práce

# Optimalizace skladových kapacit logistického řetězce

*Jakub Janda*

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.

3. května 2015



---

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce prof. Dr. Ing. Otto Pastorovi, CSc. za jeho vedení, konzultace a užitečné rady. Dále bych rád poděkoval Ing. Václavu Kůrkovi za poskytnutí dat pro výpočty v praktické části. Velké poděkování také patří mé rodině a přítelkyni za trpělivost a podporu během mého studia.



---

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů, zejména skutečnost, že České vysoké učení technické v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne 3. května 2015

.....

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická Czech Technical University in Prague  
Faculty of electrical engineering

© 2015 Jakub Janda. Všechna práva vyhrazena.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě elektrotechnické. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí, je nezbytný souhlas autora.*

## **Odkaz na tuto práci**

Janda, Jakub. *Optimalizace skladových kapacit logistického řetězce*. Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2015.



---

# Abstract

The target of this thesis is to provide information about localization of the warehouse buildings. The principal of localization, example of localization factors and explanation of the individual localization models are shown in the first part. The second part consists of practical example of using localization models on the specific examples including localization of the central warehouse in the specific company.

**Keywords** localization, stocking, localization model, localization factor, logistic chain

---

# Abstrakt

Cílem této práce je podat souhrnné informace o lokalizaci skladových objektů. V první části je vysvětlen princip lokalizace, ukázka lokalizačních faktorů a vysvětlení jednotlivých lokalizačních modelů. Ve druhé části práce je prakticky ukázáno využití lokalizačních modelů na konkrétních příkladech, včetně lokalizace centrálního skladu v konkrétní firmě.

**Klíčová slova** lokalizace, skladování, lokalizační model, lokalizační faktor, logistický řetězec

---

# Obsah

Úvod	1
<b>1 Logistický řetězec a jeho podstata</b>	<b>3</b>
1.1 Definice logistického řetězce . . . . .	3
1.2 Typy logistických řetězců . . . . .	4
1.3 Podstata logistického řetězce a jeho účastníci . . . . .	5
<b>2 Sklady a skladování</b>	<b>7</b>
2.1 Funkce skladování . . . . .	7
2.2 Výhody skladovacího procesu . . . . .	8
2.3 Druhy skladů . . . . .	9
2.4 Výrobek a jeho vliv na skladovací proces . . . . .	10
2.5 Skladovací operace . . . . .	13
2.6 Automatizace skladu . . . . .	13
<b>3 Zásoby</b>	<b>15</b>
3.1 Význam zásob . . . . .	15
3.2 Náklady spojené se zásobami . . . . .	17
3.3 Strategie řízení zásob . . . . .	18
<b>4 Lokalizace skladových kapacit</b>	<b>21</b>
4.1 Lokalizace objektů . . . . .	21
4.2 Lokalizační teorie a faktory lokalizace . . . . .	22
4.3 Ekonomika dopravy a skladování . . . . .	25
4.4 Analýza celkových nákladů . . . . .	29
4.5 Distribuční cesty . . . . .	30

<b>5</b>	<b>Lokalizační modely</b>	<b>35</b>
5.1	Modelové prostředky pro optimalizaci skladových kapacit . .	35
5.2	Lokalizace jednoho objektu . . . . .	37
5.3	Lokalizace více objektů . . . . .	42
5.4	Lokalizace objektů s diskretní množinou disponibilních míst	43
5.5	Lokalizace na grafech . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Praktická část</b>	<b>47</b>
6.1	Praktické ukázky použití lokalizačních modelů . . . . .	47
6.2	Představení firmy IN TIME . . . . .	56
6.3	Popis situace ve firmě IN TIME . . . . .	56
6.4	Výpočet řešení . . . . .	58
6.5	Shrnutí . . . . .	66
	<b>Závěr</b>	<b>69</b>
	<b>Literatura</b>	<b>71</b>
	<b>A Seznam použitých zkratk</b>	<b>73</b>
	<b>B Výpočetní tabulky</b>	<b>75</b>
	<b>C Obsah příloženého CD</b>	<b>81</b>

---

## Seznam obrázků

2.1	Princip cross-docking systému [12] . . . . .	11
4.1	Vývoj celkových dopravních nákladů [10] . . . . .	25
4.2	Vývoj jednotkových dopravních nákladů [10] . . . . .	26
4.3	Vliv počtu lokalizovaných skladů na jednotlivé zásoby [10] . . . . .	28
4.4	Vývoj celkových nákladů [9] . . . . .	29
4.5	Příklady jednostupňové distribuce [9] . . . . .	31
4.6	Příklady dvoustupňové distribuce [9] . . . . .	32
4.7	Příklady třístupňové distribuce [9] . . . . .	33
6.1	Příklad 1 - mapa . . . . .	48
6.2	Příklad 2 - mapa . . . . .	51
6.3	Příklad 3 - mapa . . . . .	52
6.4	Příklad 4 - rozdělení oblastí . . . . .	54
6.5	Příklad 5 - mapa . . . . .	55
6.6	Propojení jednotlivých dep . . . . .	57
6.7	Rozdělení dep do nových oblastí . . . . .	61
6.8	Hraniční oblast 1 [8] . . . . .	65
6.9	Hraniční oblast 2 [8] . . . . .	66
B.1	Výpočetní tabulky první varianty . . . . .	75
B.2	Výpočetní tabulky první varianty . . . . .	76
B.3	Tabulky rozdělení do nových oblastí . . . . .	76
B.4	Výpočetní tabulky druhé varianty . . . . .	77
B.5	Výpočetní tabulky druhé varianty . . . . .	77
B.6	Výpočetní tabulky třetí varianty . . . . .	78
B.7	Výpočetní tabulky čtvrté varianty . . . . .	78
B.8	Výpočetní tabulky páté varianty . . . . .	79

B.9 Výpočetní tabulky šesté varianty . . . . .	79
B.10 Tabulky výpočtu nákladů vybraných měst . . . . .	80

---

## Seznam tabulek

6.1	Příklad 1 - lokalizace centrálního místa . . . . .	49
6.2	Příklad 2 - lokalizace pomocí kvadratické vzdálenosti . . . . .	50
6.3	Příklad 2 - přehled iterací . . . . .	50
6.4	Příklad 3 - krajní body oblasti . . . . .	52
6.5	Příklad 4 - lokalizace pomocí kvadratické vzdálenosti . . . . .	53
6.6	Příklad 4 - rozdělení do nových oblastí . . . . .	53
6.7	Příklad 5 - vzdálenosti objektů . . . . .	55
6.8	Příklad 5 - přehled kombinací distribučních center . . . . .	56
6.9	GPS souřadnice jednotlivých dep . . . . .	57
6.10	Náklady za přepravu mezi depy . . . . .	58
6.11	Upravená vstupní data . . . . .	59
6.12	Hraniční body pro třetí variantu . . . . .	63
6.13	Hraniční body pro čtvrtou variantu . . . . .	64
6.14	Náklady pro třetí variantu . . . . .	64
6.15	Náklady pro čtvrtou variantu . . . . .	65
6.16	Přehled nákladů jednotlivých variant . . . . .	67





---

# Úvod

V současnosti nestačí pro úspěšné fungování většiny společností pouze efektivní výroba, ale nutné je řešit také účinnou distribuci výrobků. Náklady na dopravu přímo k zákazníkům, na zásobovaná místa, či jen mezi sklady tvoří podstatnou část celkových nákladů většiny firem. Pro minimalizaci těchto nákladů je zapotřebí především správná lokalizace objektů. Vhodné umístění skladových a dalších objektů jsou řešeny pomocí lokalizačních modelů, kterým se tato práce věnuje.

Cílem této práce je podat souhrnné informace o lokalizaci skladových objektů a jednotlivých lokalizačních modelech. Následně vysvětlit a na praktických příkladech ukázat způsob výpočtu pomocí jednotlivých lokalizačních modelů a nakonec tyto modely použít na posouzení optimálního umístění centrálního skladu společnosti IN TIME SPEDICE, spol. s.r.o.

Počáteční kapitoly diplomové práce jsou věnovány zopakování základních informací a definic. V první kapitole je definován pojem logistický řetězec a popsána jeho podstata. Druhá kapitola se zabývá skladovacím procesem, výhodami tohoto procesu a jeho funkcí v logistickém řetězci. Další kapitola je zaměřená na zásoby, náklady s nimi spojené a způsoby jejich řízení.

Ve čtvrté kapitole je probráno hlavní téma této diplomové práce - lokalizace skladových kapacit. Nejprve je vysvětlen samotný problém lokalizace, včetně popisu vývoje lokalizačních teorií. Dále jsou rozděleny jednotlivé lokalizační faktory na několik skupin. Čtvrtá kapitola je věnována také nákladům důležitým pro lokalizaci, tedy nákladům na skladování a dopravu. U každé z kapitol je názorný příklad, který ukazuje jakým způsobem se náklady s rostoucím počtem skladových objektů mění.

Poslední kapitola teoretické části se zabývá konkrétními lokalizačními

modely, které jsou rozděleny do čtyř skupin, kterými jsou:

- lokalizace jednoho objektu,
- lokalizace více objektů,
- lokalizace objektů s diskrétní množinou a
- lokalizace na grafech.

Praktickou část tvoří ukázky použití jednotlivých modelů a aplikace na konkrétní data ve firmě. V první části jsou ukázky konkrétního výpočetního postupu jednotlivých modelů z páté kapitoly. Ve druhé polovině praktické části jsou tyto modely aplikovány na data poskytnutá společností IN TIME SPEDICE, spol. s r.o. Cílem této kapitoly je použít jednotlivé lokalizační modely k získání lepšího umístění centrálního skladu z hlediska nákladů za přepravu.

---

# Logistický řetězec a jeho podstata

## 1.1 Definice logistického řetězce

Pojem „logistický řetězec“ (Logistic chain) označuje takové dynamické propojení trhu spotřeby s trhy zdrojů (surovin, materiálů a polotovarů) z hmotného i nehmotného hlediska, které vychází od poptávky konečného zákazníka a jehož cílem je pružné a hospodárné uspokojení tohoto požadavku konečného článku řetězce.[13]

Logistický řetězec je složen z hmotných a nehmotných toků. Ty jsou uskutečňovány mezi různými články ve výrobě, zasilatelství nebo třeba dopravě. Hmotnou stránkou řetězce jsou věci schopné uspokojit potřebu konečného zákazníka, především přemístování a uchovávání logistických produktů. Do hmotné stránky jsou zahrnuty také obaly nebo nedokončené výrobky. Nehmotná stránka logistického řetězce se týká informací, které jsou potřebné k realizaci přemístování a uchovávání logistických produktů nebo osob.

V rámci logistického řetězce lze jeho prvky rozdělit na:

- aktivní,
- pasivní.

Aktivními prvky jsou technické prostředky a zařízení pro manipulaci, přepravu, skladování, balení a fixaci a další pomocné prostředky a zařízení, která fungují ve spojení s potřebnými budovami, manipulačními a skladovými plochami a dopravními komunikacemi. Mezi pasivní prvky patří suro-

viny, základní a pomocný materiál, díly, nedokončené a hotové výrobky, obaly a odpad vznikající během procesů logistického řetězce. Pasivními prvky jsou také informace, jejichž pohyb (zprostředkovaný pohybem nosičů informací) předbíhá, provází a následuje pohyb surovin, materiálů, dílů a výrobků, resp. pohyb peněz s ním související, jako nutný předpoklad jeho uskutečnění.

K základním znakům řízení logistického řetězce patří:

- zaměření na materiálový a informační tok;
- jednotlivé logistické články (provozy) v řetězci jsou v interakci s předchozími i následujícími články;
- integrální propojení všech zúčastněných v oblasti;
- ve všech článcích řetězce jsou zahrnuty veškeré logistické procesy (sleďuje se celý hodnotový proces). [15]

### 1.2 Typy logistických řetězců

Existují tři základní typy logistických řetězců. Prvním z nich je základní logistický řetězec s přetržitými toky. V tomto typu se nejprve sestaví předpovědi prodeje a teprve poté se uzavírají kontrakty s dodavateli. Kvůli množstevním slevám a úsporám při přepravě na sklad se zpravidla jedná o velké dodávky. Jednotlivé materiálové toky zde fungují na „push“ principu (dodavatel odesílá dávku v čase a množství vyhovující potřebám). Nevýhodou řetězce s přetržitými toky jsou často nadměrné zásoby a přerušování toku prakticky ve všech článcích řetězce.

Dalším typem řetězce je logistický řetězec s kontinuálními toky. Materiál je dodáván podle potřeb příjemce, je uplatňován „pull“ princip. Články logistického řetězce si plynule předávají malé dávky dodávek. Třetím typem je logistický řetězec se synchronním tokem. Tok materiálu je zcela plynulý a vyvážený, takže na cestě mezi jednotlivými články řetězce se pohybuje vždy pouze takové množství hotových výrobků, či surovin, které je k danému okamžiku požadováno. Tento typ logistického řetězce se skládá pouze z výroby, z kompletací a konsolidací, ze zákazníků a z dodavatelů.

Logistické řetězce jsou ovlivňovány mnoha faktory. Hlavní vliv na řízení logistických řetězců má například:

- konkurenční tlak,

- změny v regulaci systémů,
- změna požadavků na zákaznické služby,
- měnící se struktury nákladů,
- tlak na zlepšení celkové výkonnosti nebo
- změny na vytváření produktů a procesů. [15]

## 1.3 Podstata logistického řetězce a jeho účastníci

Hlavními účastníky v rámci řízení logistického řetězce jsou jeho provozovatelé, koncoví zákazníci a hlavní partneři. Provozovatelé logistického řetězce (klíčoví hráči) integrují logistické procesy zúčastněných partnerů. Mezi provozovatele logistického řetězce patří především střední a velké firmy (například obchodní podniky, automobilové podniky atd.). Nejdůležitějšími partnery jsou podniky (provozy) realizující dílčí logistické procesy. Hlavními hráči jsou dodavatelé, dopravci, zpracovatelé a poskytovatelé logistických služeb. Koncoví zákazníci představují konečné příjemce daného logistického produktu. Nejsou sice přímými účastníky logistického řetězce, nicméně jsou do něj zapojováni pomocí informací získaných prodejem zboží.

Každý efektivní logistický řetězec by měl splňovat tři podstatné vlastnosti. První z nich je transparentnost podél celé délky řetězce, tj. dodávkové a odbytové situace. Další podstatnou vlastností je konektivita článků do integrovaného řetězce. Tím se rozumí schopnost vyměňovat, interpretovat a používat závažné informace s přesahem úseků a funkcí. Poslední důležitou prioritou je agilnost partnerů usilujících o rychlé a cílevědomé dosažení praktických změn na základě získaných informací. [3]



---

# Sklady a skladování

## 2.1 Funkce skladování

Skladování je jednou z nejdůležitějších částí logistického systému, neboť zabezpečuje uskladnění ve všech fázích logistického procesu. Důležité je zejména proto, že tvoří spojovací článek mezi výrobcí a zákazníky. Proces skladování slouží k přesunu produktů, uskladnění a přenosu informací.

Přesun produktu má svou časovou posloupnost. Začíná příjmem zboží, tedy vyložením a vybalením zboží, aktualizací záznamů a kontrolou. Zboží je dále ukládáno, čímž se rozumí přesun produktu do skladu a uskladnění zboží. Po obdržení objednávky následuje kompletace zboží a následně jeho překládka. Celkový přesun produktu je zakončen expedicí daného zboží.

Uskladnění produktů lze rozdělit na přechodné a časově omezené. Přechodné uskladnění je takové, které je pokládáno za nezbytné pro doplňování základních zásob. Časově omezené uskladnění se týká zásob nadměrných, neboli pojistných. Mezi nejčastější důvody k držení zásob patří:

- sezonní poptávka,
- spekulativní nákupy,
- kolísavá poptávka,
- úprava výrobků.

Třetí důležitou částí procesu skladování je přenos informací. Jedná se především o informace týkající se umístění a stavu zásob na skladě, stavu zboží v pohybu, vstupních a výstupních dodávek, zákazníků a využití skladových prostor. Tyto informace jsou velice důležité pro skladové manažery,

kteří s jejich pomocí rozhodují a dohlížejí na zdárný průběh. V současnosti jsou základem pro přenos a zaznamenání informací informační skladové systémy. Pomocí těchto systémů dochází ke zrychlení, zefektivnění a zkvalitnění přenosu informací ve skladování.

Skladovací proces splňuje pět hlavních funkcí skladu:

- vyrovnávací funkce – odchylný materiálový tok, či potřeba z hlediska kvality, množství i času;
- zabezpečovací funkce – nepředvídatelná rizika, která mohou vzniknout během výrobního procesu, zpožděním dodávek na zásobovacích trzích nebo z kolísání potřeb na odbytových trzích;
- spekulativní funkce – očekávané cenové zvýšení na zásobovacích a odbytových trzích;
- kompletační funkce – tvorba sortimentu pro obchod nebo různé provozu v průmyslových podnicích dle jejich požadavků;
- zušlechťovací funkce – změna jakosti uskladněných druhů sortimentu. [17]

### 2.2 Výhody skladovacího procesu

U procesu skladování rozlišujeme výhody ekonomické a výhody plynoucí ze zlepšení úrovně služeb zákazníkům. Ekonomické výhody plynou především jako důsledek tzv. soustředovací funkce. Skladování umožňuje soustředit dodávky od několika výrobců na jednom místě a zákazníkům tak dodávat zakázky uceleně (několik individuálních dodávek je nahrazeno jednou). Je proto možné dosáhnout nižších přepravních nákladů a tím ušetřit nemalé finanční prostředky. Ušetřit lze také využitím velkých hromadných objednávek. Sklad shromažďuje objednávky zboží pro určitého výrobce a ten pak skladu dodá hromadnou zásilku k distribuci. Zde se zboží roztrídí a zásilky se rozvezou do jednotlivých lokalit. Velmi důležité je také skladování sezonních výrobků. To pomáhá vyrovnat sezonní výrobu nebo spotřebu tak, aby byly splněny v rámci zákaznického servisu jeho normativy.

U výrobků se sezonní spotřebou se vytvářejí krátkodobé zásoby přímo v jednotlivých centrech sezonní spotřeby krátce před jejich začátkem. Neprodané množství se na konci vrací zpět do centrálního skladu. Úroveň služeb zákazníkům zvyšují také sklady poskytující kompletní sortimentu, kde se skladované zboží kompletuje podle požadavků zákazníků. Tyto sklady



mají velký podíl na přidané hodnotě a jsou vhodné pro produkty vysoké poptávky. Zatímco u bodového zásobování se vytváří mnoho dislokovaných malých zásob omezeného sortimentu na krátkou dobu sezonní poptávky, tak u skladů kompletujících sortiment se udržují zásoby celoročně v omezeném počtu strategicky dislokovaných skladů. Další zlepšení služeb zákazníkům umožňují takzvané transiční sklady. Tyto sklady shromažďují objednávky pro více výrobců a následně je předávají dodavatelům, kteří při nízkých přepravních sazbách dopravují zásilky do centra. Sklad pak zásilky vyloží, vybere a zkompletuje podle přání odběratele. Výhodu poskytují také skladovací služby pro podporu výroby, které umožňují plynulý výrobní proces, či výrobu větších výrobních sérií. [9]

## 2.3 Druhy skladů

Sklady lze rozdělit podle mnoha různých kritérií. Nejdůležitější rozdělení skladů z hlediska logistiky je na:

- sklady zásobovací - na straně vstupu;
- mezisklady - předzásobení mezi různými stupni výrobního procesu;
- odbytové sklady - na straně výstupu, které vyrovnávají rozdíly mezi výrobou a odbytem v rámci řízení materiálového toku. [17]

Podle prof. Vaněčka [16] se sklady dělí z hlediska jejich konstrukce, technologického vybavení, průtoku zboží a funkce.

Sklady z hlediska konstrukce dělíme na:

- uzavřené sklady – uzavřeny ze všech čtyř stran;
- kryté sklady – mají 1 - 3 strany a střechu;
- otevřené sklady – volné skladování zboží na označené ploše;
- halové sklady – jednopodlažní, vysoké 5 - 8 metrů;
- etážové sklady – kapacitu mají rozloženou do více podlaží.

Sklady z hlediska technologického vybavení rozlišujeme na:

- ruční sklady – převažuje ruční manipulace se skladovým materiálem;
- mechanizované sklady – dopravní prostředky a mechanizační zařízení, ale pouze v omezené míře;

## 2. SKLADY A SKLADOVÁNÍ

---

- vysoce mechanizované sklady – progresivní skladová technologie, doplněna lidskou silou. Jedná se o nejefektivnější sklady;
- plně automatizované sklady – většina manipulačních a informačních procesů je plně automatizována, zaskladňovací a vyskladňovací procesy řídí skladní systém.

Rozdělení skladů z hlediska průtoku zboží jsou:

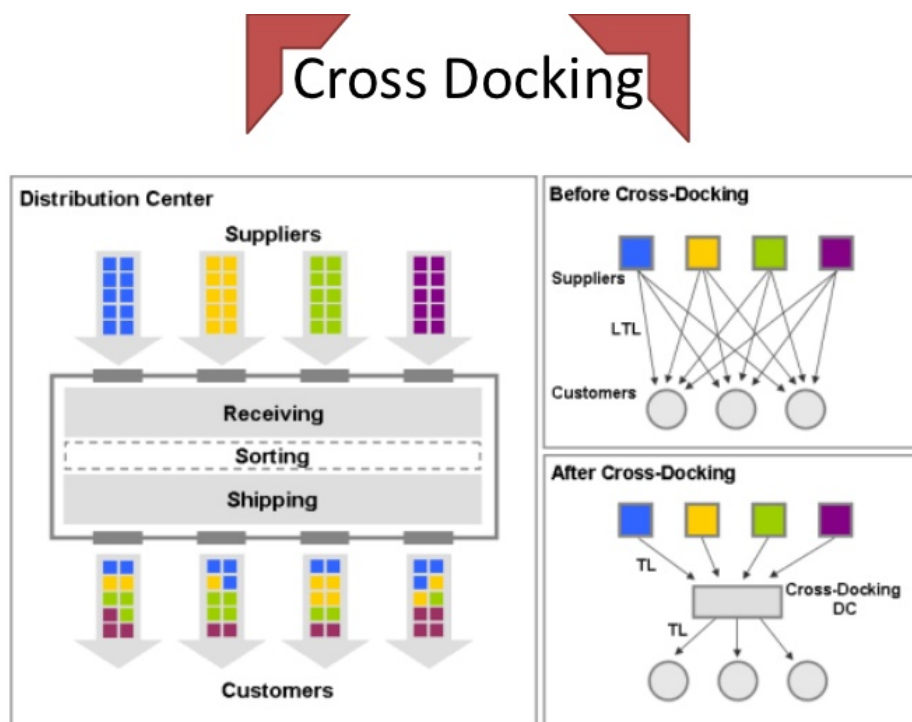
- průtokový sklad – jednosměrný průtok zboží od příjmu až po expedici ve směru přejímky. Příjem a expedice jsou na odlišných místech skladu;
- hlavový sklad – příjem a expedice je na jednom místě. Dochází tedy ke křížení zboží.

Sklady z hlediska funkce rozdělujeme na:

- obchodní sklad – velký počet odběratelů a dodavatelů;
- cross-docking systém (obrázek 2.1) – zboží dováženo ve velkém množství od mnoha různých dodavatelů, následně rozděleno v potřebném množství a spojeno s jiným druhem zboží do zásilky, která je určena pro konkrétního zákazníka;
- transitní sklady – hlavní funkcí je příjem zboží, jeho rozdělení, naložení na dopravní prostředek a následné odeslání na požadovanou lokalitu;
- konsignační sklady – sklady zřizované zákazníkem u svého dodavatele. Používá se především při zásobování náhradními díly;
- zásobovací sklady – součást skladového hospodářství podniků;
- celní sklady – slouží ke státní kontrole.

### 2.4 Výrobek a jeho vliv na skladovací proces

Hlavním středem zájmu skladovacího procesu je zboží. Pro snadnější manipulaci je skladované zboží baleno do manipulačních obalů (bedny, pytle, sudy, kartony). Pokud jsou manipulační obaly dále spojovány do větších



Obrázek 2.1: Princip cross-docking systému [12]

celků, jedná se buď o paletizaci nebo kontejnerizaci. Velmi důležitou je rozměrová návaznost s cílem plně využít manipulační a skladové kapacity. Kontejnery a palety jsou dalším z prostředků pro snižování nákladů.

Vlastnosti manipulačních obalů (hmotnost, pevnost) jsou důležité pro určení způsobu manipulace a dopravy. Pokud není transportní obal v souladu s nároky a požadavky na přepravu nebo manipulaci, může dojít ke snížení výkonu celé distribuce. Tyto obaly je potřeba navrhovat tak, aby respektovaly potřeby manipulace s nimi a braly v úvahu nároky na přepravu a manipulaci. Celý proces distribuce by měl při minimálních nákladech dosahovat maximální výkonnosti systému.

Velikost obalu by měla být stanovena v závislosti na rozměrech přepravních prostředků, tak aby se co nejvíce omezil nevyužitý přepravní prostor. Cílem je respektovat rozměrovou návaznost. Jedna velikost přepravního obalu mnohdy nevyhovuje, proto je snaha využívat také jejich násobky, např.:

- základní o rozměrech - šířka, délka, hloubka;

## 2. SKLADY A SKLADOVÁNÍ

---

- dvojnásobný s rozměry - dvojnásobná šířka, délka, hloubka;
- poloviční s rozměry - šířka, polovina délky, hloubka;
- čtvrtinový o rozměrech - šířka, čtvrtina délky, hloubka.

Hlavní funkcí transportního obalu je ochrana výrobků během přepravy. Obal také může působit odstrašujícím dojmem v případě zcizení. Obal by měl poskytovat potřebnou úroveň ochrany, proto je potřeba volit správnou konstrukci a materiál obalu. Významnými vlastnostmi zboží pro volbu stupně ochrany jsou jeho hodnota a křehkost. Čím je hodnota zboží vyšší a zboží křehčí, tím více se vyplatí věnovat prostředky na tvorbu vhodného přepravního obalu. Hmotnost obalu je důležitým činitelem v rámci logistického řetězce.

Palety slouží k ukládání přepravních obalů do větších celků. Jsou většinou dřevěné, mají normalizovaný tvar a jsou uzpůsobené tak, aby se s nimi snadno manipulovalo pomocí vysokozdvížných vozíků. Základními typy palet jsou:

- prosté – „Europalety“, tedy palety vyhovující podmínkám Evropského paletového společenství s rozměry 1200 x 800 mm,
- skříňové,
- sloupkové,
- ohradové,
- speciální.

Kontejner je přepravní prostředek, tvořící zcela nebo zčásti uzavřený prostor, určený k přemístování materiálu. K hlavním přínosům kontejnerizace patří:

- snížení ztrát při dopravě a skladování,
- zvýšení efektivity manipulace s materiálem,
- zvýšení ochrany zboží proti vlivům vnějšího prostředí,
- snížení nároků na ochrannou funkci přepravních obalů. [9]

## 2.5 Skladovací operace

Hlavním cílem skladu je co nejefektivnější a nejplynulejší pohyb zásob směrem do skladu a následně podle požadavků zákazníků ze skladu ven. Skladovací operace se dají rozdělit na manipulaci s materiálem a vlastní skladování.

Při manipulaci s materiálem je nejdůležitější organizovat pohyb materiálu tak, aby zabezpečil dodávky zboží podle konkrétních požadavků zákazníků. Samotný proces manipulace začíná příjmem zboží do skladu. Zboží je na sklad dováženo pomocí nákladních automobilů, železničních vagónů, či lodí. První podstatnou skladovací operací je vykládka. Ve většině skladů se jedná o manuální práci, která je spojená s ukládáním zboží na palety, pokud na nich již zboží není uloženo. U hromadných dodávek se k této operaci využívají mechanizační prostředky v podobě jeřábů nebo vykladačů.

Po příjmu zboží na sklad následuje pohyb zboží po samotném skladu. Cílem pohybu zboží ve skladu je uložení nebo kompletace objednávky. Zboží je uloženo do volné lokality a poté dopraveno do speciální zóny pro výběr a kompletaci objednávek. Proces výběru je u většiny moderních skladů řízen počítačem. Na závěr dochází k samotné expedici zboží. Vystaví se přepravní list a dojde k naložení zásilek na dopravní prostředek. Tato operace opět ve většině skladů probíhá manuálně.

Operace skladování se rozděluje na skladování plánované a mimořádné. U plánovaného skladování se jedná o zásoby, které jsou nutné pro plynulý chod skladu. Délka setrvání těchto zásob ve skladu je závislá na dodacích cyklech, skladovaném zboží nebo typu služeb, které sklad poskytuje. Mimo plánované zásoby je v určitých případech potřeba skladovat také zásoby mimořádné. Jedná se o tyto druhy zboží:

- zboží, u kterého dochází k nepředvídatelným výkyvům v poptávce;
- zboží, u kterého se před expedicí musí provést dokončovací operace;
- spekulativní zboží při očekávaném růstu jeho cen;
- pro získání výhodnějších úrokových sazeb nebo sezonní nákupy levného zboží. [9]

## 2.6 Automatizace skladu

Hlavním cílem automatizace je nahrazení lidské práce kapitálovými prostředky. Tyto systémy pracují mnohem rychleji a také přesněji než mecha-

## 2. SKLADY A SKLADOVÁNÍ

---

zované sklady. Hlavní nevýhodou jsou vysoké investiční náklady a nároky na systémové řešení projektu. V těchto systémech hraje velkou roli výpočetní technika, zejména mikroprocesory. Existují naprogramované funkcionality pro optimalizaci zaskladňovacích a vyskladňovacích operací.

Plně automatizované skladovací systémy se více rozšířily až v poslední době. Tok materiálu skladem je plně automatizován, včetně příjmu i expedice materiálu a zboží. Systém je založen na nové konstrukci skladovacích regálů, speciálních zařízeních pro ukládání a manipulaci se zbožím a softwarovém zabezpečení automatického příjmu zboží, jeho uskladňování, výběru a expedice podle došlých objednávek zákazníků. Celý systém je řízen počítačem, který optimalizuje pohyb zboží tak, aby manipulace s ním proběhla v co nejkratší době. Zároveň se automaticky zpracovává dokumentace potřebná pro vyřízení objednávek. [14]

---

## Zásoby

Zásoby řadíme mezi oběžný neboli krátkodobý majetek podniku. Mezi zásoby patří:

- materiál (suroviny a základní materiál, náhradní díly, palivo, obaly, pomocné a provozovací látky);
- zásoby vlastní výroby (výrobky, polotovary, nedokončená výroba, zvířata);
- zboží.

Logistika se na zásoby na rozdíl od účetnictví dívá jako na pasiva. Snahou je minimalizace stavu zásob a jejich náhrada (substituce informacemi).

### 3.1 Význam zásob

Nejčastějším problémem u zásob je volba vhodných kritérií pro posouzení jejich optimální výše. Často se tak stává, že společnosti udržují zásoby mnohem vyšší, než ve skutečnosti potřebují a dochází tak ke zbytečnému plýtvání nákladů.

#### 3.1.1 Funkce zásob

Význam zásob lze rozdělit do čtyř skupin:

- zabezpečení plynulosti výroby,
- vytváření podmínek pro územní specializaci,

### 3. ZÁSoby

---

- vyrovnání nabídky a poptávky,
- krytí nečekaných výkyvů v poptávce nebo poruch v distribučním systému.

Velmi důležitou roli hrají zásoby při zabezpečení plynulosti výrobního procesu. Nepřerušný provoz mezi výrobními operacemi je zajištěn zásobami nedokončené výroby. Výroba na sklad umožňuje vyrábět výrobky v optimálních dávkách a dodávat výrobky ve větším množství při nízkých jednotkových nákladech. Dalším důvodem pro vznik zásob může být nedostatečný počet vyrobených polotovarů pro navazující výrobní operace.

Zásoby také umožňují optimální lokalizaci výrobních kapacit z hlediska zdrojů energie, pracovníků, surovin či například vodních zdrojů. Často je takto vybraná lokalita vzdálená od středisek navazující výroby a konečné spotřeby. Stejnou geografickou funkci mají zásoby udržované velkoobchodem, na jehož výrobě se podílí více výrobců.

Zásoby jsou rovněž nezbytné pro vyrovnání poptávky. Nejlepším příkladem je sezonní výroba či celoroční spotřeba. Ukázkou poptávky soustředěné do krátkého ročního období mohou být například vánoční kolekce, ozdoby na strom, pomlázky atd. Z pohledu výrobců i obchodníků jde o potřebu vytvořit si příslušnou zásobu dopředu, než nastane období špičky. Tato skupina zásob tedy vzniká v důsledku časového nesouladu mezi výrobou a spotřebou.

Zásoby jsou také velice důležité pro pokrývání nepředvídatelných výkyvů v poptávce nebo poruch při doplňování zásob. Příčinou jsou náhodné vlivy, které působí na poptávku či dobu trvání jednotlivých logistických činností, nejčastěji dopravy. Přehled druhů zásob lze doplnit ještě o záměrné vytváření zásoby, tzv. hmotné rezervy státu nebo zásoby ze spekulativních důvodů. [9]

#### 3.1.2 Hlavní složky zásob

Zásoba, která je udržovaná na nějakém místě v logistickém řetězci, se skládá ze tří hlavních složek:

- zásoba běžná,
- zásoba pojistná,
- zásoba technologická.



Běžná zásoba se mění v čase a její velikost je určena průběhem její spotřeby v čase i způsobem doplňování. Nejvíce je ovlivňována velikostí objednávky u dodavatele. Pojistná zásoba slouží k pokrytí mimořádných krátkodobých výkyvů v poptávce nebo pro případ, že by nastaly poruchy v distribuci. Pojistná zásoba se většinou v čase nemění. U zásob se někdy stanovuje potřebná úroveň, která je nezbytná z technologických důvodů. U některých surovin je skladování dokonce nutnou součástí technologického procesu.

Zvláštní formou zásob jsou zásoby v přepravních zařízeních, např. dopravních prostředcích, plynovodech, ropovodech. Obvykle se tato forma označuje jako zásoba výrobků na cestě. Z hlediska řízení logistického procesu je u těchto zásob významné jejich vlastnictví. To je určeno většinou bodem, kdy je přepravované zboží předáno.

Se zásobami je spojeno také riziko. Vlastník zásob si nemůže být nikdy jist, že prodá všechno nakoupené zboží, ani že spotřebuje všechny vytvořené zásoby surovin. Míra a stupeň rizika jsou ovlivněny tím, na jakém místě v logistickém řetězci jsou tato rizika identifikována. [9]

## 3.2 Náklady spojené se zásobami

Náklady spojené s existencí zásob lze rozdělit na dvě skupiny:

- náklady na udržování zásob,
  - pojistné náklady a daně,
  - skladovací náklady,
  - skladovací ztráty,
  - ztráty způsobené vázáním kapitálových prostředků.
- náklady na vyřízení objednávky.

Pojistné náklady jsou dány druhem a rizikovostí skladovaného zboží. Výše pojistného je určována pojišťovnou. Daně jsou určeny obecnými předpisy v dané lokalitě a počítají se z hodnoty skladovaného zboží pomocí procentní sazby. Skladovací náklady jsou nezávislé na hodnotě zásob. Jejich velikost záleží na tom, zda se jedná o vlastní nebo pronajatý sklad. Pokud jde o sklad vlastní, je potřeba přepočítat roční odpisy, náklady na údržbu, mzdy a ostatní nákladové položky  $N$  na  $m^2$  nebo  $m^3$  skladovací plochy  $K$  a časovou jednotku období délky  $T$  ve zvolených jednotkách. Pro každý výrobek je nutné určit plochu nebo prostor ( $f$ ), který obsadí.

### 3. ZÁSoby

---

Skladovací náklady  $n$  na jeden výrobek jsou:

$$n = \frac{(N * f)}{(T * K * Q)},$$

kde  $Q$  je množství výrobků, které projdou skladem.

Skladovací ztráty jsou určovány na základě zkušeností z minulého období, pokud nejsou pokryty pojištěním zásob. Stanovují se v hodnotovém či procentním vyjádření. Určení ztrát způsobených vázáním kapitálových prostředků v zásobách je velice problematické. Východiskem je používaná úroková sazba, pohybující se až do výše 25 %. Možností, jak stanovit úrokovou sazbu, je rozdělení zásob na:

- zásoby zatíženy nejnižší sazbou (nezbytně nutné pro plynulý provoz jednotky),
- pojistné zásoby s vyšší sazbou,
- zásoby udržované ze spekulativních důvodů s vysokou sazbou.

Zvolená úroková míra silně ovlivňuje celou logistickou strategii. Jsou-li sazby nízké, je výhodné vytvářet více dislokovaných skladů s vysokými zásobami. V opačném případě je lepší omezit skladové objekty. Pro stanovení této části nákladů je podstatná hodnota skladovaných položek.

Mezi náklady na vyřízení a realizaci objednávky patří náklady spojené s převzetím zásilky, výpravou objednávky, přenosem objednávky, zpracováním dokumentace atd. Východiskem jsou náklady z minulého období a jejich počet. Náklady mohou být jak fixní, tak variabilní. [9]

### 3.3 Strategie řízení zásob

V praxi se používají především tři metody řízení zásob:

- systém řízení zásob poptávkou,
- řízení zásob plánem,
- adaptivní metoda řízení zásob.

### 3.3.1 Systém řízení zásob poptávkou

V systému řízení zásob poptávkou jsou zásoby do logistického kanálu „vtahovány“ (v angličtině označovány jako „pull“ systémy). Stav zásob má předem stanovenou minimální mez, kdy dochází k doplnění disponibilního stavu zásob. Pomocí některé z optimalizačních metod zásob se stanoví velikost doplňující objednávky a ta pak zůstává do budoucna většinou konstantní. Jakmile se objeví požadavek od zákazníků na existující zásoby, je výrobek vtažen do distribuce. Pro správné fungování systému řízení poptávkou je nutné zajistit, aby byly splněny některé předpoklady:

- Všechny segmenty, všichni zákazníci a výrobky jsou z hlediska dosaženého zisku pro podnikatele rovnocenní. To lze odstranit například metodou ABC.
- Neomezená zásoba výrobků u dodavatele proto, aby zásoby dorazily do skladů včas a nedošlo k nedostatku zásob.
- Možnost stanovení délky dodacího cyklu a jeho trvání je nezávislé na délce minulých i budoucích dodacích cyklů.
- Relativně stabilní poptávka a náhodné výkyvy sledují některé z teoretických rozdělení (normální, Poissonovo aj.).
- Doplňovací dodávky jsou větší než poptávka v průběhu dodacího cyklu.
- Délka dodacího cyklu nesmí být závislá na velikosti poptávky (kvůli možnosti kvantifikace náhodných výkyvů v poptávce). [9]

### 3.3.2 Řízení zásob plánem

Klíčovou podmínkou systému řízení zásob plánem je detailní znalost požadavků zákazníků. Oproti řízení zásob poptávkou jsou zde výrobky „tlačeny“ (v angličtině označovány jako „push“ systémy) do logistického kanálu v předtuše budoucí poptávky. Podstatou této strategie je plán požadavků na distribuci, poskytující detailní přehled o požadavcích na zásoby. Plán se nejčastěji dělí na týdenní úseky a pro každý tento úsek jsou stanoveny:

- plánované doplňovací objednávky,
- plánované příjmy dodávek do skladů,
- hrubé požadavky na distribuci,

### 3. ZÁSoby

---

- stav zásob na skladě v jednotlivých týdnech.

Pro správnou funkci systému řízení zásob plánem by měly být splněny tyto předpoklady:

- Pohyb zásob musí být sledován online ve všech lokalitách. Je potřeba sledovat i průběh dopravy jednotlivých zásilek.
- Systém vyžaduje detailní odhad požadavků zákazníků na sledované období pro každý distribuční sklad. [9]

#### 3.3.3 Adaptivní metoda řízení zásob

Tato metoda je kombinací dvou předchozích metod a je v praxi uplatňována nejčastěji. Adaptivní systém musí být dostatečně pružný a musí respektovat změny v čase, prostoru a struktuře výrobků. V jednom období nebo segmentu je výhodnější využívat metodu řízení zásob poptávkou a v jiném zase metodu řízení zásob plánem. Významná jsou rozhodovací pravidla, která umožňují rozhodnout o tom, která strategie je vhodnější.

Prvním kritériem je stálost a rentabilita jednotlivých segmentů na trhu. Pokud jsou výrobky na trhu, který je stabilizovaný, prodávány s vysokým ziskem, vyplatí se volit plánované metody řízení zásob. Dalším kritériem je závislost, či nezávislost poptávky. Nezávislá poptávka je taková, která nemá vazbu s žádnou poptávkou jiného zboží. U nezávislé poptávky je výhodnější „pull“ systém, u závislé naopak.

Roli ve výběru vhodné strategie hraje také riziko a nejistota v distribučním kanálu. Pokud dochází často k poruchám v dodacích cyklech, je lepší použít systém řízení zásob poptávkou, který vede k nižším dodávkám a nehrozí takové riziko špatného umístění velké dodávky. V situacích, kdy existují nejistoty v zásobování, je výhodnější využít plánovité řízení zásob. Posledním rozhodovacím kritériem je kapacita zařízení distribučního kanálu. V případě omezených kapacit je vhodné plánování, u neomezených řízení poptávkou.

V praxi je potřeba tyto metody uplatňovat pro celý sortiment výrobků. Je tedy nezbytná klasifikace prodáváného sortimentu a volba metod řízení pro jednotlivé skupiny výrobků. Nejznámější je metoda ABC. Ta umožňuje rozdělit výrobky do kategorií podle jejich podílu na celkovém efektu podniku. Kategorii A tvoří malá skupina výrobků s vysokým podílem na tržbách a vysokou rentabilitou. Kategorie B obsahuje početnější skupinu s nižším podílem na tržbách a do skupiny C patří zbývající výrobky s nízkým podílem na tržbách. [9]

---

## Lokalizace skladových kapacit

### 4.1 Lokalizace objektů

V současnosti se volba optimální lokalizace objektů týká prakticky všech míst v logistickém řetězci. Jde o lokalizaci výrobních podniků, skladů, velkoobchodů a maloobchodní sítě ve vazbě na místa konečné spotřeby. U většiny z nich má lokalizace dlouhodobý efekt, ale u některých existuje značná mobilita i v běžném období. Příkladem mohou být najímané sklady.

Vhodné umístění výrobního podniku patří k dlouhodobým strategickým rozhodnutím a mělo by být zárukou návratnosti vloženého kapitálu. Nejčastějším rozhodovacím lokalizačním problémem bývá umístění distribučních skladů.

Lokalizace distribučních skladů lze formulovat z hlediska metod a kritérií jejich umístění do tří skupin:

- lokalizace na segment trhu,
- lokalizace na výrobním principu,
- lokalizace kombinovaná.

Distribuční sklady, lokalizované na segment trhu, slouží především k doplňování zásob zákazníků. Jsou proto umístovány co nejbližší k regionu, který je potřeba zásobovat. Hlavní kritéria pro tuto lokalizaci vyplývají z velikosti průměrných objednávek, rychlosti doplňování zásob a nákladů na jednu dodávku. Takto lokalizované sklady mohou být provozovány jak výrobci, tak také velkoobchodníky a skupinou maloobchodníků. Příkladem mohou být sklady náhradních dílů pro automobily, jejichž lokalizace je závislá na výrobních automobilech.

Lokalizování skladů na výrobním principu spočívá v umístění skladu co nejbližší k lokalitám výroby produkce. Principem tohoto druhu lokalizace je soustředění zboží z jednotlivých míst a jejich dopravování do velkoobchodů nebo zákazníkům při nízkých dopravních sazbách. Takto lokalizované sklady má většina velkých potravinářských výroben.

Kombinovaná lokalizace je kombinací obou předchozích lokalizací a je výsledkem úplné nákladové analýzy. Sklady jsou umístěny mezi výrobními a spotřebními centry. [9]

## 4.2 Lokalizační teorie a faktory lokalizace

### 4.2.1 Lokalizační teorie

Lokalizační teorie je nejstarší součástí regionální ekonomie. Mezi hlavní úkoly lokalizační teorie patří:

- vysvětlit lokalizační rozhodování jednotlivých podniků;
- zkoumat vzájemné závislosti lokalizačního rozhodnutí různých podniků;
- vyzdvižení lokalizačních faktorů;
- vysvětlení prostorového uspořádání ekonomiky jako celku.

Teorie lokalizace se nejprve týkaly zemědělských aktivit. První ucelenou lokalizační teorii vypracoval J. H. von Thünen (1826). Tato teorie zkoumala lokalizaci pěstování zemědělských plodin podle dopravy (dopravních nákladů) a pořadí naléhavosti spotřeby jednotlivých druhů zemědělských plodin. Vycházel z velmi jednoduchého modelu, který předpokládal tzv. „izolované hospodářství“, kde středem byl trh (město).

S rozvojem průmyslu se začala řešit především jeho lokalizace. Tvůrce ucelené klasické teorie lokalizace je A. Weber. Jeho teorie je očištěná od politických, národnostních a jiných vlivů, vzhledem k vytvoření čisté a časem neměnné teorie. Hlavním kritériem této teorie byla minimalizace výrobních nákladů. Důležitým přínosem je zavedení pojmu lokalizační faktor, který identifikoval a klasifikoval podle několika znaků. Lokalizační faktor je podle Webera síla, která ovlivňuje rozhodnutí umístit firmu v konkrétních místech prostoru. Weber dále uvádí jako tři hlavní lokalizační faktory dopravní náklady, náklady na pracovní sílu a spotřebitelské aglomerace.

Lokalizační faktory rozděluje na:

- všeobecné,
- speciální,
- přírodně-technické,
- společensko-kulturní,
- regionální a
- aglomerativní.

V roce 1956 vnesl do lokalizační teorie nové poznatky W. Isard. Všechny své nové poznatky shrnul do regionální vědy. Jako všeobecný princip přijal Isard substituční princip a pro prostor použil kategorii dopravního vstupu (pohyb jednotky hmotnosti na jednotku vzdálenosti). Dopravní vstup je z hlediska firmy rovnocenný s ostatními výrobními vstupy a podnik se k němu chová jako k jiným vstupům. Substituce všech vstupů používá jako kritérium maximalizace zisku.

I přestože podíl dopravních nákladů v průběhu 20. století klesl, lze se s těmito teoriemi v upravené podobě setkat i dnes. Nové lokalizační teorie jsou zaměřené především odvětvově a projevuje se u nich tendence ke komplexnějšímu pojetí teorie lokalizace jednotlivých socioekonomických aktivit člověka. [7]

### 4.2.2 Lokalizační faktory

Lokalizační faktory jsou vztahy, které ovlivňují lokalizační rozhodnutí firmy. Lokalizační faktor musí splňovat dvě základní podmínky. Projevuje se v nákladech nebo výnosech podniku (nemusí však jít pouze o peněžní formu) a je prostorově diferencován podle ceny, kvality a dostupnosti.

Základní rozdělení lokalizačních faktorů je na faktory tvrdé a měkké. Tvrdé lokalizační faktory se přímo projevují v nákladech (daně, cena práce apod.). Měkké faktory se sice neprojevují přímo v nákladech, ale zásadním způsobem ovlivňují konečné rozhodnutí (kvalita života, image města atd.).

Klasické lokalizační faktory se dále dají podrobněji rozdělit do šesti skupin. Skupiny lokalizačních faktorů mají různou váhu důležitosti.

#### 4. LOKALIZACE SKLADOVÝCH KAPACIT

---

Obchodní lokalizační faktory jsou považovány za nejdůležitější lokalizační faktory a patří mezi ně:

- blízkost trhu,
- blízkost zákazníka,
- přítomnost zahraničních firem,
- přítomnost podpůrných služeb.

Pracovní lokalizační faktory mají také velmi vysokou váhu důležitosti a obsahují:

- dostupnost pracovní síly,
- kvalitu pracovní síly,
- flexibilitu a přizpůsobivost pracovní síly,
- cenu práce.

Infrastrukturální lokalizační faktory jsou další důležitou skupinou, která se týká:

- kvality silniční a železniční sítě,
- vzdálenosti k letišti,
- kvality telekomunikací.

Mezi specifické lokální a regionální lokalizační faktory se řadí:

- nabídka rozvojových ploch,
- institucionální zabezpečení znalostní báze,
- finanční participace.

Nákladové faktory nemají v dnešní době již příliš velký význam. Typickými příklady jsou:

- cena práce,
- cena pozemků.



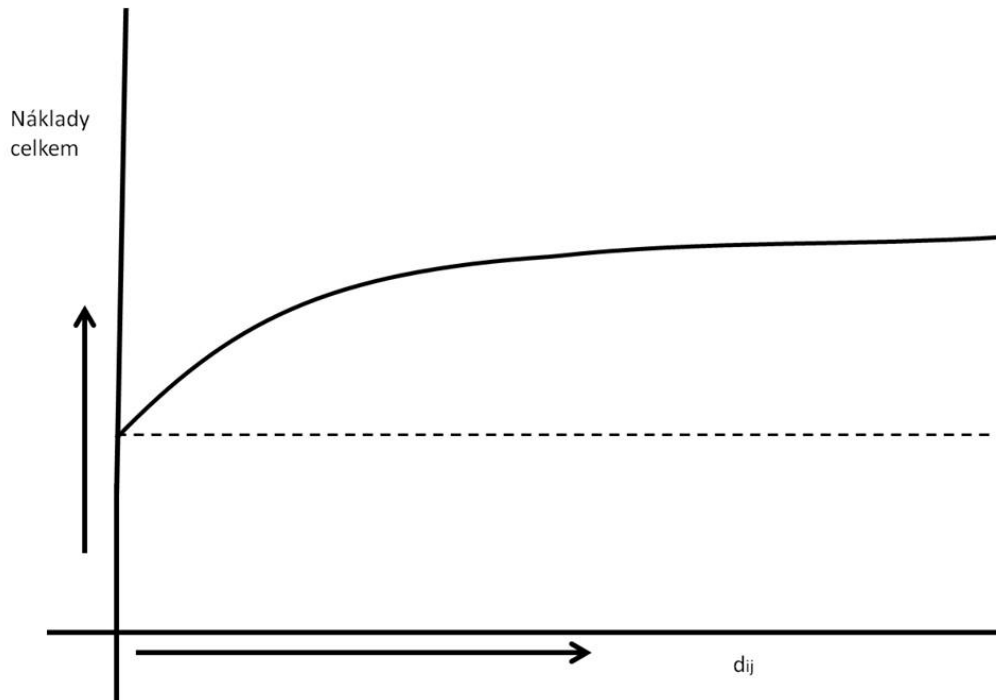
Poslední skupinou lokalizačních faktorů pak jsou faktory kvality života. Na tuto skupinu faktorů není v dnešní době kladen příliš velký význam, ovšem v budoucnu se očekává nárůst jejího významu.

- environmentální,
- kulturní. [4]

## 4.3 Ekonomika dopravy a skladování

### 4.3.1 Ekonomika dopravy

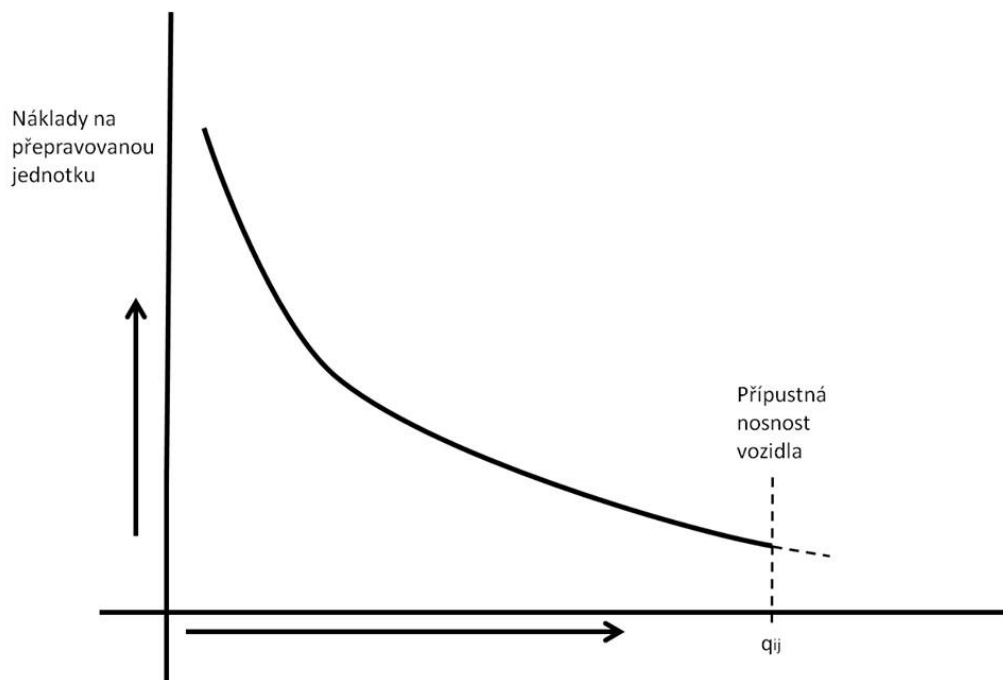
Doprava je jednou z nejdůležitějších nákladových položek při lokalizaci skladů. Hlavní význam pro geografickou strukturu má především vzdálenost. Přepravní vzdálenost má přímou závislost na umístění startovního a cílového místa. Typický vývoj celkových nákladů v závislosti na dopravě je na obrázku 4.1. Fixní složka přepravních nákladů je tvořena z velké části osobními náklady a odpisy.



Obrázek 4.1: Vývoj celkových dopravních nákladů [10]

#### 4. LOKALIZACE SKLADOVÝCH KAPACIT

Důležitým faktorem pro přepravní náklady je také přepravované množství. Lokalizace objektů proto závisí také na tom, jaké množství k přepravě požadují jednotlivé objekty. Vliv nákladů na přepravovanou jednotku v závislosti na přepravovaném množství ve stejných jednotkách je zobrazen na obrázku 4.2.



Obrázek 4.2: Vývoj jednotkových dopravních nákladů [10]

Nejjednodušším příkladem k určení přepravních nákladů je vztah jednoho distribučního skladu a místa spotřeby. Pro ukázkou názorného příkladu vlivu počtu skladů na přepravní náklady předpokládáme, že vzdálenosti jsou přímé a přepravní náklady jsou lineární funkcí vzdálenosti.

Průměrná velikost dodávky je 1000 kg a přepravní sazba při přímé dopravě od výrobce k zákazníkovi činí 25 Kč/100 kg. Při zřízení dislokovaného skladu je doplňována zásoba po 40 tunách a přepravní sazba klesne na 11 Kč/100 kg. Interní přepravní sazba u průměrných dodávek o velikosti 1000 kg by tak vzhledem k menším vzdálenostem byla 5 Kč/100 kg.

Náklady na přímou distribuci se spočítají jako

$$10 * 25 = 250$$

Kč/1 dodávku.

Náklady na dodávku z distribučního skladu

$$(400 * 11)/(40000/1000) + 10 * 5 = 160$$

Kč/1 dodávku.

V tomto případě zřízení skladu přinese pokles nákladů na dopravu. V praxi je potřeba od případné úspory ještě odečíst náklady na provoz skladu. Pokud je tato hodnota kladná, je zřízení nového skladu výhodné.

Sklad je vhodné zřídit, pokud platí nerovnost

$$A + B + C \leq D$$

A ... průměrné náklady doplňování skladu na jednu dodávku

B ... průměrné skladovací náklady na jednu dodávku

C ... průměrné přepravní náklady

D ... průměrné náklady na pořízení a dopravu jedné přímé dodávky

S rostoucím počtem skladů klesají přepravní náklady. Klesat přestávají až v bodě, kdy je způsoben takový růst přepravních nákladů na doplňování stále většího počtu skladů, že trvale rostoucí úspory nákladů v lokalitách už nestačí tento růst (včetně růstu nákladů na udržování skladů) pokrýt. [9]

### 4.3.2 Ekonomika skladování

Dislokované sklady jsou významným nástrojem pro rozšiřování trhů a zvyšování objemu tržeb. Růst počtu skladů má však vliv na složení zásob a růst nákladů na udržování zásob. Změna počtu skladových objektů mění celkový objem běžných zásob, ale také velikost zásob výrobků na cestě a pojistných zásob. Běžné zásoby jsou ovšem závislé především na jiných faktorech, jako například velikosti objednávky. Nejvíce jsou počtem skladů ovlivněny zásoby výrobků na cestě, které znamenají vázání kapitálových prostředků. Zařazením delších dodacích cyklů většinou dojde ke snížení objemu zásob výrobků na cestě.

Předpokládejme zásobování dvou různých segmentů trhu z jednoho skladu. Na trhu X je poptávka 15 t/den a dodací cyklus je 6 dní, na trhu Y je poptávka 25 t/den a dodací cyklus 10 dní. Zřídíme místo jednoho dva distribuční sklady, kde sklad A bude zásobovat trh X se stejným dodacím cyklem a sklad B trh Y s dodacím cyklem 5 dní.

#### 4. LOKALIZACE SKLADOVÝCH KAPACIT

Průměrná zásoba výrobků na cestě s jedním skladem bude

$$(15 * 6 + 25 * 10) / 2 = 170$$

Průměrná zásoba výrobků na cestě se dvěma sklady klesne

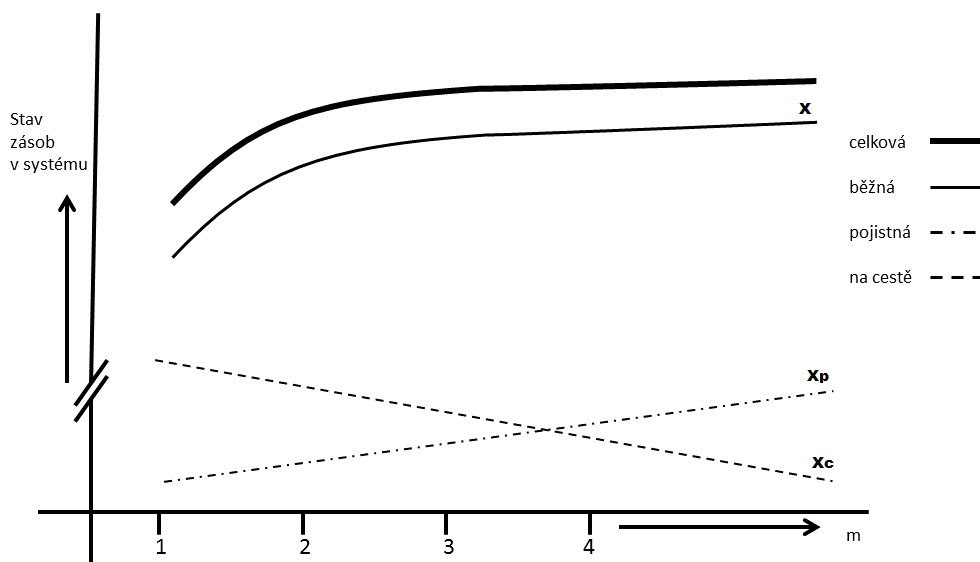
$$(15 * 6 + 25 * 5) / 2 = 107,5$$

S rostoucím počtem skladů roste také počet cyklů doplňování zásob ve skladech. Jedná se o zjednodušený příklad, který ovšem dostatečně ukazuje vliv změny struktury distribuce na zásobu výrobků na cestě.

U pojistné zásoby je situace opačná. S vyšším počtem skladů se zvyšuje také průměrná velikost pojistné zásoby vzhledem k tomu, že:

- pojistnou zásobu musíme vytvořit na více místech;
- zvýšením počtu dodacích a doplňujících cyklů vzrůstá počet rizikových období možného vyčerpání zásob před příchodem další dodávky.

Celkový vliv změny počtu lokalizovaných skladů znázorňuje obrázek 4.3, kde je znázorněn průběh velikosti průměrné zásoby ( $X$ ), pojistné zásoby ( $X_p$ ) a zásoby výrobků na cestě ( $X_c$ ). [9]



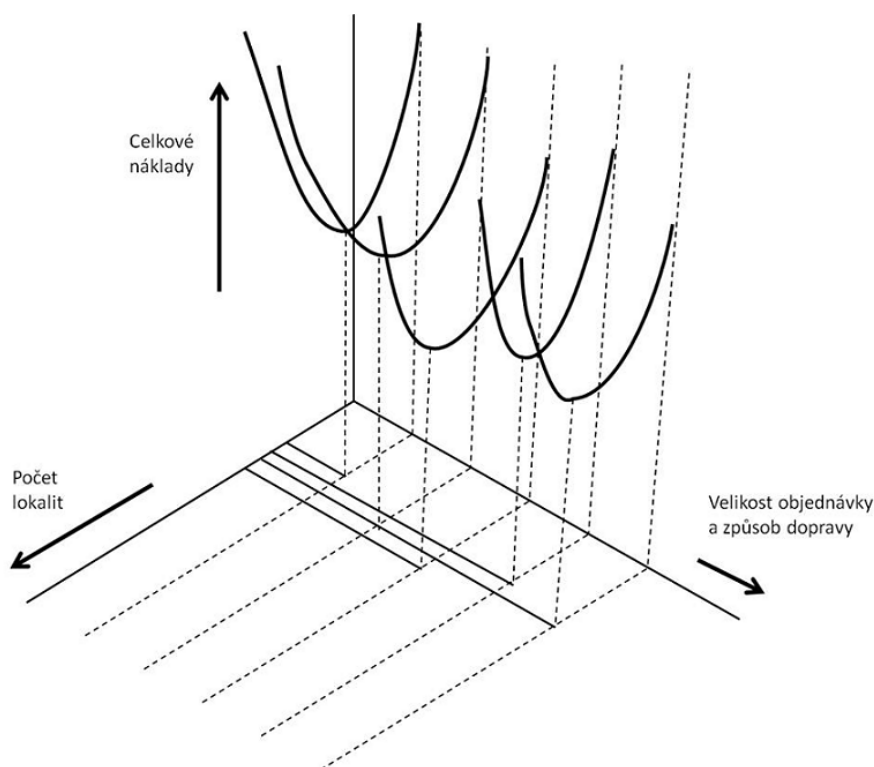
Obrázek 4.3: Vliv počtu lokalizovaných skladů na jednotlivé zásoby [10]

## 4.4 Analýza celkových nákladů

Zjištění optimálního počtu skladů můžeme získat spojením optimální struktury dopravy a lokalizace skladů. V předchozích zjednodušených příkladech (kapitola 4.3) byl předpokládán jeden prodej v jednom období a jedna velikost dodávky, což ve skutečnosti většinou neplatí. V praxi je nutné opustit dvourozměrný prostor hledání vztahu mezi počtem lokalit a náklady a nahradit ho alespoň prostorem trojrozměrným, ve kterém by proměnné byly forma dopravy, počet lokalit a velikosti objednávky.

Postup (viz obrázek 4.4) by pak mohl být následující:

- Přiřadit ke každé velikosti zásilky pomocí závislosti (mezi přepravními náklady a způsobem dopravy) nejméně nákladný způsob dopravy.
- Pro jednotlivé velikosti zásilek nalézt optimální počet lokalit skladů. Minimální hodnota křivky spojující minima funkcí pro jednotlivé velikosti zásilek je optimálním počtem lokalizací skladů. [9]



Obrázek 4.4: Vývoj celkových nákladů [9]

### 4.5 Distribuční cesty

Distribuční cesty slouží k dodání zboží od výrobce ke spotřebiteli. Účelem distribučních cest je:

- zabezpečení fyzického pohybu produktů od výrobců ke spotřebitelům;
- překlenutí prostorové, časové a vlastnické změny;
- podílení na pohybu:
  - peněz (uhrazená částka za zboží),
  - vlastnictví (předání zboží),
  - informací (technické údaje o produktu).

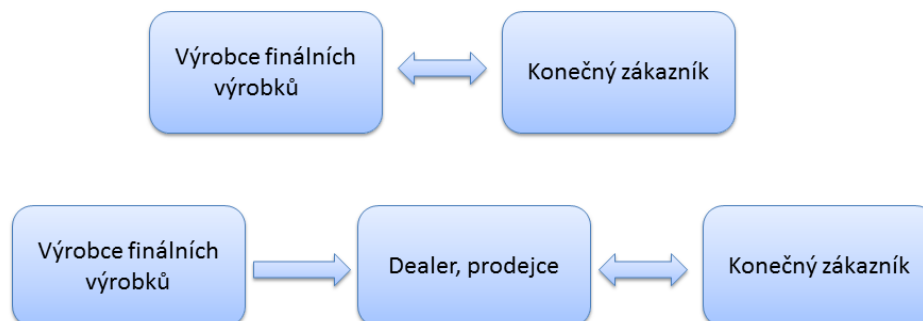
Na vhodný výběr distribuční cesty působí mnoho faktorů. Důležitými faktory jsou například:

- síla konkurence v distribučním prostoru;
- požadavky zákazníků na úroveň služeb (termín vyřízení objednávek, frekvence objednávek ...);
- charakter poptávky (výkyvy, geologické rozložení v oblasti ...);
- vlastnosti distribuovaného zboží (pevnost, balení, trvanlivost ...).

Podle délky lze distribuční cesty rozdělit na přímé a nepřímé. Přímou distribucí je takový postup, kdy výrobce dodává produkt přímo konečnému zákazníkovi. Nepřímou distribucí je pak každá, při níž jsou využíváni další partneři v distribučním systému. V praxi se za přímou distribuci považuje také například dodávání produktů do prodejen či míst konečné spotřeby (školy, úřady apod.).

Výhodami přímé distribuce je především přímý kontakt se zákazníky a kontrola toku zboží v systému. Velkou výhodou je také možnost rychlé odezvy na požadavky zákazníků. Oproti tomu nevýhody spočívají ve vysokém stavu zásob u výrobce a vysokých distribučních nákladech. Předností nepřímé distribuce jsou ušetřené distribuční náklady a nižší stav zásob u výrobce. Nevýhodou je pak horší komunikace se zákazníky a omezená kontrola toku zboží v systému.

Distribuční cesty lze rozdělit také podle rozsahu distribučního systému na extenzivní, exkluzivní a výběrové. U exkluzivní distribuční cesty je zboží



Obrázek 4.5: Příklady jednostupňové distribuce [9]

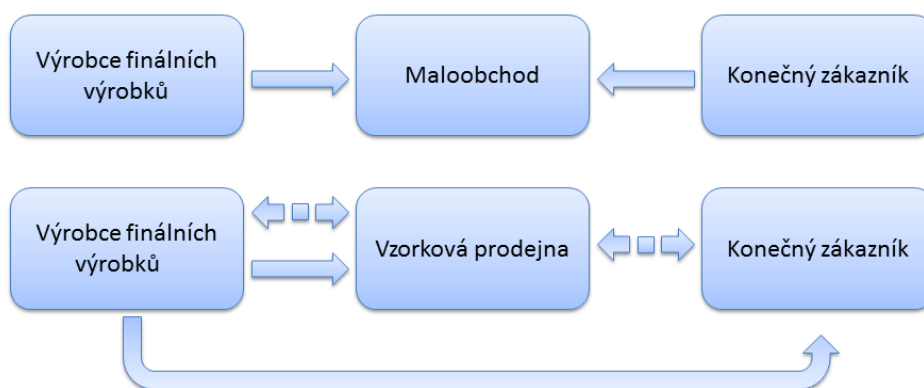
dostupné jen ve velmi malém počtu organizací na jednotlivých distribučních stupních. Zákazníci mohou zboží koupit pouze v několika prodejnách, výrobce poskytuje produkt pouze určitým výhradním distributorům atd. Tato strategie se využívá zejména kvůli udržení vysoké úrovně služeb.

Výběrová distribuční cesta využívá na každém stupni více partnerů. Snahou je udržet vysokou úroveň služeb při snížených distribučních nákladech oproti exkluzivní distribuční cestě. Největší dostupnost pro zákazníky znamenají extenzivní distribuční cesty. Počet distributorů není nijak omezován a zboží je dostupné v široké škále prodejen. Oproti předchozím distribučním cestám je ale dosahováno nejnižší úrovně služeb.

Dalším rozdělením distribučních systémů je dělení podle stupňů na:

- jednostupňové,
- dvoustupňové,
- třístupňové,
- vícestupňové.

Typickým příkladem jednostupňové distribuce (viz obrázek 4.5) je klasická přímá distribuce rovnou konečnému zákazníkovi. Dalším příkladem je přímý prodej pomocí vlastních nebo najatých prodejců bez distribučních organizací a prodejen. Jednostupňovým distribučním systémem je také prodej „z vozu“, například prodej mražených výrobků přímo ze speciálního chladiřského vozu.



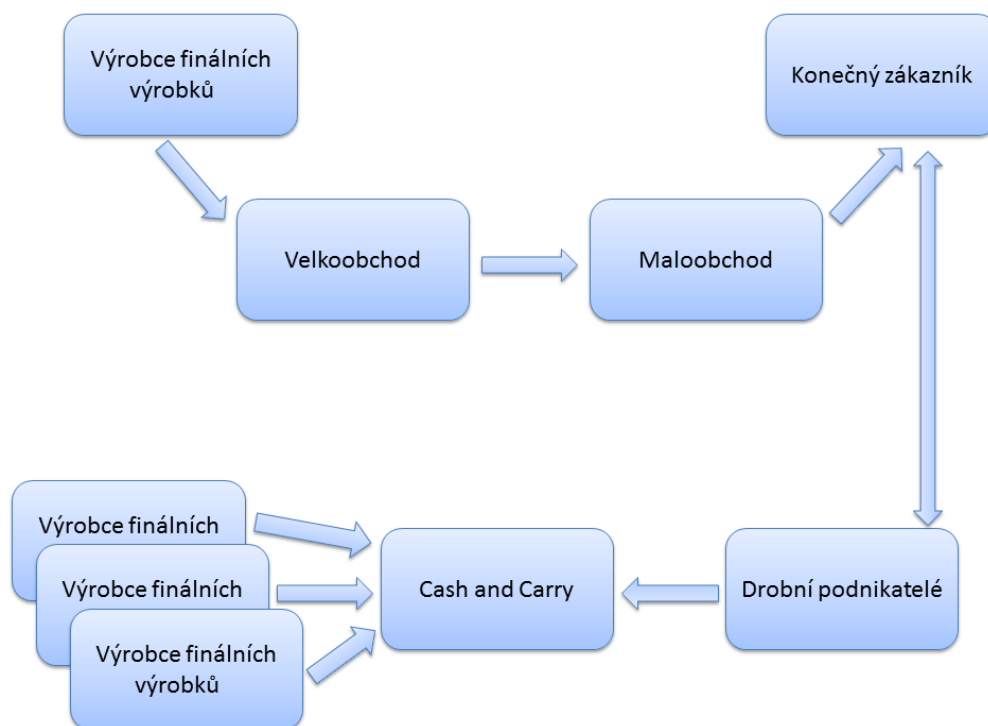
Obrázek 4.6: Příklady dvoustupňové distribuce [9]

Dvoustupňovou distribucí (obrázek 4.6) se rozumí přímý kontakt výrobce s maloobchodními prodejny. Nejčastěji se jedná o rozvoz čerstvého zboží a podmínkou je umístění prodejen v blízkém okolí výrobního podniku. Jednou z variant je případ, kdy výrobce přímo doplňuje zboží do regálů v prodejnách. Dvoustupňový distribuční systém je využíván také u e-shoppingu. Společnosti nabízejí zboží pomocí internetových katalogů a po potvrzení objednávky rozvázejí najatými přepravci zboží na místo, které si zákazník vybere.

Specifické jsou toky zboží u vzorkového prodeje. Vzorkové prodejny jsou od výrobců zásobovány většinou neprodejnými vzorky a zákazníci si je zde vyzkouší a objednají podle nich zboží. Výrobci toto zboží pak dodají samotným zákazníkům včetně dalších služeb jako například instalace nebo ukázka fungování.

Distribuce v rozsáhlých oblastech a bohatší sortiment vyžadují mezičlánek mezi výrobcem a maloobchodem, jak lze vidět na obrázku 4.7. Tuto funkci může zastávat klasický velkoobchod. Další z možností mezičlánek je využití cross-dock středisek (viz 2.1). Pro distribuci menším podnikatelům, provozovatelům malých prodejen, restaurací apod. je koncipován systém, ve kterém ve formě mezičlánek funguje distributor typu „Cash and Carry“. Jedná se o prodejny velkoobchodního typu, kde si zákazníci samoobslužnou formou vybírají zboží většinou z palet nebo regálů ve skupinových baleních a sami si zboží odvázejí. Typickým příkladem v České republice je síť prodejen Makro.





Obrázek 4.7: Příklady třístupňové distribuce [9]

U velkých nadnárodních společností jsou využívány ještě složitější distribuční systémy. Důvodem je přiblížení výrobků k zákaznickým centřům a zvýšení pružnosti. V těchto systémech jsou budovány kontinentální, regionální a oblastní centra, obchodní střediska atd. [9]



---

## Lokalizační modely

### 5.1 Modelové prostředky pro optimalizaci skladových kapacit

Lokalizační modely jsou metody vedoucí k formulaci řešení umístění  $m$  nových objektů ve vazbě na množinu  $n$  již existujících objektů. Lze je klasifikovat pomocí několika hledisek:

- podle počtu lokalizovaných objektů;
  - jeden lokalizovaný objekt ( $m = 1$ ),
  - více lokalizovaných objektů ( $m \geq 1$ ).
- podle počtu umísťovaných objektů;
  - předem stanovený počet,
  - počet je předmětem optimalizace.
- podle počtu disponibilních míst (předem určená místa v distribučním prostoru);
  - neomezený počet míst,
  - omezený počet míst.
- podle závislosti objektů;
  - objekty jsou navzájem nezávislé,
  - objekty mají vzájemné vazby.

Rozdělení podle počtu lokalizovaných objektů je významné v tom, že první případ lokalizace znamená jednodušší formulaci kritéria optima a většinou stačí jen minimalizovat náklady na dopravu. Ve druhém případě je pak potřeba brát v úvahu také náklady spojené s udržováním zásob. Z pohledu počtu lokalit pak mohou nastat situace, kdy je možné umístit objekty pouze na omezená místa, například kvůli speciálním požadavkům na ceny pozemků či dostupnou komunikaci. Dalším problémem lokalizace pak může být požadovaná vazba mezi objekty jako třeba potřeba přepravy mezi několika lokalizovanými sklady. Při lokalizaci více objektů může být předmětem rozhodování buď přímo počet skladů, anebo je jejich počet zadán. Příkladem je nutnost umístění zadaného počtu distribučních center v každé oblasti, kde má své jednotky také konkurence.

Cílem optimalizace struktury distribučního systému je snaha dosáhnout přiměřené úrovně distribučních nákladů při dodržení konkurenceschopné úrovně služeb pro všechny segmenty na trhu. Pro každou z požadovaných úrovní služeb je tedy potřeba najít takovou strukturu distribučního systému, která při jejím plnění zajistí minimální náklady. Je tedy nutné:

- Formulovat vztah mezi náklady a navrhovanou strukturou distribučního systému a najít optimální počet a geografické umístění prvků v systému.
- Ověřit, zda při navržené struktuře je možné zajistit při přiměřených nákladech požadovanou úroveň služeb.

Pokud není možné zajistit požadovanou úroveň služeb při přiměřených nákladech, je potřeba:

- změnit strukturu systému (např. změnou počtu jeho prvků) nebo
- najít jiné cesty splnění požadavků zákazníků (např. zvýšení stavu zásob, zvolením rychlejší cesty).

Náklady na dopravu mezi dvěma místy vyjadřuje následující vztah

$$N_{ij} = q_{ij} * d_{ij} * c_{ij}$$

i ... zdrojové místo

j ... cílové místo

q ... sumarizace požadavků zásobovaných míst na příští období

d ... vzdálenost

c ... přepravní náklady (lze získat od přepravců)

Pokud je možné umístit nové objekty kdekoli v distribučním prostoru, nelze pracovat se skutečnými vzdálenostmi a tak je nutné tato nová umístění nahradit. Obvykle se vypočítá vzdálenost z pravoúhlých souřadnic  $(x_j, y_j)$  a zatím neznámých souřadnic umístění nových objektů  $(x_i, y_i)$ . K nalezení souřadnic  $x_i, y_i$  lze využít například vhodného geografického informačního systému. Rozlišujeme tři základní druhy vzdáleností:

- přímá,
- pravoúhlých souřadnic,
- kvadratická.

Při přímé vzdálenosti jde o hledání délky přepony pravoúhlého trojúhelníka.

$$d_{ij} = \sqrt{((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)}$$

Dalším typem je vzdálenost měřená po pravoúhlých souřadnicích, která má řadu aplikací. Využívá se např. při řešení problému lokalizace strojů, výrobků v prodejnách atd.

$$d_{ij} = |x_i - x_j| + |y_i - y_j|$$

V určitých případech je využívána také kvadratická vzdálenost, např. při lokalizaci vysílačů mobilní sítě (výkon vysílače roste s kvadrátem dosahu signálu). Kvadratická vzdálenost se v praxi často využívá k získání prvního řešení, jelikož zkracuje výpočty a blíží se globálnímu optimu. [9]

$$d_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2$$

## 5.2 Lokalizace jednoho objektu

Jedná se o nejjednodušší případ, kdy jsou hledány souřadnice umístění jednoho objektu, např. distribučního skladu či výrobní jednotky v zásobované oblasti. Jediným kritériem jsou v tomto případě přepravní náklady.

Je tedy zadáno  $j$  zásobovacích míst ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) s požadavky na dodávku  $q_j$  výrobků, jejichž lokalita je dána souřadnicemi  $x_i, y_i$ . Nejprve je využita kvadratická vzdálenost pro získání rychlé informace o umístění

## 5. LOKALIZAČNÍ MODELY

---

a snadnější orientaci v prostoru. Jelikož odpadá problém přepravy mezi více objekty, tak vztah pro výpočet kvadratické vzdálenosti je

$$N = \sum_{j=1}^n q_j * c_j * ((x - x_j)^2 + (y - y_j)^2) = \sum_{j=1}^n w_j * ((x - x_j)^2 + (y - y_j)^2),$$

kde  $w_j$  pro zjednodušení představuje součin přepravních nákladů a požadavků zásobovaných míst.

Dále je potřeba stanovit hodnoty  $x$  a  $y$ . Úpravou hodnot parciálních derivací funkce  $N$  podle  $x$  a  $y$ , které jsou rovny nule, získáme výrazy pro výpočet  $x$ -ových a  $y$ -ových souřadnic. Jde o vážené aritmetické průměry souřadnic již existujících míst, jejichž vahami jsou náklady na dodávku požadovaného množství.

$$\frac{\partial N}{\partial x} = 2 * \sum_{j=1}^n (x - x_j) * w_j = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial y} = 2 * \sum_{j=1}^n (y - y_j) * w_j = 0$$

$$x * \sum_{j=1}^n w_j - \sum_{j=1}^n x_j * w_j = 0$$

$$y * \sum_{j=1}^n w_j - \sum_{j=1}^n y_j * w_j = 0$$

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n x_j * w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

$$y = \frac{\sum_{j=1}^n y_j * w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

Přesnějším způsobem výpočtu je nahrazení vzdáleností přímkou, tedy přímkou vzdáleností. Nákladová funkce bude mít tvar

$$N = \sum_{j=1}^n q_j * c_j * ((x - x_j)^2 + (y - y_j)^2)^{0.5} = \sum_{j=1}^n w_j * ((x - x_j)^2 + (y - y_j)^2)^{0.5},$$

kde opět  $w_j$  pro zjednodušení představuje součin přepravních nákladů a požadavků zásobovaných míst.

Hodnoty  $x$  a  $y$  lze získat stejným způsobem jako u výpočtu kvadratických vzdáleností.

$$\frac{\partial N}{\partial x} = \sum_{j=1}^n w_j * \frac{(x - x_j)}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2}} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial y} = \sum_{j=1}^n w_j * \frac{(y - y_j)}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2}} = 0$$

$$x * \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2}} = \sum_{j=1}^n \frac{w_j * x_j}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2}}$$

$$y * \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2}} = \sum_{j=1}^n \frac{w_j * y_j}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2}}$$

Ze získaných vzorců nelze analyticky najít vztahy pro přímý výpočet souřadnic a proto je potřeba využít iterační metodu. Definujeme pomocnou funkci

$$f_j(x, y) = \frac{w_j}{\sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2 + \epsilon}},$$

kde  $\epsilon$  je velmi malá hodnota blíží se nule. Je nutná proto, aby se předešlo případnému dělení nulou, pokud by zvolené hodnoty  $x$  a  $y$  byly rovny hodnotám  $x_j$  a  $y_j$ . Výrazy pro hledané souřadnice lze tedy vyjádřit jako

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n x_j * f_j(x, y)}{\sum f_j(x, y)}$$

$$y = \frac{\sum_{j=1}^n y_j * f_j(x, y)}{\sum f_j(x, y)}$$

### Algoritmus podle Grose [9]

- Východiskem je místo vypočtené pomocí kvadratické vzdálenosti.
- Vypočteme výchozí souřadnice  $(x^{(0)}, y^{(0)})$  a výchozí hodnotu nákladů  $N^{(0)}$ , která se bude postupně snižovat.
- Zvolíme dostatečně malé  $\epsilon$  blíží se k nule a pokles náklad  $\Delta N_{min}$ .
- V  $k$ -tém kroku nalezneme nové souřadnice umístění objektu  $(x^{(k)}, y^{(k)})$ .

## 5. LOKALIZAČNÍ MODELY

---

- Ze souřadnic  $(x^{(k)}, y^{(k)})$  přejdeme k souřadnicím  $(x^{(k+1)}, y^{(k+1)})$ , pomocí vztahů

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n x_j * f_j(x^{(k)}, y^{(k)})}{\sum f_j(x^{(k)}, y^{(k)})}$$
$$y = \frac{\sum_{j=1}^n y_j * f_j(x^{(k)}, y^{(k)})}{\sum f_j(x^{(k)}, y^{(k)})}.$$

- Vypočteme  $\Delta N = N^{(k)} - N^{(k+1)}$ . Pokud je  $\Delta N_{min} \geq \Delta N$  považujeme souřadnice za optimální. Pokud ne, tak pokračujeme v předcházejícím kroku.

Dalším možným typem lokalizační úlohy hledání umístění jednoho objektu jsou případy, kdy je nutné využívat pravoúhlých tras mezi jednotlivými místy. Celkové dopravní náklady jsou

$$N = N_1 + N_2 = \sum_{j=1}^n w_j * |x - x_j| + \sum_{j=1}^n w_j * |y - y_j|.$$

Z vlastností úlohy vyplývá, že:

- hledané hodnoty  $x$  a  $y$  jsou rovny některým zásobovaným objektům  $(x_j, y_j)$ ;
- maximálně polovina  $x_j$  musí být nalevo a maximálně polovina  $x_j$  napravo od  $x$ ;
- maximálně polovina  $y_j$  musí být nad a maximálně polovina  $y_j$  pod  $y$ .

Existující místa je potřeba seřadit vzestupně podle jednotlivých souřadnic a vypočítat kumulované hodnoty  $w_j$  a z nich pak  $p = 0.5 * \sum_j w_j$ .

- $x$  bude rovno  $x_j$ , pro které kumulovaná hodnota  $w_j$  poprvé překročí hodnotu  $p$ ;
- $y$  bude rovno  $y_j$ , pro které kumulovaná hodnota  $w_j$  opět poprvé překročí hodnotu  $p$ .

Někdy mohou nastat situace, kdy je počet míst omezen. Například pokud má firma k dispozici vlastní pozemky či objekty, z nichž potřebuje vybrat ten nejlepší. V těchto případech lze pomocí mapy nebo software vygenerovat matici skutečných vzdáleností mezi  $k$  místy a  $n$  zásobovanými



objekty. Pak je potřeba najít mezi  $h$  (hodnoty vygenerované matice) místy najít to, kde celkové náklady budou minimální.

$$N_i = \sum_{j=1}^n q_{ij} * c_{ij} * d_{ij}$$

Nalezené místo je samozřejmě vhodné zhodnotit také z dalších hledisek. Je nutné ověřit, zda nebrání výstavbě objektu místní podmínky, či zda první lokalizace nevyšla například do zakázané oblasti (vojenské základny, vodohospodářská ochranná pásma apod.). Dále je potřeba posoudit další důležité lokalizační faktory (viz. 4.2). Pokud objekt nelze v daném místě z jakéhokoliv důvodu vybudovat, je nutné hledat jiné umístění, které ovšem povede k růstu nákladů. V takovýchto případech je vhodné zakreslit hranice, v nichž náklady nepřekročí nalezené minimální náklady o určitou přípustnou hodnotu.

V případě kvadratických vzdáleností tvoří hranice kružnice se středem daným nalezenými souřadnicemi. Pokud nákladovou rovnici upravíme, získáme vztah pro kružnici.

$$\begin{aligned} N + \Delta N &= \sum_{j=1}^n w_j * ((x - x_j)^2 + (y - y_j)^2) = \\ &= \sum_{j=1}^n w_j * (x^2 - 2 * x * x_j + x_j^2) + \sum_{j=1}^n w_j * (y^2 - 2 * y * y_j + y_j^2) \\ \frac{N + \Delta N}{\sum_{j=1}^n w_j} + \bar{x}^2 + \bar{y}^2 - \frac{\sum_{j=1}^n w_j * x_j^2 + \sum_{j=1}^n w_j * y_j^2}{\sum_{j=1}^n w_j} &= (x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 \end{aligned}$$

$\bar{x}$  ... vážený průměr souřadnic  $x$

$\bar{y}$  ... vážený průměr souřadnic  $y$

Jelikož je levá strana rovnice pro zadanou hodnotu konstantní je zřejmé, že jde o rovnici kružnice s poloměrem rovným odmocnině levé strany rovnice a středem  $S=(\bar{x}, \bar{y})$ .

$$r^2 = (x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2$$

V případě lineární vzdálenosti je hledání hranic složitější. Body křivky je potřeba hledat iteračním způsobem. Pro hodnotu nákladů  $N + \Delta N$  měníme v tabulkovém procesoru nejprve např. optimální souřadnici  $y$  při konstantním  $x$  směrem vzhůru a dolů tak dlouho, dokud nedosáhneme zvolené hodnoty  $N + \Delta N$ . [10]

### 5.3 Lokalizace více objektů

Lokalizace více objektů je trvalým problémem řady firem. V těchto případech je potřeba brát v potaz nejen náklady na dopravu, ale také náklady na udržování zásob. Formulovat matematický vztah je velice obtížné, proto se v praxi nejprve optimalizují náklady na dopravu a poté je odhadován potřebný stav zásob pro jednotlivé varianty a přičítán k nákladům na dopravu.

Celkové náklady na dopravu  $m$  nových objektů včetně případných požadavků na objemy přepravy mezi novými objekty má tvar

$$N = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} * d_{ij} * q_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=2}^m c_{ik} * d_{ik} * q_{ik} = \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} * d_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=2}^m w_{ik} * d_{ik}.$$

V této podobě je nutné stanovit hodnoty  $q_{ij}$ , tedy kolik výrobků požadují jednotlivá zásobovaná místa od jednotlivých skladů. Takové situace se ovšem objevují jen velmi málo.

Podle Grose a Hanty [10] existuje účinný algoritmus, který na tento problém lze aplikovat.

#### Algoritmus pro lokalizaci více objektů

- Popsanými metodami lokalizujeme jeden objekt.
- Ověříme, zda jsme schopni z tohoto místa zabezpečit požadovanou úroveň služeb všem zákazníkům. Pokud jeden z objektů nevyhovuje, přejdeme k dalšímu kroku.
- Najdeme nejvzdálenější místo od už lokalizovaného objektu a v polovině přímé vzdálenosti umístíme nový objekt. Na opačnou stranu od původního objektu umístíme další objekt ve stejné vzdálenosti.
- Pro každé zásobované místo vypočteme  $d_{ij} * x_{ij}$  pro obě nová místa a přiřadíme ho k objektu, u kterého je součin menší. Tím vytvoříme dvě distribuční oblasti. Vrátime se k prvnímu kroku a v každé oblasti znovu lokalizujeme oba nové objekty. V postupu lze dále pokračovat dalším dělením objektů.

V praxi se aplikuje jednoduchý postup, kdy se oblast rozdělí na více dílčích částí a v nich je vždy lokalizován jeden objekt (např. pro Českou

republiku by to mohlo být rozdělení na oblast Čech a Moravy). Tímto postupem se snižují důsledky případných chybných rozhodnutí.

S rostoucím počtem dodávajících objektů se zkracují vzdálenosti k zásobovaným místům a dochází tak k poklesu dopravních nákladů. Kromě nákladů na dopravu je potřeba brát v úvahu také náklady na zásobování. S růstem počtu center exponenciálně roste tato část dopravních nákladů. Minimum součtové křivky udává optimální počet objektů zajišťujících minimální celkové náklady na dopravu. Na optimální počet objektů působí silně poměr mezi dopravními náklady a náklady na udržování zásob. S rostoucím podílem nákladů na dopravu je z nákladového hlediska vhodné zvyšovat počet lokalizovaných center a s rostoucím podílem nákladů na udržování zásob naopak počet lokalizovaných center snižovat. [10]

## 5.4 Lokalizace objektů s diskretní množinou disponibilních míst

Někdy je potřeba lokalizovat jeden či více objektů na jedno nebo více z předem stanovených míst. Lokalizaci do omezeného počtu lokalit mohou způsobit například ceny pozemků, místní podmínky atd.

Výběr vhodného umístění jednoho objektu do některého z předem určených míst je velice jednoduché. Jelikož je známa lokalita možných umístění lze využít skutečné vzdálenosti mezi zásobovanými a disponibilními místy a stačí pro každé z  $p$  míst spočítat sumu součinu jednotlivých míst  $w_j$  a vzdáleností.

$$N_p = \sum_{j=1}^n d_{pj} * w_j$$

Nejvhodnějším místem pro umístění je pak to, u kterého dosáhneme minimálních nákladů  $N_p$ . Při lokalizaci více než jednoho objektu na množině diskretních míst lze pro menší počet objektů využít metody úplné enumerace.

### Algoritmus úplné enumerace

- Určit všechny možné kombinace  $m$  míst z  $k$  disponibilních rovných  $\binom{k}{m}$ .
- v maticích  $n, m$  pro  $j = 1, 2, \dots, n$  a  $t = 1, 2, \dots, m$  vybrat pro každé  $j$  minimální hodnotu.

- Kombinace  $k$  míst s nejnižší sumou  $\sum_{j=1}^n d_{tj} * w_j$  určuje nejvhodnější umístění  $m$  objektů. [10]

## 5.5 Lokalizace na grafech

Dalším možným typem lokalizačních úloh jsou lokalizace na grafech. Graf je uspořádaná trojice uzlů, hran a incidencí. Zobrazení incidence přiřazuje dvojici uzlů právě jednu hranu.

Existují dva základní typy grafů:

- orientovaný,
- neorientovaný.

Neorientovaný graf je takový, kde incidence přiřazuje hraně neuspořádanou dvojici uzlů. Pokud incidence přiřazuje hranám uspořádané dvojice uzlů, jedná se o orientovaný graf.

Cílem lokalizace na grafech je najít nejvhodnější umístění jednoho nebo více nových objektů v grafu vzhledem k daným stávajícím objektům v uzlech grafu. Pokud je požadovaným kritériem pro nalezení nejvhodnějšího umístění v uzlech grafu vážená maximální vzdálenost, tak počítáme střed grafu. Hodnota tohoto kritéria se nazývá poloměr grafu. V případě, že kritériem je vážený součet vzdáleností, hledáme medián grafu.

Vnitřní a vnější střed:

$$\min_{u_i} \max_{u_j} [v_j d(u_i, u_j)]$$

$$\min_{u_i} \max_{u_j} [v_j d(u_j, u_i)].$$

Vnitřní a vnější medián:

$$\min_{u_i} \sum_{u_j} v_j d(u_i, u_j)$$

$$\min_{u_i} \sum_{u_j} v_j d(u_j, u_i).$$

$u_i$  ... uzel  $i$

$u_j$  ... uzel  $j$

$d$  ... vzdálenost mezi dvěma uzly

$v_j$  ... váha uzlu

Jestliže se nový objekt může nacházet nejen v uzlu, ale také na hraně grafu počítáme absolutní střed grafu, respektive absolutní medián grafu.

Absolutní střed grafu:

$$\min_{h_k} \max_{u_i} [v_i d(y_k, u_i)]$$

$$\min_{h_k} \min_{\xi} \max_{u_i} v_i \min[d_1; d_2]$$

$$d_1 = \xi + d(u_{k1}, u_i)$$

$$d_2 = d(u_{k2}, u_i) + d(u_{k1}, u_{k2}) - \xi$$

$y_k$  ... bod umístěný na hraně  $k$

$h_k$  ... hrana  $k$

$\xi$  ... délka od bodu  $y_k$  k uzlu

Absolutní medián grafu je totožný s mediánem grafu. Pro hledání více nových objektů v uzlech grafu slouží násobný střed grafu a násobný medián grafu.

$$d(U_r, u_i) = \min_{u_j \in U_r} [d(u_j, u_i)]$$

$$\min_{U_r} \max_{u_j} [v_j d(U_r, u_j)]$$

$$\min_{U_r} \max_{u_j} [v_j d(u_j, U_r)]$$

$U_r$  ... podmnožina  $U$  o  $r$  uzlech

Při výpočtu násobného středu grafu lze řešit dva typy úloh:

- zvolíme  $r$  a hledáme  $U_r$  minimalizující poloměr grafu;
- hledáme minimální  $r$  a jemu odpovídající  $U_r$ , tak aby poloměr grafu nepřesáhl zvolenou hodnotu.

$$\min_{U_r} \sum_{u_j} v_j d(U_r, u_j)$$

$$\min_{U_r} \sum_{u_j} v_j d(u_j, U_r)$$

I pro výpočet násobného mediánu grafu lze řešit dva typy úloh:

- zvolíme  $r$  a hledáme  $U_r$  minimalizující hodnotu kritéria;
- hledáme minimální  $r$  a jemu odpovídající  $U_r$ , tak aby hodnota kritéria nepřesáhla zvolenou hodnotu.

Pro vyřešení těchto úloh je potřeba prozkoumat všechny možnosti  $U_r$ . Jedná se o kombinatorickou úlohu, která je řešitelná pouze pro malý počet uzlů. V praxi se používají přibližné metody. [5]

---

## Praktická část

První polovina praktické části je věnována ukázkám jednotlivých modelů uvedených v teoretické části. Ke každému z těchto modelů je nasimulován příklad a vysvětlen postup řešení. Ve zbývající části jsou pak lokalizační modely aplikovány na současnou situaci ve firmě IN TIME SPEDICE, spol. s r.o. (dále jen IN TIME).

### 6.1 Praktické ukázky použití lokalizačních modelů

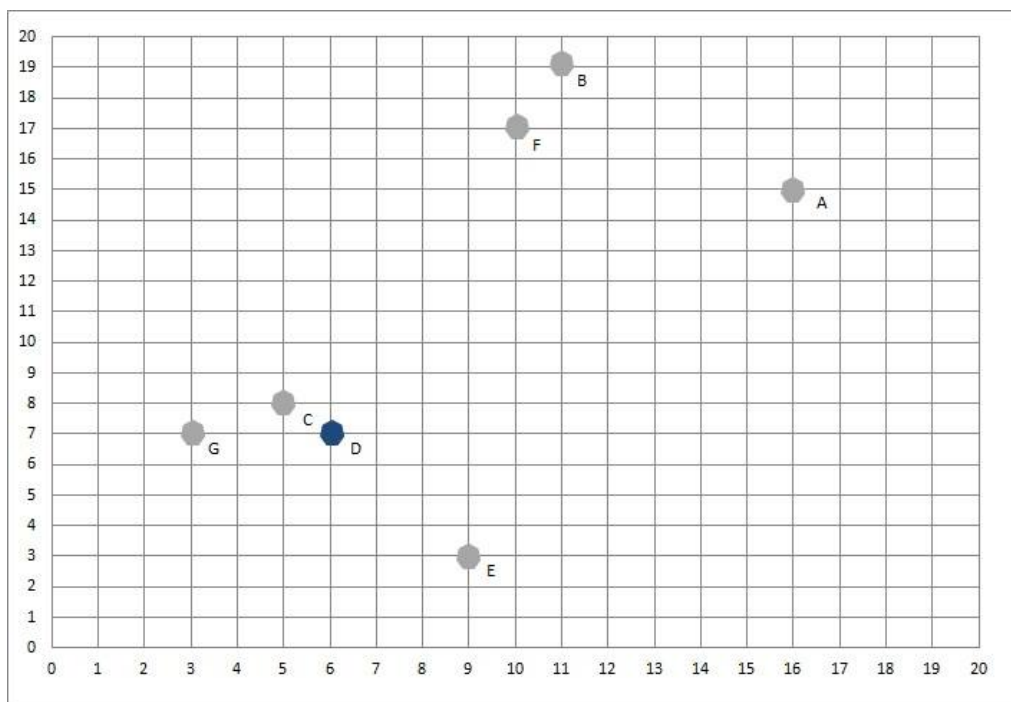
Každý z lokalizačních modelů, uvedených v teoretické části, má svůj specifický postup a je vhodný na použití různých typů úloh. V této kapitole jsou ukázky postupu na náhodně vygenerovaných hodnotách pro každý z modelů.

U každého příkladu jsem určil interval, z kterého se náhodně přiřadily souřadnice i jednotlivé přepravní náklady. Pro vygenerování jednotlivých čísel bylo využito funkce `RANDBETWEEN` v programu Microsoft Excel 2013. Veškeré výpočty jsou uloženy jako excelové tabulky na příloženém CD.

#### 6.1.1 Příklad 1

První model ukazuje použití vzdálenosti měřené po pravoúhlých souřadnicích. Tento model se využívá převážně ve městech, kde je z větší části městská silniční síť tvořena v pravoúhlých souřadnicích. Dalším použitím může být například rozmístění strojů ve skladu.

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST



Obrázek 6.1: Příklad 1 - mapa

Je zadáno sedm objektů o souřadnicích  $x$  a  $y$ , které jsou náhodně vygenerované z intervalu  $\langle 0;20 \rangle$ . Ke každému z objektů je přiřazen náhodný počet dopravních prostředků, které se k danému objektu vztahují  $\langle 10;50 \rangle$ . Typickým příkladem jsou například taxíky parkující u hotelů nebo rozvážkové automobily vázané na sklady distribuční společnosti. Úkolem je najít optimální centrální místo, které by ke každému z objektů přistavovalo vozidla co nejrychleji.

Nejprve je potřeba jednotlivé souřadnice seřadit vzestupně a ke každé ze souřadnic zvlášť přiřadit počet dopravních prostředků. Dalším krokem je vytvoření sloupce kumulovaného počtu dopravních prostředků. Nakonec vypočítám hodnotu  $p$ , což je polovina z celkového součtu všech vozidel. Optimálními souřadnicemi jsou hodnoty, u kterých došlo jako první k překročení vypočtené hodnoty  $p$ .

$$p = 0,5 * \sum_j w_j = 0,5 * 199 = 99,5$$

Souřadnice, u kterých došlo k překročení hodnoty  $p$ , jsou  $x=9$  a  $y=7$  (viz tabulka 6.1). Nejblíže k těmto souřadnicím je objekt D, který tedy bude po



## 6.1. Praktické ukázky použití lokalizačních modelů

Objekt	$x_i$	Počet	Kumulovaně	Objekt	$y_i$	Počet	Kumulovaně
G	3	17	17	E	3	49	49
C	5	23	40	G	7	17	66
D	6	40	80	D	7	40	<b>106</b>
E	<b>9</b>	49	<b>129</b>	C	8	23	129
F	10	33	162	A	15	10	139
B	11	27	189	F	17	33	172
A	16	10	199	B	19	27	199

Tabulka 6.1: Příklad 1 - lokalizace centrálního místa

rozšíření novým centrálním místem (obrázek 6.1). Tento lokalizační model je velice jednoduchý, snadný na výpočet a lehce pochopitelný. Hlavní nevýhodou je omezení na pravoúhlovou síť, proto se používá pouze pro specifické lokalizační problémy.

### 6.1.2 Příklad 2

Máme zadány souřadnice deseti skladů  $\langle 0;20 \rangle$  a na základě statistik za posledních pět let také odhadovaný objem přepravy v tunách  $\langle 10;100 \rangle$ . Cílem této úlohy je lokalizovat vhodné umístění pro centrální sklad. Pro zjednodušení jsou přepravní sazby konstantní a tudíž hledám umístění centrálního skladu, kde je dosaženo minima součinu přepravního množství a jednotlivých vypočtených vzdáleností.

Nejprve využijí model používající kvadratické vzdálenosti (tabulka 6.2). S tímto lokalizačním modelem se většinou začíná, jelikož je velice snadný na výpočet a lze tak rychle získat přibližné souřadnice optimálního umístění objektu.

Z vypočtených hodnot v tabulce získám první souřadnice pro umístění centrálního skladu.

$$x = \frac{\sum_{j=1}^n x_j * w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} = \frac{24800}{2695} = 9,2$$

$$y = \frac{\sum_{j=1}^n y_j * w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} = \frac{24750}{2695} = 9,18$$

Tyto souřadnice slouží jako výchozí pro využití modelu, který pracuje s přímou vzdáleností mezi dvěma body. Pomocí tohoto modelu lze dostat přesnější optimální souřadnice než v předchozím případě. Nejlépe využitelný je tento model pro leteckou dopravu, kde jsou cesty většinou přímé.

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST

Objekt	$x_i$	$y_i$	$w_i$	$x_i * w_i$	$y_i * w_i$	Náklady [Kč]
A	12	12	115	1 380	1 380	457,53
B	6	5	460	2 760	2 300	2 423,52
C	20	14	170	3 400	2 380	2 009,95
D	20	5	365	7 300	1 825	4 226,68
E	17	11	65	1 105	715	520,42
F	16	17	200	3 200	3 400	2 071,76
G	4	17	410	1 640	6 970	3 849,60
H	6	17	130	780	2 210	1 098,09
I	2	2	445	890	890	4 526,71
J	7	8	335	2 345	2 680	2 094,05
			2 695	24 800	24 750	23 277,30

Tabulka 6.2: Příklad 2 - lokalizace pomocí kvadratické vzdálenosti

Nejprve zvolím  $\epsilon = 10$  a výpočet ukončím, jakmile náklady poklesnou o méně než deset jednotek. Výchozí souřadnice jsou  $x=9,2$  a  $y=9,18$  s náklady 23 277 Kč.

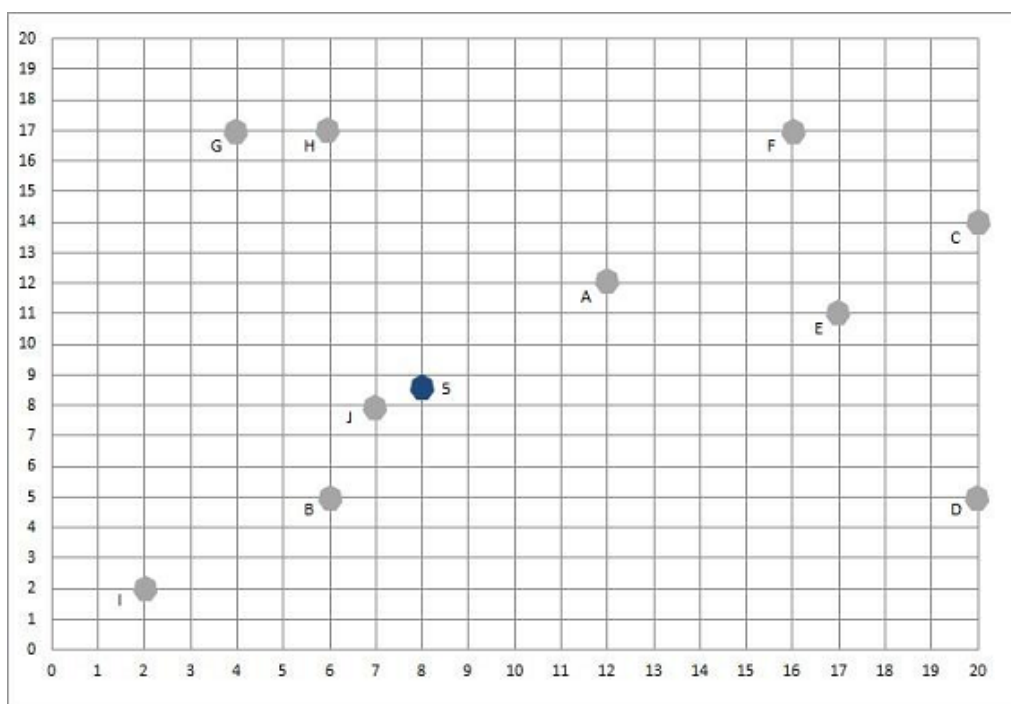
Iterace	$x$	$y$	Náklady [Kč]	$\Delta N$ [Kč]
0	9,20	9,18	23 277,3	
1	8,46	8,86	21 701,1	1576,2
2	8,17	8,65	21 582,8	118,3
3	8,07	8,55	21 535,8	47,0
4	8,02	8,50	21 516,4	19,4
5	<b>8,00</b>	<b>8,48</b>	<b>21 508,3</b>	<b>8,1</b>

Tabulka 6.3: Příklad 2 - přehled iterací

V první iteraci se souřadnice změnily na  $x=8,46$  a  $y=8,86$  s poklesem nákladů o 1 576 Kč (viz tabulka 6.3). Jelikož náklady v páté iteraci poklesly o méně než deset jednotek, ukončím výpočet a centrální sklad umístím na souřadnice  $x=8$  a  $y=8,48$  (obrázek 6.2).

### 6.1.3 Příklad 3

Tento příklad je rozšířením předchozího příkladu. Předpokládejme, že vypočtené souřadnice centrálního skladu  $x=8$  a  $y=8,48$  nevyhovují. Důvodem mohou být například nevyhovující podmínky v okolí nebo umístění



Obrázek 6.2: Příklad 2 - mapa

v chráněné krajinné oblasti. Proto je potřeba se poohlédnout po nových souřadnicích při podobných nákladech.

Náklady pro centrální sklad umístěný na souřadnicích  $x=8$  a  $y=8,48$  jsou 21 508,3 Kč. Společnost je ochotna akceptovat maximální náklady do výše 22 000 Kč. Náklady pro nové umístění tedy mohou vzrůst nejvýše o 491,74 Kč. Pomocí několika zjištěných krajních bodů vymezím okolo optimálních souřadnic izonákladovou čáru, tedy oblast s náklady do maximální výše 22 000 Kč.

Nalezl jsem osm krajních bodů oblasti s přímými náklady do 22 000 Kč (viz tabulka 6.4). Ve vyznačené oblasti lze libovolně vybrat nové umístění centrálního skladu tak, že nepřekročíme stanovené maximum nákladů (obrázek 6.3).

#### 6.1.4 Příklad 4

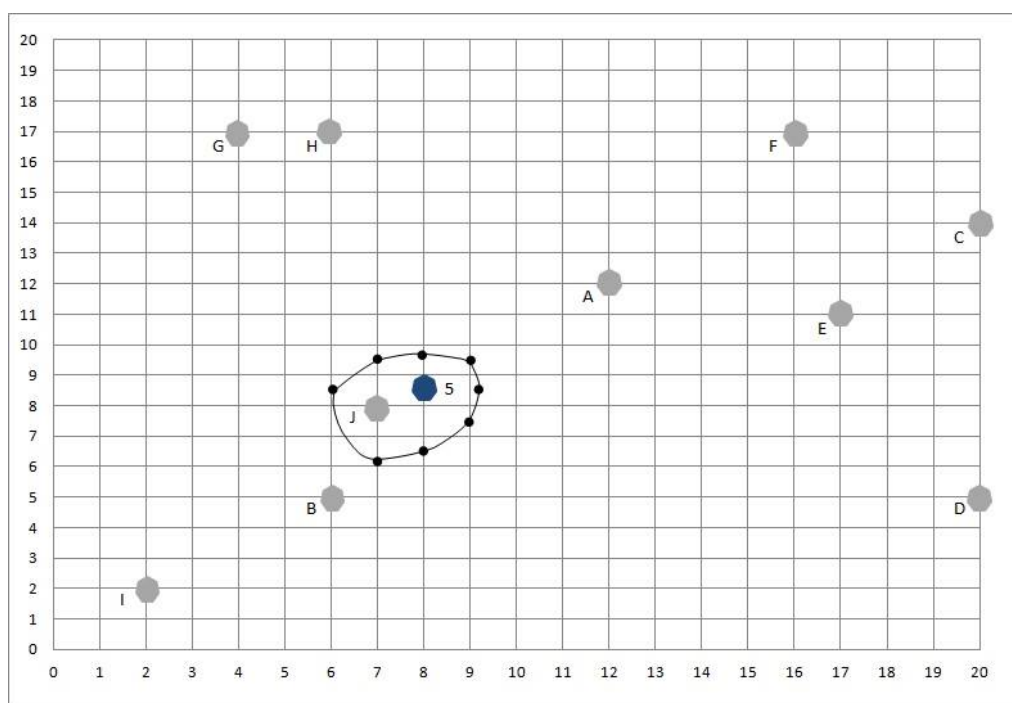
Jsou zadány souřadnice dvanácti zásobovaných míst  $\langle 0;10 \rangle$  a ke každému z nich počet dovážených palet z centrálního skladu  $\langle 100;1000 \rangle$ . Přepravní sazby jsou konstantní.

Nejprve vypočítám optimální souřadnice jednoho objektu pro všechna

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST

$x = 8$	9	10	<b>9,89</b>	8	7	<b>6,48</b>
$N$	21 637	22 053	<b>21 999</b>	21 478	21 733	<b>21 996</b>
$y = 8,48$	9	10	<b>9,3</b>	7	6	<b>6,06</b>
$N$	21 858	22 374	<b>21 997</b>	21 452	22 042	<b>21 994</b>
$x = 9$	9	10	<b>9,41</b>	8	7	<b>7,45</b>
$N$	21 909	22 196	<b>22 000</b>	21 881	22 168	<b>21 999</b>
$x = 7$	9	10	<b>9,62</b>	8	7	<b>6,18</b>
$N$	21 685	22 204	<b>21 996</b>	21 261	21 612	<b>22 000</b>

Tabulka 6.4: Příklad 3 - krajní body oblasti



Obrázek 6.3: Příklad 3 - mapa

zásobovaná místa. Pro jednodušší práci využijí modelu s kvadratickými vzdálenostmi. Výsledné souřadnice jednoho objektu pro zásobovaná místa A-L jsou  $x=5,86$  a  $y=5,73$  (viz tabulka 6.5).

Nyní najdu nejvzdálenější místo od vypočteného objektu a spojím tyto dva objekty čarou. Nejvzdálenějším zásobovaným místem od vypočtených souřadnic je objekt K. Na polovině úsečky umístím první objekt (4,63;3,37) a zrcadlově pak objekt druhý (7,08;8,1). Pro každé zásobované místo vypo-

## 6.1. Praktické ukázky použití lokalizačních modelů

Objekt	$x_i$	$y_i$	$w_i$	$x_i * w_i$	$y_i * w_i$	Náklady [Kč]
A	7,5	9	1636	12270,0	14724,0	5986,64
B	2,1	5,3	658	1381,8	3487,4	2423,52
C	9,7	6,8	200	1940,0	1360,0	797,90
D	9,6	8,8	946	9081,6	8324,8	2579,60
E	9	6,8	552	4968,0	3753,6	1832,87
F	3,4	1,4	514	1747,6	719,6	2559,07
G	4,2	7,6	938	3939,6	7128,8	2342,95
H	5,7	8,2	936	5335,2	7675,2	2316,08
I	8,5	3,0	262	2227,0	786,0	995,72
J	7,2	5,4	325	2340,0	1755,0	449,65
K	3,4	1,0	1484	5045,6	1484,0	7910,18
L	5,0	2,7	914	4570,0	2467,8	2878,39
			9365	54846,4	53666,2	35137,04

Tabulka 6.5: Příklad 4 - lokalizace pomocí kvadratické vzdálenosti

čítám součin požadovaného množství a přímé vzdálenosti vzhledem k oběma novým místům a rozdělím tak zásobovaná místa na dvě oblasti (tabulka 6.6 a obrázek 6.4).

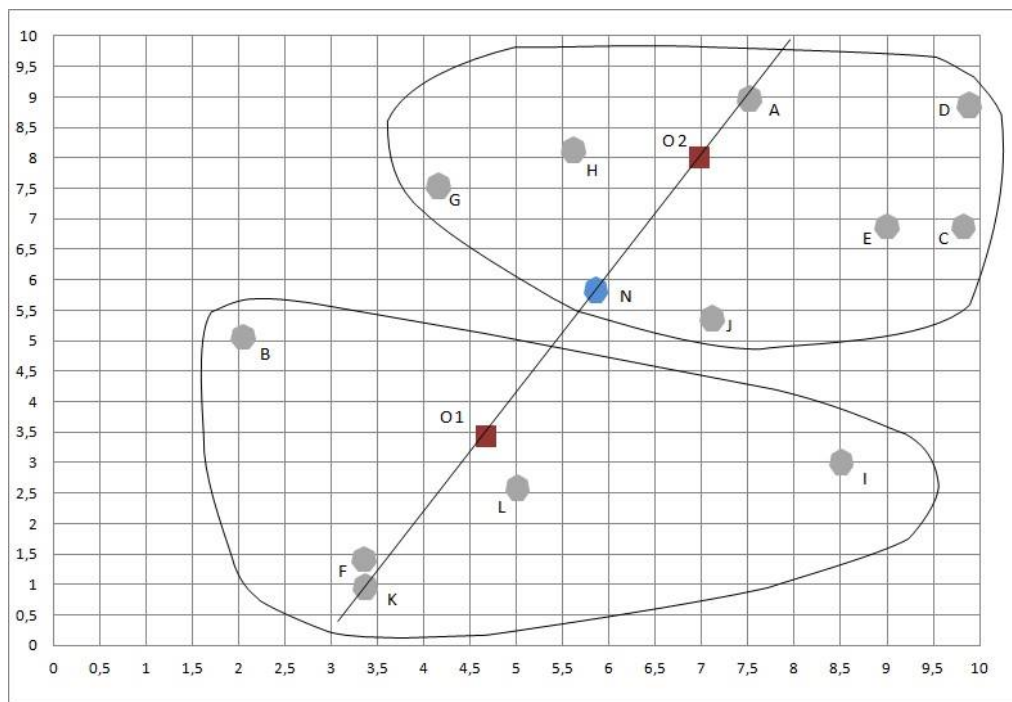
Objekt	$d_1 * w_{ij}$	$d_2 * w_{ij}$
A	65 435,47	<b>1 619,71</b>
B	<b>6 669,07</b>	21 493,21
C	7 504,00	<b>1 703,66</b>
D	51 324,87	<b>6 453,81</b>
E	17 062,07	<b>2 951,55</b>
F	<b>2 760,62</b>	30 023,21
G	16 993,27	<b>8 036,61</b>
H	22 953,89	<b>1 805,10</b>
I	<b>3 962,42</b>	7 328,03
J	3 495,06	<b>2 366,13</b>
K	<b>10 540,94</b>	94 868,46
L	<b>530,81</b>	30 583,00

Tabulka 6.6: Příklad 4 - rozdělení do nových oblastí

Pro nové oblasti opět vypočítám souřadnice centrálního skladu. Souřadnice pro zásobovaná místa B, F, I, K, L jsou  $x=3,91$  a  $y=2,33$ . Pro objekty A, C, D, E, G, H, J jsou to souřadnice  $x=7,21$  a  $y=8,08$ . V dělení lze dále

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST

pokračovat stejným principem. Pokud bychom například chtěli lokalizovat tři distribuční sklady, tak některou z oblastí opět rozdělíme na dvě nové a lokalizujeme souřadnice centrálních skladů nově vytvořených oblastí.



Obrázek 6.4: Příklad 4 - rozdělení oblastí

### 6.1.5 Příklad 5

Společnost má momentálně k dispozici devět zásobovaných míst a je potřeba najít vhodné umístění pro vybudování dvou distribučních center. Na výběr jsou čtyři navrhovaná umístění nových center a je potřeba vybrat dvě neoptimálnější z nich. U každého ze zásobovaných míst jsou známé souřadnice umístění  $\langle 0; 20 \rangle$  a požadavek na počet palet dovážených z distribučního centra  $\langle 100; 1000 \rangle$ . Opět pro jednodušší výpočet jsou přepravní sazby konstantní.

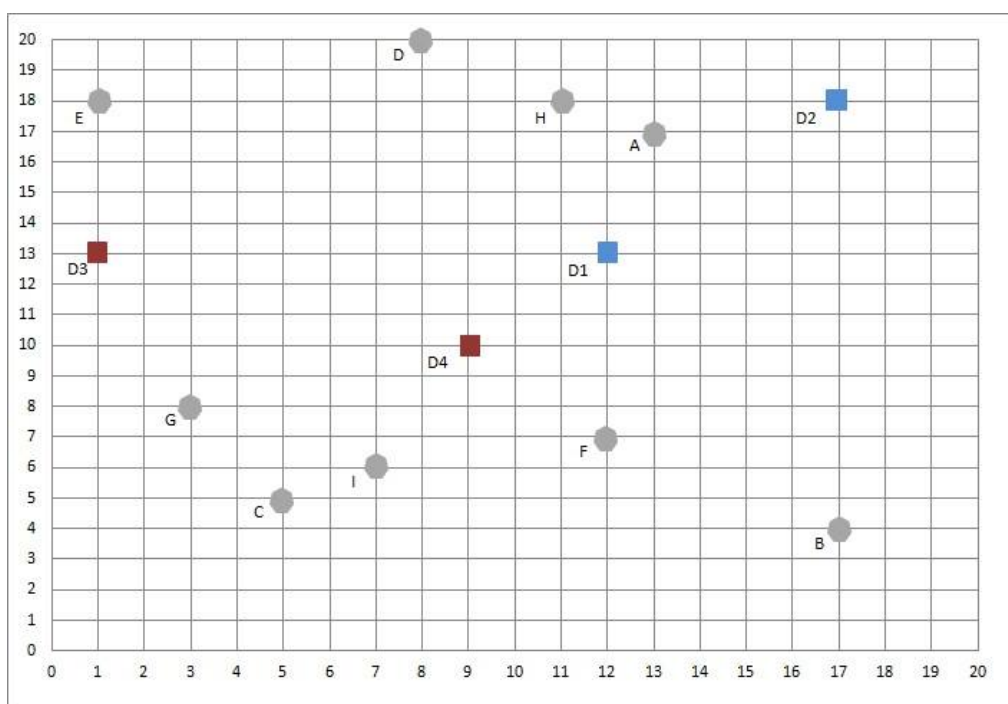
Nejprve ze zadaných souřadnic vypočítám jednotlivé vzdálenosti všech dvojic zásobovaných míst a distribučního centra (tabulka 6.7). Jelikož je potřeba vybrat dvě lokality ze čtyř možných, musím spočítat náklady pro všechny možné kombinace dvojic. Počet kombinací dvou míst ze čtyř je

$$\binom{4}{2} = \frac{4 * 3}{2} = 6.$$

## 6.1. Praktické ukázky použití lokalizačních modelů

Objekt	A	B	C	D	E	F	G	H	I
D1	4,12	10,30	10,60	8,06	12,08	6,00	10,30	5,10	8,60
D2	4,12	14,00	17,70	9,22	16,00	12,08	17,20	6,00	15,60
D3	12,65	18,36	8,94	9,90	5,00	12,53	5,39	11,20	9,22
D4	8,06	10,00	6,40	10,05	11,31	4,24	6,32	8,25	4,47
$w_i$	552	2 820	1 680	2 694	2 778	2 232	1 395	789	756

Tabulka 6.7: Příklad 5 - vzdálenosti objektů



Obrázek 6.5: Příklad 5 - mapa

U každé dvojice distribučních center vyberu nižší náklady a vypočítám celkovou sumu nákladů pro devět zásobovaných míst (viz tabulka 6.8). Ideální dvojice souřadnic pro dvě distribuční centra jsou lokality D3 a D4 (obrázek 6.5).

Lokalizace více objektů na diskretní množinu míst není pro menší počty složitou záležitostí k výpočtu. S rostoucím počtem objektů diskretní množiny ale roste i počet možných kombinací a především časová náročnost výpočtu.

Kombinace	Objekt 1	Objekt 2	Náklady [Kč]
1	D1	D2	142 735,6
2	D1	D3	113 376,5
3	D1	D4	120 078,8
4	D2	D3	141 695,4
5	D2	D4	123 907,4
<b>6</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>110 835,9</b>

Tabulka 6.8: Příklad 5 - přehled kombinací distribučních center

## 6.2 Představení firmy IN TIME

Společnost IN TIME byla založena v roce 1990 jako první česká soukromá kurýrní a spediční služba. V roce 2002 společnost v rámci zlepšení servisu pro své zákazníky expandovala do Slovenské republiky, kde zřídila dceřinou společnost PROFI KURIER.

V současnosti je firma absolutním lídrem na trhu v oblasti B2C. Na trhu B2B stále upevňuje svou pozici. V nabídce je ucelená škála logistických služeb, především expresní zásilky z domu do domu pro podniky i soukromé adresy. Cílem společnosti IN TIME je "doručení přesně na míru požadavkům zákazníka, stylem, který mu pomůže kvalitativně se odlišit a tím předstihnout konkurenci".

IN TIME zajišťuje distribuci zásilek z dep v Praze, Brně, Ostravě, Hradci Králové, Českých Budějovicích, Plzni, Ústí nad Labem, Liberci, Olomouci, Karlových Varech, Zlíně a Humpolci. Technologie třídění zásilek je automatizovaná pomocí čárových kódů. Společnost umožňuje také elektronický monitoring průběhu přepravy. [11]

## 6.3 Popis situace ve firmě IN TIME

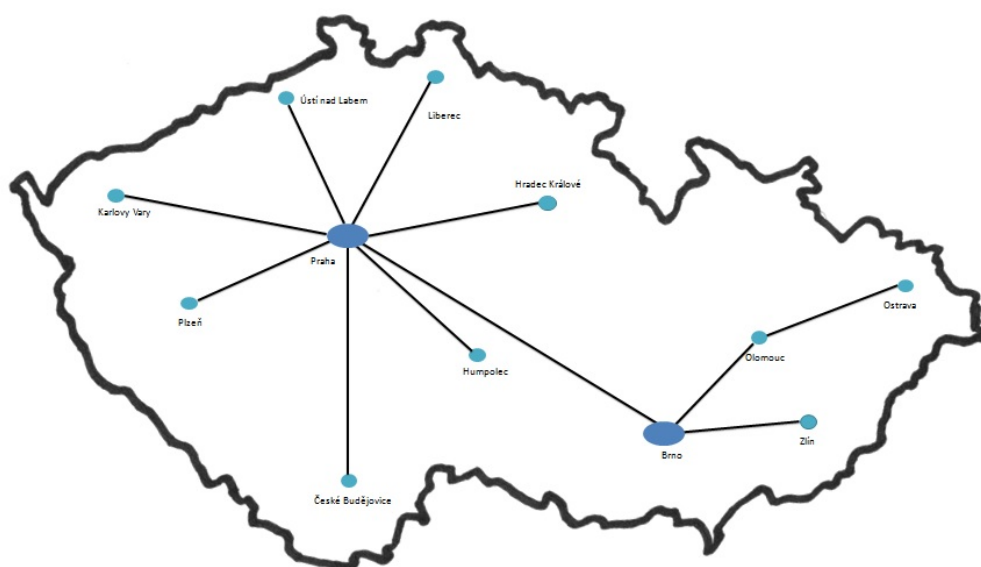
V současnosti má společnost IN TIME na území České republiky k dispozici celkem dvanáct dep. Depa v Praze a Brně jsou hlavními depy. Okolní depa jsou umístěna v Karlových Varech, Ústí nad Labem, Liberci, Českých Budějovicích, Plzni, Hradci Králové, Humpolci, Zlíně, Ostravě a Olomouci. GPS souřadnice a adresy jednotlivých skladů jsou v tabulce 6.9.

Podané zásilky jsou dovezeny na depa v daném kraji. Pokud je zásilka určena na místo, kde se zrovna nachází, tak na depu zůstává. V opačném případě se převáží buď na depo v Praze nebo na depo v Brně. Do pražského depa se svázejí zásilky z dep v Karlových Varech, Ústí nad Labem, Liberci,



Město	GPS
Praha	50°10'38.260"N, 14°26'44.201"E
České Budějovice	48°59'43.040"N, 14°27'36.210"E
Plzeň	49°43'52.520"N, 13°21'24.900"E
Karlovy Vary	50°14'40.369"N, 12°50'08.492"E
Liberec	50°46'43.403"N, 15°02'42.019"E
Hradec Králové	50°13'10.620"N, 15°47'24.980"E
Ústí nad Labem	50°41'03.255"N, 13°55'18.031"E
Brno	49°09'38.590"N, 16°41'59.950"E
Olomouc	49°35'06.606"N, 17°17'18.288"E
Ostrava	49°49'58.145"N, 18°14'37.519"E
Humpolec	49°33'47.765"N, 15°20'16.135"E
Zlín	49°15'09.834"N, 17°48'00.670"E

Tabulka 6.9: GPS souřadnice jednotlivých dep



Obrázek 6.6: Propojení jednotlivých dep

Českých Budějovic, Plzni, Hradci Králové a Humpolci. Do depa v Brně se svážejí zásilky z dep ve Zlíně, Ostravě a Olomouci. Na trase mezi Ostravou a Brnem je zastávka v Olomouci, kde probíhá vyložení zásilek určených pro olomoucké depo a následná nakládka. Přehled jednotlivých propojení dep je na obrázku 6.6.

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST

---

Firma IN TIME působí také na Slovensku. Zásilky ze Žiliny se převáží do depa v Ostravě. Z pražského centrálního depa je na Slovensko do spedice CEVA doručováno zboží společnosti Dell. Nákladní auta jezdí také trasy z Polska a Německa, ale tím se v této práci zabývat nebudu.

Depo	Centrální depo	Náklady [Kč]
České Budějovice	Praha	83 066
Plzeň	Praha	82 500
Karlovy Vary	Praha	56 900
Liberec	Praha	42 000
Hradec Králové	Praha	57 952
Ústí nad Labem	Praha	68 000
Brno	Praha	139 136
Humpolec	Praha	30 720
Ostrava	Brno	61 250
Zlín	Brno	45 480
SK-CEVA	Praha	326 495
SK-Žilina	Ostrava	10 972

Tabulka 6.10: Náklady za přepravu mezi depy

Od společnosti IN TIME byly pro jednotlivé trasy mezi depy poskytnuty měsíční náklady (viz tabulka 6.10). Poskytnutá data jsou zkrácená, tak aby se zabránilo případnému zneužití. Po přepočtení nákladů na jeden kilometr pro jednotlivá depa vycházejí různé částky. To je dáno odlišnými externími přepravci na jednotlivých trasách a různým počtem nákladních automobilů, která za měsíc mezi jednotlivými depy jezdí.

### 6.4 Výpočet řešení

Nejprve si potřebuji připravit data pro výpočty. Z jednotlivých nákladů na trasy mezi depy získám náklady na jeden kilometr tak, že celkové náklady za měsíc vydělím počtem kilometrů dané trasy. Skutečnou vzdálenost mezi jednotlivými depy zjistím pomocí webové aplikace Google Maps [8], přičemž z nabídky vyberu nejkratší možnou trasu. Získám tak hodnotu  $w$ , která vynásobením vzdálenosti mezi danými depy dá zpět velikost nákladů.

Jednotlivá umístění skladů jsou zadána v GPS souřadnicích. Pro lepší výpočet potřebuji souřadnice převést na formát v desítkové soustavě. K převodu souřadnic využiji webovou stránku [6], která umožňuje převod z GPS souřadnic do desítkové soustavy a naopak.

Depo	Souřadnice $x$	Souřadnice $y$	$w$ [Kč/km]
České Budějovice	48,995289	14,460058	509,6074
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211
Hradec Králové	50,219617	15,790272	517,4286
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062
Brno	49,160719	16,699986	618,3800
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816
SK-CEVA	48,187810	17,256360	896,9643

Tabulka 6.11: Upravená vstupní data

Z výpočtů vynechám depo v Olomouci, protože náklady jsou již započítány v trase Brno - Ostrava, jelikož je olomoucké depo součástí této trasy. Je nutné hlídat, aby trasa z Ostravy do centrálního depa vedla přes město Olomouc. Dále vynechám depo v Žilině na Slovensku, jelikož se jedná o trasu Žilina-Ostrava a s ostravským depem se hýbat nebude.

Zkoumat budu umístění hlavních dep v Praze a Brně. Vypočítám optimální lokalizaci pro obě hlavní depa a následně také pro každé z hlavních dep zvlášť. Pomocí modelu pro výpočet více skladových objektů rozdělím depa v České republice na dvě oblasti a výpočty zopakují i pro toto nové rozdělení.

Ideálně by se mělo měnit maximálně jedno hlavní depo, jelikož náklady na změnu obou dep by byly vysoké. Praha a Brno jako dvě největší města České republiky jsou zároveň nejfrekventovanějšími místy rozvozu zásilek. Je proto potřeba, aby depa byla umístěna v okolí měst Praha a Brno, tak aby rozvoz do těchto měst z hlavních skladů netrval dlouho. Varianty, kterými se budu zabývat, jsou následující:

- hledání dvou centrálních dep v současném rozdělení;
- hledání dvou centrálních dep v novém rozdělení;
- umístění pražského centrálního skladu při současném rozdělení;
- umístění brněnského centrálního skladu při současném rozdělení;
- umístění pražského centrálního skladu při novém rozdělení;

- umístění brněnského centrálního skladu při novém rozdělení.

Pro každou z těchto variant vypočítám pomocí lokalizačních modelů nové optimální souřadnice a porovnáám skutečné přepravní náklady nového a současného umístění.

### 6.4.1 Varianta 1

Nejprve vypočítám optimální souřadnice pro první variantu. Vynechám depa v Praze a Brně a počítám souřadnice nových centrálních dep pro obě oblasti. Do první oblasti navíc zařadím také spedici CEVA na Slovensku, která je kvůli podstatným nákladům také důležitá. Výchozí souřadnice spočítám pomocí modelu používajícího kvadratické vzdálenosti. Z těchto souřadnic dále iteruji s použitím přímých vzdáleností. Iterace ukončím jakmile se náklady sníží o méně než 5 jednotek.

Ve třetí iteraci dostávám pro první oblast souřadnice  $x=49,77$  a  $y=14,71$ . V druhé oblasti již počítám s vazbou na nově vzniklé depo. Souřadnice pro druhou oblast vycházejí  $x=49,61$  a  $y=16,71$ .

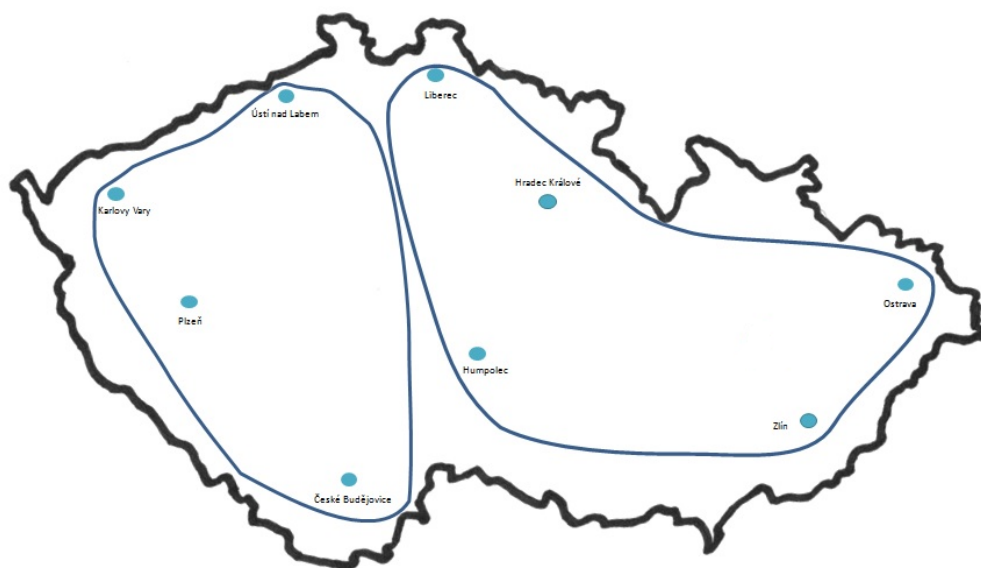
Umístění pro hlavní depo v oblasti jedna vychází na město Benešov. Na toto depo by měla být vázána depa v Ústí nad Labem, Liberci, Českých Budějovicích, Plzni, Karlových Varech, Humpolci a Hradci Králové. Centrální depo v druhé oblasti vychází souřadnicově na okolí města Velké Opatovice.

Skutečné náklady zjistím po převedení souřadnic do map a zjištění skutečného počtu kilometrů mezi danými depy. Skutečné náklady pro nově lokalizovaná centrální depa jsou 1 018 264 Kč. Současné náklady společnosti IN TIME jsou 993 499 Kč. Při novém umístění dep by tedy náklady byly o 24 765 Kč vyšší.

### 6.4.2 Varianta 2

Nejprve aplikuji model pro lokalizaci dvou centrálních skladů. Z výčtu skladů vynechám centrální sklady v Praze a Brně a rozdělím tak zbývající depa v České republice na dvě oblasti. První oblast obsahuje depa v Českých Budějovicích, Plzni, Ústí nad Labem a Karlových Varech. Do druhé oblasti patří depa v Ostravě, Zlíně, Hradci Králové a Humpolci. Depo v Liberci zařadíme také do oblasti dvě, ovšem rozdíl mezi náklady pro obě oblasti je pouze 178 Kč. Rozdělení do nových oblastí je na obrázku 6.7.

Nejprve opět spočítám umístění centrálního depa pro oblast jedna. Postup je stejný jako v předchozím případě. Souřadnice pro oblast jedna vychází  $x=49,61$  a  $y=14,39$ . Umístění pro centrální depo v druhé oblasti je na souřadnicích  $x=49,89$  a  $y=15,91$ .



Obrázek 6.7: Rozdělení dep do nových oblastí

Vypočítané souřadnice pro první oblast odpovídají lokalizaci v obci Počepice. Druhá oblast by pak podle souřadnic měla mít centrální depo umístěné v obci Chrast, která se nachází u města Chrudim. Skutečné náklady pro tuto variantu přerozdělení jsou 1 037 375 Kč. Náklady jsou opět větší než současné náklady společnosti IN TIME.

Tato varianta finančně vychází dokonce hůř než předchozí varianta. Vyšší náklady jsou především proto, že nová umístění centrálních dep nejsou poblíž žádného většího města, a tak je doprava do těchto míst složitější. Hledání optimálních souřadnic obou centrálních dep zároveň nepřineslo ušetření nákladů. Je tedy potřeba se podívat na umístění jednotlivých centrálních dep zvlášť.

### 6.4.3 Varianta 3

Ve třetí variantě ponechám depo v Brně a budu hledat optimální umístění pouze pro centrální sklad, který se v současnosti nachází v Praze. Hledám tedy souřadnice pro centrální depo s vazbami na všechna depa spojená s Prahou, včetně brněnského. Ve druhé iteraci klesá rozdíl nákladů pod 5 jednotek a dostáváme souřadnice  $x=49,68$  a  $y=14,99$ . Umístění centrálního depa odpovídá souřadnicím v okolí obce Zdislavice.

Skutečné náklady pro souřadnice centrálního depa jsou 870 633 Kč.

Náklady společnosti IN TIME jsou 886 769 Kč. Tato varianta tedy vychází o 16 136 Kč lépe než je současná situace rozmístění dep.

### 6.4.4 Varianta 4

V této variantě budu počítat nové souřadnice pro depo, které je momentálně umístěné v Brně. Zkoumám tedy vazby pouze s depy v Ostravě, Zlíně a Praze. Třetí iterací dostávám výsledné souřadnice  $x=49,76$  a  $y=16,63$ . Umístění nového depa spadá do obce Moravská Třebová.

Náklady, které v současnosti na tyto trasy vydává společnost IN TIME, jsou 245 866 Kč. Po přepočtení přímých vzdáleností této varianty na skutečné pak dostáváme náklady 237 626 Kč. I v této variantě se tedy náklady snižují, konkrétně o 8 240 Kč.

### 6.4.5 Varianta 5

Nyní aplikuji lokalizační model na získání optimálních souřadnic hlavního depa pro oblast jedna. Zkoumám tedy umístění pro nový skladový objekt s vazbami na depa v Českých Budějovicích, Karlových Varech, Plzni, Ústí nad Labem a Brně. Do této oblasti, je stejně jako v předchozích variantách, zahrnutá trasa mezi hlavním depem a spedicí CEVA na Slovensku. Souřadnice, které získám po třetí iteraci, jsou  $x=49,5$  a  $y=14,81$ . Tyto souřadnice odpovídají oblasti v okolí města Tábor.

Po přepočtení vzdáleností na skutečné kilometry vycházejí náklady pro tuto oblast 754 326 Kč. Současné náklady pro tuto oblast jsou 756 097 Kč. K tomu je potřeba započítat také náklady za druhou oblast, kde je potřeba přepočítat nové trasy z Humpolce, Liberce a Hradce Králové. Ty vycházejí o 83 770 Kč více, než jsou v současnosti. Bylo by proto potřeba přepočítat souřadnice také pro brněnské depo.

Při výpočtu souřadnic hlavního depa oblasti dvě vyjde umístění na obec Skuteč u města Chrudim. Náklady v tomto případě vycházejí o 24 181 Kč lépe. Problémem je, že nově umístěná depa jsou daleko od Prahy a Brna. Proto by bylo potřeba vytvořit ještě další depa poblíž těchto měst, což by podstatně zvýšilo náklady. Tuto variantu tedy zavrhuji.

### 6.4.6 Varianta 6

V poslední variantě spočítám nejprve souřadnice hlavního depa pro oblast dvě. Vazby na nové depo jsou tedy z měst Praha, Liberec, Humpolec, Hradec Králové, Zlín a Ostrava. Nové umístění pro druhou oblast vychází na

okolí města Pardubice ( $x=50,03$  a  $y=15,91$ ). Převážné náklady pro umístění depa na daných souřadnicích jsou 345 293 Kč. Současné náklady pro daná depa jsou 376 538 Kč, tedy o 31 245 Kč více. Bylo by opět potřeba započítat také trasu od nového depa do okolí Brna, kde je depo nutné. Tím by náklady vzrostly na hodnotu, která je větší než současná, a proto zavrhuji i tuto variantu.

### 6.4.7 Hraniční oblasti pro výběr dep

V prvních dvou variantách vyšly náklady vyšší, než jsou náklady současného umístění centrálních skladů v Praze a Brně. Navíc by se muselo měnit umístění obou skladů, a proto tyto dvě varianty již nebudu dále zkoumat. Varianty pět a šest jsem zavrhl z důvodu velké vzdálenosti nově umístěných hlavních dep od těch současných. Zbývající dvě varianty vycházejí finančně lépe, než je současná situace společnosti IN TIME a dojezdová vzdálenost do Prahy, či Brna je podobná té současné. Určím tedy oblast, ze které bude možné vybírat nová umístění pro hlavní depa.

Nejprve budu vytvářet oblast výběru pro variantu tři. Souřadnice pro nové umístění depa vyšly  $x=49,68$  a  $y=14,99$  s náklady přímých vzdáleností 8 387 Kč. Maximální hranici nákladů zvolím 8 400 Kč a budu zkoumat hraniční body. Přehled zjištěných hraničních bodů je v tabulce 6.12. Z této oblasti tedy lze vybírat umístění nového skladu.

Bod	Souřadnice $x$	Souřadnice $y$
1	49,68	15,09
2	49,68	14,81
3	49,84	14,99
4	49,62	14,99
5	49,65	15,07
6	49,65	14,84
7	49,80	15,06
8	49,80	14,80

Tabulka 6.12: Hraniční body pro třetí variantu

To stejné udělám také u varianty čtyři, kde souřadnice nového centrálního skladu vyšly  $x=49,76$  a  $y=16,63$ . Náklady, s použitím přímých vzdáleností, zde vycházejí 2 577 Kč. Maximální náklady zvolím 2 600 Kč a opět najdu hraniční body oblasti pro výběr nového depa (viz tabulka 6.13).

Bod	Souřadnice $x$	Souřadnice $y$
1	49,76	18,08
2	49,76	16,52
3	49,94	16,63
4	49,45	16,63
5	49,50	16,60
6	49,50	18,08
7	50,00	17,80
8	50,00	16,72
9	49,18	17,00
10	50,09	17,00

Tabulka 6.13: Hraniční body pro čtvrtou variantu

### 6.4.8 Výběr v oblastech

Z každé oblasti (viz obrázky 6.8 a 6.9) vyberu čtyři větší obce, či města a spočítám, které umístění nejvíce sníží přepravní náklady. Vybranými městy z první hraniční oblasti jsou obce Vlašim, Zruč nad Sázavou, Divišov a Ostředeck.

Město	Náklady [Kč]
Vlašim	884 510
Zruč nad Sázavou	874 548
Divišov	876 309
Ostředeck	<b>869 926</b>

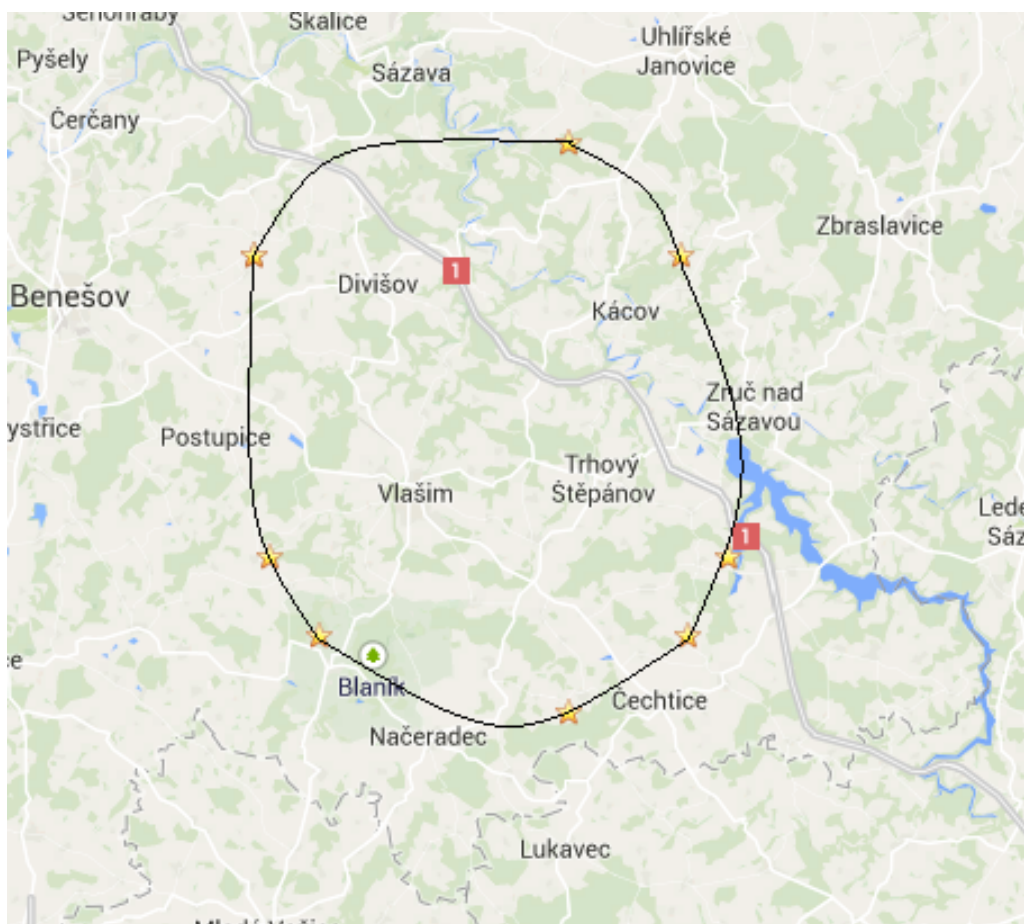
Tabulka 6.14: Náklady pro třetí variantu

Náklady nejlépe vycházejí pro obec Ostředeck (viz tabulka 6.14). Je to především proto, že se obec nachází v blízkosti dálnice D1 a má tak lepší dopravní dostupnost, než obce v okolí. Náklady za dopravu mezi depy by v případě přemístění centrálního depa do obce Ostředeck poklesly o 16 843 Kč. Uvažovat by se také dalo o depu ve městě Zruč nad Sázavou, kde náklady oproti současným poklesnou o 12 221 Kč.

V druhé oblasti vyberu také čtyři obce, u kterých vypočítám skutečné náklady a zjistím tak, které z umístění je nejvhodnější. Jedná se o obce Přerov, Zábřeh, Vyškov a Olomouc.

Náklady nejlépe vychází pro umístění v městě Olomouc (tabulka 6.15), kde již společnost IN TIME depo provozuje. Pokud by se depo mělo stát





Obrázek 6.8: Hraniční oblast 1 [8]

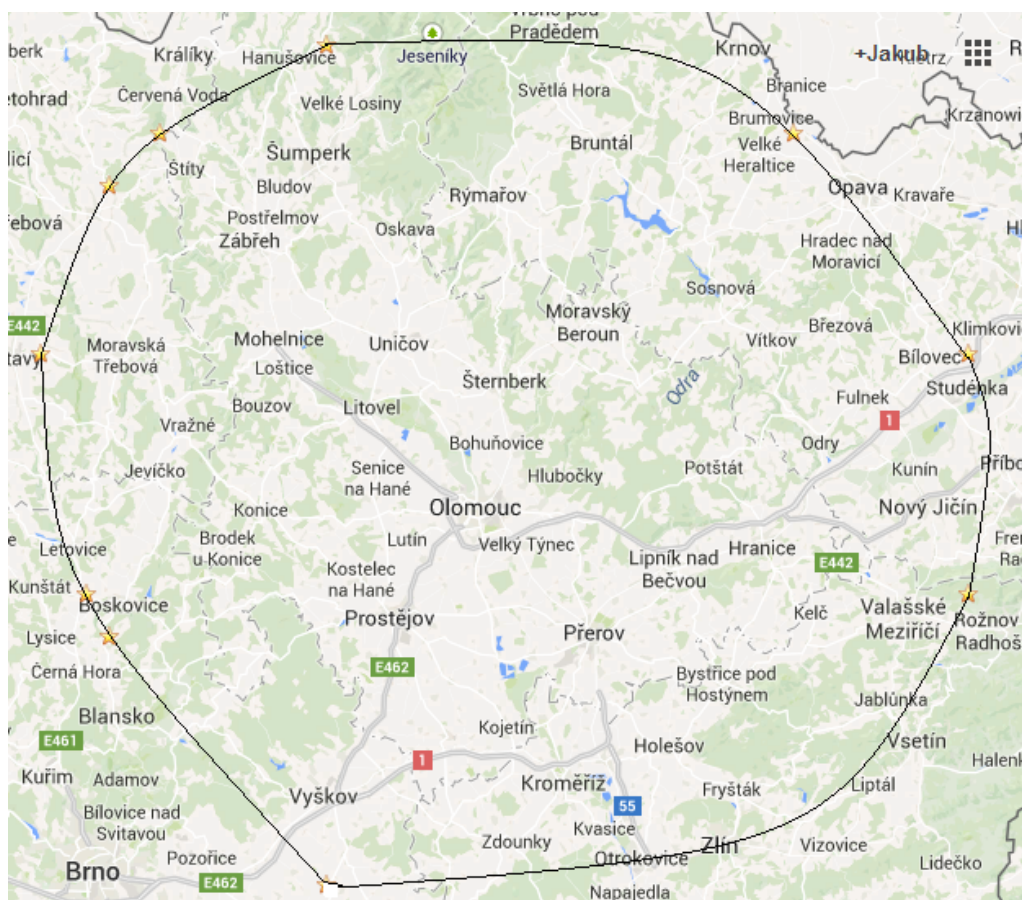
Město	Náklady [Kč]
Přerov	226 717
Olomouc	<b>224 012</b>
Zábřeh	247 809
Vyškov	239 445

Tabulka 6.15: Náklady pro čtvrtou variantu

centrálním, musela by se započítat také trasa Olomouc - Brno, která by náklady zvedla a dostaly by se tak na hodnotu podobnou té současné. Výhodou by sice bylo vynechání procesu hledání nového skladu v dané oblasti, ale ušetřené náklady by nebyly tak velké, aby se tato změna vyplatila.

Za pozornost stojí také obec Vyškov. Lokalizace v Olomouci či Přerově

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST



Obrázek 6.9: Hraniční oblast 2 [8]

vyšla sice lépe, ale jelikož jednou z podmínek je depo v blízkosti Brna, tak po započítání trasy z nového depa do Brna vychází nejlépe právě Vyškov. Umístění ve Vyškově oproti současnému umístění ve Šlapanicích u Brna vychází o 6 421 Kč lépe. Díky dobrému umístění obce Vyškov je dojezdový čas do centra Brna pouze o 10 minut delší než v současnosti.

### 6.5 Shrnutí

Pomocí lokalizačních modelů jsem vyzkoušel šest variant výpočtů. Možnosti, které jsem nevyločil pro realizaci, jsou varianty tři a čtyři. Lépe vychází varianta tři, tedy nové umístění pražského depa s ponecháním současných propojení.

Varianta tři navrhuje nové umístění centrálního skladu v obci Ostředek

nebo okolí (například město Zruč nad Sázavou). Náklady by se v tomto případě snížily o více než 12 000 Kč měsíčně za jednosměrné trasy, celkově tedy o více než 24 000 Kč za cesty mezi depy tam i zpět.

V úvahu lze brát také čtvrtou variantu, tedy umístění centrálního depa v oblasti města Vyškov. V tomto případě by společnost oproti současné situaci ušetřila na přepravních nákladech mezi depy 12 670 Kč za měsíc. K nově umístěným depům by se opět mohlo vypočítat lepší umístění druhého hlavního depa a daly by se tak ušetřit další náklady.

Varianta	Náklady [Kč]	Současné náklady [Kč]	Rozdíl [Kč]
1	1 018 264	993 499	-24 765
2	1 037 375	993 499	-43 876
3	870 633	886 769	16 136
4	237 626	245 866	8 240
5	754 326	756 097	1 771
6	345 293	376 538	31 245

Tabulka 6.16: Přehled nákladů jednotlivých variant

Současné rozdělení dep a jednotlivých tras společnosti IN TIME je logické a velice dobře uspořádané. Vzhledem k pravidlům stanoveným na začátku a se zaměřením na přepravní náklady mezi jednotlivými depy bych přesto doporučil lokalizaci hlavního skladu v oblasti varianty tři.

Konkrétně umístění hlavního depa v obci Ostředek nebo v jejím okolí by přepravní náklady do ostatních dep snížilo o více než 33 000 Kč. Obec se nachází v blízkosti dálnice D1, takže dojezdový čas do centra Prahy je pouze o deset minut delší než ze současné lokality.

Pokud by společnost uvažovala o změně umístění brněnského depa, tak bych doporučil lokalitu v okolí obce Vyškov. Umístěním v této lokalitě by se přepravní náklady snížily o 6 421 Kč. Dojezdová vzdálenost do Brna je srovnatelná se současným umístěním ve Šlapanicích.

Problémem použitých lokalizačních modelů je, že počítají s přímými vzdálenostmi. Ve skutečném světě je složitá dopravní infrastruktura, a proto se skutečné náklady od těch vypočítaných často liší. Přesto se povedlo najít umístění tak, aby náklady byly ještě nižší než v současnosti.

Použité lokalizační modely řeší problém pouze dopravních nákladů za přemísťování mezi jednotlivými skladovými objekty. Pro výběr vhodné lokality záleží samozřejmě také na spoustě dalších lokalizačních faktorů. Důležité je hlavně místo pro depo, tedy zda je v dané obci vhodný skladový objekt ke koupi, či pronájmu. Ve vybraných lokalitách jsou v současné době

## 6. PRAKTICKÁ ČÁST

---

k pronájmu vhodné skladové prostory (viz stránky [1] a [2]).

Dalo by se samozřejmě dosáhnout ještě nižších nákladů, k tomu ale lokalizační modely již nestačí a bylo by zapotřebí k vyřešení využít pokročilejší software. Při volbě vhodného umístění skladu je důležité brát v potaz nejenom náklady na přepravu mezi objekty, ale také vhodnou kapacitu, nájem nebo cenu depa.

---

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo podat souhrnné informace o lokalizaci skladových objektů a popsat jednotlivé matematické lokalizační modely. V druhé části práce ukázat na praktických příkladech způsob výpočtu pomocí jednotlivých lokalizačních modelů a nakonec tyto modely použít na posouzení optimálního umístění centrálního skladu společnosti IN TIME. Všechny tyto cíle se mi podařilo naplnit.

V první kapitole jsem popsal logistický řetězec a jeho podstatu. Dále je zde vysvětlen rozdíl mezi jednotlivými typy logistických řetězců. Druhá kapitola, týkající se skladů a skladování, obsahuje kromě popisu funkce a výhod procesu skladování, také rozdělení skladových objektů podle různých kritérií. Další podkapitoly jsem věnoval popisu jednotlivých operací či způsobům manipulace s výrobky.

Ve třetí kapitole jsem vysvětlil funkci a rozdělení zásob. Část kapitoly jsem věnoval nákladům, které jsou se zásobami úzce spojené. Tyto kapitoly poskytly obecný základ pro hlavní téma této práce, kterým je lokalizace objektů.

Ve čtvrté kapitole je vysvětlena funkce lokalizace objektů, včetně vývoje jednotlivých lokalizačních teorií. Dále následuje rozdělení lokalizačních faktorů a vysvětlení závislosti nákladů za dopravu i skladování na počtu lokalizovaných objektů. Nakonec jsem popsal různé způsoby distribučních cest.

V páté kapitole jsou teoreticky vysvětleny a popsány jednotlivé lokalizační modely, které jsem dále využíval při výpočtech. V praktické části jsem nejprve popsal a vysvětlil postup výpočtu pomocí jednotlivých matematických modelů lokalizace na konkrétních číslech. Nakonec jsem na současnou situaci rozdělení jednotlivých dep společnosti IN TIME aplikoval dané lokalizační modely a navrhl lepší umístění centrálního skladu z hlediska

přepravních nákladů.

Výsledná práce dává čtenáři celkový přehled o lokalizaci objektů a její důležitosti. Práce by dále měla ukázat možnosti nalezení optimálního umístění podle požadovaných kritérií. Hlavním výstupem je posouzení několika způsobů řešení vhodného umístění centrálního skladu společnosti IN TIME z hlediska přepravních nákladů, včetně doporučení umístění skladu do konkrétní lokality.

Při psaní práce jsem se dozvěděl mnoho nových informací o vhodné lokalizaci objektů a možnostech jejího výpočtu. Aplikoval jsem tyto vědomosti na konkrétní získaná data a zavedený systém a vyzkoušel si tak práci pro větší firmu v oblasti logistiky.

---

## Literatura

- [1] Pronájem skladu - Ostředek. [online], Naposledy navštíveno 10. 4. 2015. Dostupné z: <http://www.reality-benesov.cz/komerčni-prostory/sklad/?id=DWI42559JH-00204>
- [2] Pronájem skladu - Vyškov. [online], Naposledy navštíveno 10. 4. 2015. Dostupné z: <http://www.grandreality.cz/pronajem/komerčni-nemovitosti/okres-Vyskov/?stN=9>
- [3] Logistické řetězce. [online], Naposledy navštíveno 29. 11. 2014. Dostupné z: [www.utb.cz/file/34841\\_1\\_1/](http://www.utb.cz/file/34841_1_1/)
- [4] Lokalizační faktory. [online], Naposledy navštíveno 29. 11. 2014. Dostupné z: <http://mujweb.cz/krejska/7.htm>
- [5] Šafránek, J.: Lokalizace na grafech. [online], Naposledy navštíveno 4. 12. 2014. Dostupné z: <https://ekonom.feld.cvut.cz/web/images/stories/predmety/x16mam/prednasky/LokalizaceNaGrafech.pdf>
- [6] Bobson: Převod souřadnic. [online], Naposledy navštíveno 10. 4. 2015. Dostupné z: <http://www.bobson.cz/stranky/blog/11/prepocet.html>
- [7] Damborský, M.: Teorie lokalizace. [online], Naposledy navštíveno 29. 11. 2014. Dostupné z: <http://srsv.vse.cz/wp-content/uploads/2012/03/5RE326-milan-damborsky.pdf>
- [8] Google: Google maps. [online], Naposledy navštíveno 10. 4. 2015. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/>
- [9] Gros, I.: *Logistika*. Praha: VŠCHT, 1993, ISBN 8070802626.

## LITERATURA

---

- [10] Gros, I.: *Dodavatelské systémy: supply chain management*. Praha: Vysoká škola logistiky, 2012, ISBN 80-871-7920-X.
- [11] INTIME: Profil společnosti. [online], Naposledy navštíveno 10. 4. 2015. Dostupné z: [http://www.intime.cz/profil\\_spolecnosti](http://www.intime.cz/profil_spolecnosti)
- [12] Ortec: Cross-docking. [online], Naposledy navštíveno 4. 12. 2014. Dostupné z: [http://www.ortec.com/planning\\_dictionary/cross\\_docking.aspx](http://www.ortec.com/planning_dictionary/cross_docking.aspx)
- [13] Pernica, P.: *Logistický management*. Praha: Radix, 1998, ISBN 80-86031-13-6.
- [14] Polák, P.: Automatizace skladu. [online], Naposledy navštíveno 10. 4. 2015. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/automatizace-skladu.htm>
- [15] Štůsek, J.: *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha: C. H. Beck, první vydání, 2007, ISBN 80-717-9534-6.
- [16] Vaněček, D.: *Logistika: Úvod, řízení zásob a skladování*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2003.
- [17] Zmatlík, J.: Logistická funkce - skladování. [online], Naposledy navštíveno 29. 11. 2014. Dostupné z: [https://ekonom.feld.cvut.cz/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1075&Itemid=184](https://ekonom.feld.cvut.cz/web/index.php?option=com_content&task=view&id=1075&Itemid=184)



## Seznam použitých zkratk

**B2B** Business to Business

**B2C** Business to Customer

**GPS** Global Positioning System



## Výpočetní tabulky

K výpočtu jednotlivých souřadnic jsem využil software Microsoft Excel 2013. Do praktické části jsem nemohl vložit většinu výpočetních tabulek, jelikož by zabíraly mnoho místa. Nyní tedy jako přílohy zmíněné tabulky výpočtu v podobě screenshotů uvedu.

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
České Budějovice	48,995289	14,460058	609,607362	29867,88887772	8814,9578117	479,6007551172
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913	35676,77039247	9582,1360506	1063,1078213177
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062	42549,73120377	11687,332477	1138,0959210159
Hradec Králové	50,219617	15,790272	517,4286	25985,06611685	8170,3383346	564,9626567074
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513	12794,82206645	3959,4768814	132,7866406923
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211	19566,11340296	5797,1578761	428,8177892107
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461	20275,99098812	5179,7934474	838,9978313909
SK-CEVA	48,18781	17,25636	896,9643	43222,74526518	15478,338868	2551,2646873028
			4627,916262	229939,1283135	68669,531747	7197,634102755
<b>Přehled všech iterací</b>						
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů		
0	49,6852395973	14,8381102551	7197,6341028			
1	49,7583770003	14,7401571551	7145,2828799	52,3512228403		
2	49,7700881385	14,7175529436	7137,4497452	7,8331347311		
3	49,7722817739	14,7126693367	7135,9392001	1,5105451334		
	<b>Kilometry</b>	<b>Skutečné náklady</b>				
České Budějovice	105	64008,77301				
Plzeň	142	101869,5646				
Ústí nad Labem	144	120888,8928				
Hradec Králové	124	64161,1464				
Humpolec	75	19361,3475				
Liberec	154	59339,4494				
Karlovy Vary	183	73848,9363				
SK-CEVA	319	286131,6117				
		<b>789609,72171</b>				

Obrázek B.1: Výpočetní tabulky první varianty

## B. VÝPOČETNÍ TABULKY

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
Nové depa	49,7722817739	14,7126693367	618,38	30778,18360332	9098,0204644	1175,5414978804
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864	18841,11075948	6897,7156504	623,6087173108
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816	22857,28667093	8260,7387992	579,4163070685
			1460,548	72476,58103373	24256,474914	2378,5665222597
<b>Přehled všech iterací</b>						
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů		
0	49,622868289	16,6077903048	2378,5665223			
1	49,609566444	16,6823906461	2363,0593247	15,5071975963		
2	49,6076475754	16,706992908	2358,0759563	4,9833683772		
3	49,6070513103	16,7149608455	2356,4673357	1,6086206019		
	<b>Kilometry</b>	<b>Skutečné náklady</b>				
Nové depa	198	122439,24				
Ostrava	141	53310,1824				
Zlín	114	52905,3024				
		228654,7248				

Obrázek B.2: Výpočetní tabulky první varianty

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady	Vzdálenosti	
Ceské Budějovice	48,995289	14,460058	609,607362	29867,889	8814,9578117	651,54797187	1,1423321193	
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913	35676,77	9582,1360506	1150,4456145	2,5716980449	
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062	42549,731	11687,332477	1059,3409594	1,5922956676	
Hradec Králové	50,219617	15,790272	517,4286	25985,066	8170,3383346	459,04183765	0,7870524571	
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864	18841,111	6897,7156504	1247,6036066	10,888577121	
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513	12794,822	3959,4768814	141,63039832	0,3009984923	
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211	19566,113	5797,1578761	322,64813506	0,7011529014	
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816	22857,287	8260,7387992	1363,2464373	8,6289915402	
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461	20275,991	5179,7934474	859,99788385	4,5415955554	
			4573,119962	228414,78	68349,647328	7255,5028445		
Vypočtená souřadnice x	49,9472531612				<b>Vzdálenost 1</b>	<b>Vzdálenost 2</b>	<b>d1*w</b>	<b>d2*w</b>
Vypočtená souřadnice y	14,9459554738				5,3579306862	2,371022113	3266,2339914	1445,3925356
					10,509454981	0,0782296691	7539,3915712	56,121284034
Souřadnice 1	49,8900355806	16,594855237			7,7766484735	0,8522314223	6528,5446087	715,45356285
Souřadnice 2	50,0044707419	13,297055711			0,7559780971	6,2624153777	391,16468841	3240,3528215
					2,7221442803	24,499298523	1029,2057312	9262,851581
Oblast 1	Hradec, Ostrava, Humpolec, Zlín, Liberec				1,6869272089	4,3593583363	435,48245199	1125,3740217
Oblast 2	ČB, Plzeň, Ústí nad Labem, Karlovy Vary				3,1918010862	3,6547932772	1229,8683055	1408,2689659
					1,8589781024	20,843293539	862,71753211	9672,9890146
Souřadnice 1. oblasti	49,9455580495	16,51736787			14,256986588	0,2704930833	5753,3513354	109,15642883
Souřadnice 2. oblasti	49,9485743124	13,721214213						

Obrázek B.3: Tabulky rozdělení do nových oblastí

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
České Budějovice	48,995289	14,460058	609,607362	29867,88887772	8814,95781175	321,7915596342
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913	35676,77039247	9582,13605062	933,2432734311
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062	42549,73120377	11687,3324769	1165,9561046145
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461	20275,99098812	5179,7934474	787,1909317659
SK-CEVA	48,18781	17,25636	896,9643	43222,74526518	15478,3388679	2625,9671389759
			3467,015262	171593,1267273	50742,5586546	5834,1490084215

Přehled všech iterací				
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů
0	49,4930404859	14,6358048119	5834,1490084	
1	49,5722427378	14,4458196006	5687,6407413	146,5082670951
2	49,5980001446	14,4010173578	5660,9332298	26,707511485
3	49,6045289218	14,3902995621	5654,9516774	5,981552479
4	49,6061115371	14,3877347553	5653,5431151	1,4085622824

	Kilometry	Skutečné náklady
České Budějovice	80	48768,58896
Plzeň	113	81065,2169
Ústí nad Labem	177	148592,5974
Karlovy Vary	188	75866,6668
SK-CEVA	353	316628,3979
		670921,46796

Obrázek B.4: Výpočetní tabulky druhé varianty

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
Nové depo	49,6061115371	14,3877347553	618,38	30675,42725229	8897,08741799	1018,9728456441
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864	18841,11075948	6897,71565043	842,7511345804
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816	22857,28667093	8260,73879918	875,9155040299
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211	19566,11340296	5797,15787611	513,3455356299
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513	12794,82206645	3959,47688141	191,4361196895
Hradec	50,219617	15,790272	517,4286	25985,06611685	8170,33833458	217,0201887717
			2621,449	130719,826269	41982,5149597	3659,4413283455

Přehled všech iterací				
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů
0	49,8654851836	16,0150035189	3659,4413283	
1	49,8896031784	15,9326852221	3606,2979785	53,1433498626
2	49,8926182206	15,9135397071	3596,0210056	10,2769728399
3	49,8932061395	15,9092230924	3593,8100496	2,2109560061

	Kilometry	Skutečné náklady
Nové depo	150	92757
Ostrava	217	82044,7488
Zlín	194	90031,8304
Liberec	145	55871,5595
Humpolec	79	20393,9527
Hradec Králové	49	25354,0014
		366453,0928

Obrázek B.5: Výpočetní tabulky druhé varianty

## B. VÝPOČETNÍ TABULKY

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
České Budějovice	48,995289	14,460058	609,607362	29867,88887772	8814,95781175	528,4846624849
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913	35676,77039247	9582,13605062	1222,4835597529
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062	42549,73120377	11687,3324769	1304,7774195869
Hradec Králové	50,219617	15,790272	517,4286	25985,06611685	8170,33833458	488,7744746398
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513	12794,82206645	3959,47688141	73,9932488226
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211	19566,11340296	5797,15787611	445,191085962
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461	20275,99098812	5179,7934474	931,006653992
SK-CEVA	48,18781	17,25636	896,9643	43222,74526518	15478,3388679	2355,3881249585
Brno	49,160719	16,699986	618,38	30400,00541522	10326,9373427	1055,1708375807
			5246,296262	260339,1337287	78996,4690894	8405,2700677803
<b>Přehled všech iterací</b>						
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů		
0	49,6234144485	15,0575692154	8405,2700678			
1	49,6732597357	15,0072341719	8388,7875387	16,4825290366		
2	49,6809363048	14,9927147044	8386,6457923	2,1417464459		
<b>Kilometry</b>						
České Budějovice	103	62789,558286				
Plzeň	152	109043,4776				
Ústí nad Labem	161	135160,4982				
Hradec Králové	104	53812,5744				
Humpolec	43	11100,5059				
Liberec	153	58954,1283				
Karlovy Vary	201	81112,7661				
SK-CEVA	293	262810,5399				
Brno	155	95848,9				
		870632,948686				

Obrázek B.6: Výpočetní tabulky třetí varianty

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
Praha	50,177294	14,445611	618,38	31028,63506372	8932,87693018	1289,066449
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864	18841,11075948	6897,715650432	661,44602433
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816	22857,28667093	8260,738799178	655,91417614
			1460,548	72727,03249413	24091,33137979	2606,4266495
<b>Přehled všech iterací</b>						
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů		
0	49,7943460223	16,4947207348	2606,4266495			
1	49,7700105786	16,5875997553	2586,7182171	19,7084323488		
2	49,7635578361	16,6220354941	2579,6082526	7,1099645471		
3	49,7612601581	16,6344597566	2577,053447	2,5548056378		
<b>Kilometry</b>						
Praha	198	122439,24				
Ostrava	150	56712,96				
Zlín	126	58474,2816				
		237626,4816				

Obrázek B.7: Výpočetní tabulky čtvrté varianty

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
České Budějovice	48,995289	14,460058	609,607362	29867,88887772	8814,9578117	403,6962261734
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913	35676,77039247	9582,1360506	1160,2175922802
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062	42549,73120377	11687,332477	1352,4041842138
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461	20275,99098812	5179,7934474	911,851947991
SK-CEVA	48,18781	17,25636	896,9643	43222,74526518	15478,338868	2356,5139194458
Brno	49,160719	16,699986	618,38	30400,00541522	10326,937343	1097,1891324007
			4085,395262	201993,1321425	61069,495997	7281,8730025049
<b>Přehled všech iterací</b>						
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů		
0	49,4427391203	14,9482466398	7281,8730025			
1	49,4781607291	14,8484940907	7221,1783758	60,6946267345		
2	49,4916408813	14,8178928919	7205,1086617	16,0697140776		
3	49,4959603473	14,8083799368	7200,3832224	4,7254392526		
	<b>Kilometry</b>	<b>Skutečné náklady</b>				
České Budějovice	72	43891,730064				
Plzeň	133	95413,0429				
Ústí nad Labem	183	153629,6346				
Karlovy Vary	223	89990,7803				
SK-CEVA	301	269986,2543				
Brno	164	101414,32				
		754325,762164				

Obrázek B.8: Výpočetní tabulky páté varianty

Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	x*w	y*w	Náklady
Praha	50,177294	14,445611	618,38	31028,63506372	8932,8769302	985,0282836971
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864	18841,11075948	6897,7156504	839,8870521369
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816	22857,28667093	8260,7387992	892,3241410668
Hradec Králové	50,219617	15,790272	517,4286	25985,06611685	8170,3383346	167,6347164127
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513	12794,82206645	3959,4768814	211,0204762582
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211	19566,11340296	5797,1578761	483,364089277
			2621,449	131073,0340804	42018,304472	3579,2587588486
<b>Přehled všech iterací</b>						
Iterace	x	y	Náklady	Rozdíl nákladů		
0	50,0002228082	16,0286560875	3579,2587588			
1	50,0224749746	15,9383704022	3511,3457961	67,9129627045		
2	50,0276623513	15,9173215849	3496,7157959	14,6300002235		
3	50,0288493728	15,9124964955	3493,4477247	3,2680712629		
	<b>Kilometry</b>	<b>Skutečné náklady</b>				
Praha	131	81007,78				
Ostrava	220	83179,008				
Zlín	196	90959,9936				
Hradec Králové	33	17075,1438				
Humpolec	92	23749,9196				
Liberec	128	49321,1008				
		345292,9458				

Obrázek B.9: Výpočetní tabulky šesté varianty

## B. VÝPOČETNÍ TABULKY

Počet Km	Vlašim	Zruč	Divišov	Ostředek			
České Budějovice	99	115	117	119			
Plzeň	144	165	150	142			
Ústí nad Labem	162	164	146	138			
Hradec Králové	108	86	101	103			
Humpolec	51	36	58	61			
Liberec	158	152	155	148			
Karlovy Vary	201	203	185	177			
SK-CEVA	303	290	303	308			
Brno	165	152	164	170			
Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	Náklady 1	Náklady 2	Náklady 3	Náklady 4
České Budějovice	48,995289	14,460058	609,607362	60351,128838	70104,84663	71324,061354	72543,276078
Plzeň	49,731256	13,356917	717,3913	103304,3472	118369,5645	107608,695	101869,5646
Ústí nad Labem	50,684237	13,921675	839,5062	136000,0044	137679,0168	122567,9052	115851,8556
Hradec Králové	50,219617	15,790272	517,4286	55882,2888	44498,8596	52260,2886	53295,1458
Humpolec	49,563268	15,337815	258,1513	13165,7163	9293,4468	14972,7754	15747,2293
Liberec	50,778723	15,045005	385,3211	60880,7338	58568,8072	59724,7705	57027,5228
Karlovy Vary	50,244547	12,835692	403,5461	81112,7661	81919,8583	74656,0285	71427,6597
SK-CEVA	48,18781	17,25636	896,9643	271780,1829	260119,647	271780,1829	276265,0044
Brno	49,160719	16,699986	618,38	102032,7	93993,76	101414,32	105124,6
				884509,86834	874547,80683	876309,02745	869151,85828
Počet km	Přerov	Olomouc	Zábřeh	Vyškov			
Praha	280	253	224	252			
Ostrava	84	94	143	134			
Zlín	47	69	119	71			
Objekt	Souřadnice x	Souřadnice y	w	Náklady 1	Náklady 2	Náklady 3	Náklady 4
Praha	50,177294	14,445611	618,38	173146,4	156450,14	138517,12	155831,76
Ostrava	49,832818	18,243755	378,0864	31759,2576	35540,1216	54066,3552	50663,5776
Zlín	49,252732	17,800186	464,0816	21811,8352	32021,6304	55225,7104	32949,7936
			1460,548	226717,4928	224011,892	247809,1856	239445,1312

Obrázek B.10: Tabulky výpočtu nákladů vybraných měst



## Obsah přiloženého CD

	readme.txt .....	stručný popis obsahu CD
	excel	
		└─ Aplikace na data firmy IN TIME.xls
		└─ Praktické ukázky jednotlivých modelů.xls
	src	
		└─ thesis..... zdrojová forma práce ve formátu L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X
	text .....	text práce
		└─ thesis.pdf..... text práce ve formátu PDF