

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
MASARYKŮV ÚSTAV VYŠŠÍCH STUDIÍ**

Podnikání a komerční inženýrství v průmyslu



Miloslav Mikulčík

**Nákladová analýza a optimalizace globálně
lokalizované průmyslové výroby**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce : doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D.

leden 2017

Identifikační záznam

Miloslav Mikulčík. Nákladová analýza a optimalizace globálně lokalizované průmyslové výroby. Praha, 2017. 54 stran, 3 strany příloh. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Masarykův ústav vyšších studií a Vysoká škola ekonomická v Praze, Podnikání a komerční inženýrství v průmyslu. doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D. vedoucí diplomové práce.

Abstrakt

Práce se zabývá hlavními náklady a faktory vlivu v mezinárodní průmyslové výrobě a obchodu. Tyto náklady optimalizuje v souvislosti s umístěním výroby a sídlem zákazníků. Součástí práce je matematický model, který umí specifikovat neoptimálnější řešení - rozložení výroby. Řešení musí reagovat na konkrétní scénáře dle definovaných podmínek, které jsou dány matematickými funkcemi a cíli, strategií zadavatele.

The thesis is focused to main cost and influencing factors of international industrial manufacturing and business. Cost is optimized by location of factories and customers. Mathematical model, which is part of the thesis, is able to find the best solutions of production distribution. Solutions react to scenarios by defined constrains. Constrains are defined by mathematical functions and targets of sponsor.

Klíčová slova

Lokalizační problém, operační výzkum, lineární programování, nákladová analýza, optimalizace, globální průmysl

Klíčová slova v anglickém jazyce

Facility location problem, operation research, linear programing, cost analysis, optimalization, global industry

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	<u>Mikulčík</u>	Jméno:	<u>Miloslav</u>	Osobní číslo:	<u>337472</u>
Fakulta/ústav:	<u>Masarykův ústav vyšších studií (MÚVS)</u>				
Zadávací katedra/ústav:	<u>Oddělení ekonomických studií</u>				
Studijní program:	<u>Podnikání a komerční inženýrství v průmyslu</u>				
Studijní obor:	<u>Podnikání a management v průmyslu</u>				

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:
Nákladová analýza a optimalizace globálně lokalizované průmyslové výroby

Název diplomové práce anglicky:
Cost analysis and optimization global localized industrial manufacturing

Pokyny pro vypracování:
Cílem práce je specifikovat zásadní nákladové vlivy při mezinárodní výrobě a obchodu u konkrétní průmyslové výroby. Určit optimální rozložení produkce z nákladového hlediska při zohlednění vztahů mezi umístěním výrobních kapacit, koncových zákazníků a regionálních požadavků. Práce bude obsahovat úvod do problematiky, rozbor hlavních faktorů vlivu v dané problematice, matematický model, scénáře, závěr a doporučení.

Seznam doporučené literatury:
Business logistics: supply chain management, Ronald H. Ballou, Pearson Prentice Hall 2004, ISBN-13:978-0130661845
Facility location in supply chain design, Mark S. Daskin, Northwestern University Illinois 2003, Working paper No. 03-010
Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy, Scholleová Hana, Grada Praha 2012, ISBN 978-80-247-4004-1
Manažerské účetnictví nástroje a metody, Fibirová J. a kol., Wolters Kluwer 2011, ISBN 978-80-7357-712-4

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:
doc. Ing. Jan Vlachý, Ph.D.

Jméno a pracoviště konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 29.5.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2017
Platnost zadání diplomové práce: 3 semestry (ZS 2017)

[Signature] Podpis vedoucí(ho) práce [Signature] Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry [Signature] Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

6.1.2017 Datum převzetí zadání [Signature] Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 4. ledna 2017

podpis

Poděkování patří zejména vedoucímu práce docentovi Vlachému za jeho podporu, odborné rady a čas věnovaný mé práci. Dále bych rád poděkoval Ing. Březinovi z fakulty dopravní, Ing. Boučkové z firmy SPEDICA, Ing. Danielu L. a Ing. Danielu H. ze společnosti poskytující data.

Při studiu a zpracování operačního výzkumu a lineárního programování byla pro mě velmi přínosná otevřenost a poskytnutí informací od prof. Daskina a prof. Knápka. Tudíž i jim neodmyslitelně patří mé poděkování za jejich ochotný přístup.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Teorie diplomové práce	2
2.1	Lokalizační rozhodování	2
2.1.1	Historický vývoj lokalizačního rozhodování	2
2.1.2	Klasifikace problémů při lokalizaci	3
2.2	Teorie umíst'ování jednotlivých objektů.....	3
2.3	Teorie umíst'ování více objektů.....	4
2.4	Matematická definice.....	7
2.4.1	Definice s pevnými sazbami	8
2.4.2	Definice s pevnými sazbami a kapacitním omezením	9
2.4.3	Integrované umístění a přepravní modely	10
2.4.4	Skladování zásob a inventář	11
2.4.5	Nástroj řešení - lineární programování.....	13
2.5	Softwarové nástroje	15
2.5.1	Řešitel - Solver	15
2.5.2	Opensolver	16
2.5.3	Sitation	16
2.6	Střet teorie a praxe při řešení lokalizačního problému	17
2.6.1	Selhání a rozhodování za nejistoty.....	17
3	Řešený problém	19
3.1	Výchozí situace společnosti.....	19
3.2	Hlavní faktory vlivu - priority	22
3.2.1	Výrobní náklady továren	23
3.2.2	Materiál	23
3.2.3	Logistika - přeprava	24
3.2.4	Speciální vlivy.....	25
4	Modelové řešení.....	26
4.1	Vstupní data	26
4.1.1	Struktura vstupních dat o produkci	26
4.1.2	Specifikace továren	27
4.1.3	Informace o výrobcích	27

4.1.4	Přeprava.....	28
4.2	Parametry modelu.....	28
4.2.1	Seznam zemí.....	28
4.2.2	Přepravní rozměry a cena za přepravu.....	29
4.2.3	Poptávka.....	29
4.2.4	Parametry továren a doba produkce.....	30
4.2.5	Cena výroby, přepravy a dodatečné náklady.....	33
4.2.6	Suma cen výroby, přepravy a dodatečných nákladů.....	35
4.2.7	Řešitel - podmínky a proměnné.....	35
5	Řešení modelu - scénáře a výsledky.....	40
5.1	Nabídkový scénář obchodníka.....	40
5.2	Scénář dle výchozí situace - zkušenosti.....	41
5.3	Scénář minimálních nákladů I.....	43
5.4	Scénář minimálních nákladů II.....	45
5.5	Citlivostní analýza.....	46
6	Diskuze výsledků.....	48
6.1	Doporučení.....	48
6.2	Dodatečné náklady v modelu.....	50
7	Závěr.....	51
8	Seznam použité literatury.....	52
9	Přílohy.....	55

Seznam grafiky

Obrázek 2-1:	Těžiště trojúhelníku.....	6
Obrázek 2-2:	Ukázka struktury řešitele.....	16
Obrázek 3-1:	Výroba čokolád Maestrani Flawil Switzerland.....	19
Obrázek 3-2:	Mlýn Herber.....	20
Obrázek 3-3:	Odlitek, Die casting.....	20
Obrázek 3-4:	Mapa - grafické znázornění továren, zpracoval autor.....	22

Obrázek 4-1: Data o globální produkci ze SAPu	26
Obrázek 4-2: Ceny za přepravu od společnosti SPEDICA	28
Obrázek 4-3: Souřadnice jednotlivých zemí	29
Obrázek 4-4: Model – poptávka	30
Obrázek 4-5: Parametry továren.....	31
Obrázek 4-6: Výroba produktů v jednotlivých továrnách a možnosti substituce.....	32
Obrázek 4-7: Tabulka doby výroby produktů v jednotlivých továrnách.....	33
Obrázek 4-8: Struktura mezivýsledků cen výroby, přepravy a dodatečných nákladů	34
Obrázek 4-9: Podmínka min. celkových nákladů a rovnice výsledné buňky pro řešitele... 35	
Obrázek 4-10: Podmínka kapacity továren v hodinách.....	36
Obrázek 4-11: Podmínky zadány v řešiteli.....	37
Obrázek 4-12: Výsledky, doporučený počet produktů	38
Obrázek 4-13: Schéma modelu.....	39
Obrázek 5-1: Výsledky, scénář obchodníka	41
Obrázek 5-2: Rozložení výroby, scénář dle výchozí situace	42
Obrázek 5-3: Celkové náklady, scénář dle výchozí situace	42
Obrázek 5-4: Suma vyrobených produktů, scénář dle výchozí situace	43
Obrázek 5-5: Rozložení výroby, scénář minimálních nákladů I	44
Obrázek 5-6: Celkové náklady, scénář minimálních nákladů I.....	44
Obrázek 5-7: Kapacitní tabulka, scénář minimálních nákladů I	45
Obrázek 5-8: Celkové náklady, scénář minimálních nákladů II	46
Obrázek 5-9: Kapacitní tabulka, scénář minimálních nákladů II	46
Obrázek 5-10: Výsledky citlivostní analýzy	46

1 Úvod

Práce a její zadání se zabývá daty, fakty a informacemi pro strategická rozhodnutí v oblasti plánování výroby mezinárodního charakteru. Zjednodušeně lze úkol specifikovat jako určení klíčových faktorů - vlivů (ekonomických, lokačních a interních řešené společnosti) a následné určení optimálního rozložení výrobních kapacit v jednotlivých regionech a trzích. Jedná se o práci zaměřenou zejména na lokaci výroby a její optimální řešení.

Metodika vedoucí k řešení vychází z kombinace odborných témat označovaných jako rozhodování polohy zařízení, řízení dodavatelského řetězce a lineárního programování.

Cílem mé diplomové práce je vytvoření a aplikace modelu tvořeném matematickými funkcemi a faktory vlivu, který umožní modifikaci pro budoucí využití a simulaci vývoje při změně podmínek. Dílčími výstupy cíle budou způsoby pro vhodnou selekci dat, model definující optimum pouze z obchodního hlediska a nástroj k zařazení zemí do regionálních skupin pomocí GPS souřadnic.

Jedním z nástrojů dosažení cíle práce je určení a popis zásadních teorií k dané problematice. Aplikace těchto teorií na reálnou situaci mezinárodní společnosti, která prošla přeměnou z lokálního na celosvětového výrobce, poslouží jako názorný příklad a zkušební vzorek. Nedílnou součástí je určení hlavních faktorů neboli vstupních priorit úlohy ke strategickému rozhodování v globálním měřítku - tzv. ze shora.

Hlavním úkolem bude tedy aplikace metodik s ohledem na konkrétní faktory. Výstupem pak bude specifikace stávající situace již fungující soustavy továren a možné varianty využití, modifikace či optimalizace ve strategickém měřítku.

2 Teorie diplomové práce

2.1 Lokalizační rozhodování

Začněme širokým úhlem pohledu. Téměř každý rozsáhlejší úkol řešíme plánováním, realizací a následným vyhodnocením. Následně probíhá návrh úprav, plánování a celý proces se může opakovat a vyvíjet dle chování trhu.

V případě určení rozmístění se první krok plánování skládá z dílčích částí, které někdy vzájemně významně souvisejí a mají v konkrétních případech větší či menší vliv.

Dílčí prvky plánování (Ballou, 2004, str. 550):

- Řízení zásob, zásobování (dodavatelský řetězec)
Odhadování; určení kapacit inventáře; plánování nákupů a dodávek; řízení skladů - velikost, způsob provozu
- Strategie umístění - lokační rozhodnutí
- Přeprava zdrojů i výstupních produktů
- Zákaznický servis
Zprovoznění servisu, dlouhodobá podpora při užívání produktů

Rozhodování o umístění se týká uzlových bodů i jednotlivých částí celého řetězce od dodavatelů, přes vlastní výrobní kapacity po přepravní složky (sklady, logistická centra a přístavy).

2.1.1 Historický vývoj lokalizačního rozhodování

Významnými odborníky minulých století byli Němci J. H. von Thünen a jeho následovník A. Weber.

Thünen v 19. století ve své knize (1910, str. 384-386) dokládá a graficky znázorňuje cenu za pozemek ve vzdálenosti od tržiště u několika výrobků zemědělské produkce. Důležitým poznatkem je doložení rostoucí ceny pozemku se zkracující se vzdáleností k místu obchodu.

Důležitost lokalizace surovin, dopravních nákladů s vazbou na následné zpracování poznamenává i Weber (1929). Popisuje, jak dochází ke změně hmotnosti

surovin - jejímu úbytku. Daný jev je vázán na vzdálenost výroby od místa těžby surovin a je způsoben ztrátami při přepravě, zpracování, krádežemi apod.

2.1.2 Klasifikace problémů při lokalizaci

Ballou rozřazuje lokalizační problém do několika kategorií, které nás vedou při následném rozhodování (2004, str. 550):

- Řídící síla
Lokalizační problém je určen jedním - hlavním faktorem, který je kritický. Ekonomické vlivy jsou dominantním faktorem v případě umístování továren.
- Počet zařízení
Množství zařízení získá zásadní roli zejména v případě nutnosti využívat několik zařízení ve stejném čase. Z tohoto hlediska rozdělujeme tedy lokační problém pro jedno či více zařízení.
- Diskrétní (samostatné) možnosti
Tato kategorie spočívá v soupisu možností a určení přiměřenosti jejich využití.
- Stupeň nashromáždění dat
Problematika lokalizace často souvisí s velkým objemem dat a možných kombinací. Pokud pracujeme s velkým objemem dat, využíváme i definování vztahů mezi jednotlivými články.
- Čas - časový horizont
Z hlediska obecného času se zabýváme úlohou statickou nebo dynamickou. V případě statické úlohy řešíme úlohu pro konkrétní období (např. jednoho roku). Dynamické úlohy se zabývají vyhodnocením několika období.

2.2 Teorie umístování jednotlivých objektů

Soudobé přístupy využívají aplikovaných matematických metod jako nástrojů pro rozhodování. Z mého pohledu k jednodušším a názorným přístupům patří specifikace dle objemu, tarifu přepravy a dopravované vzdálenosti, která vychází z interpretace Balloua (2004, str. 555). Matematické vyjádření je pak určeno minimálními přepravními náklady:

$$\min PN = \sum_i M_i \cdot T_i \cdot L_i \quad (R 2.1)$$

PN ... Celkové přepravní náklady

M Objem přepravovaného zboží

T Přepravní tarif pro dané zboží a způsob přepravy za km či námořní míli

L Vzdálenost

Vzdálenost L lze určit na základě přesných dat o dopravních sítích, případně čistě souřadnicově. Následně pak zahrnujeme koeficient hustoty a možností dopravní sítě.

Vodítkem a podmínkami pro využití této metody mohou být následující argumenty primárně vycházející z Ballouova výkladu (2004, str. 555-562).

- Pravidelný objem produktů je koncentrován v jednom místě od různých dodavatelů. Následně dochází k rozeslání k dílčím zákazníkům v širokém rozptýlu.
- Rozhodující roli mají celkové variabilní náklady bez ohledu na to, o jaké variabilní náklady se jedná (na lidskou práci, zajištění prostor, návazných služeb, ...)
- Náklady na celkovou přepravu bývají většinou určeny fixní a variabilní složkou. Při větších vzdálenostech nám rostou náklady úměrně se vzdáleností. U menších vzdáleností, nebo odlišných druhů dopravy nám bude hrát fixní složka významnou roli. Z toho vyplývá, že vlastnosti funkce přepravních nákladů mohou být lineární, ale také se mohou lineárnímu průběhu značně vzdalovat. Je tedy vždy nutné uvažovat konkrétní okolnosti.
- Vzdálenosti mezi jednotlivými místy nebudou vždy překonatelné přímými cestami nebo železnicemi. Při výpočtech využíváme koeficient navýšení vzdálenosti dle využívané dopravní sítě. Tento koeficient je označován jako „odbočovací“ faktor. Jako příklad lze uvést navýšení vzdálenosti pro meziměstskou přepravu o 20% na území Spojených států amerických.
- Je nutné si uvědomit, že modely vytvořené na základě výše uvedeného textu nejsou dynamické. Při změně přepravních tarifů můžeme simulovat případné stavy trhu. Model však sám o sobě možné změny nebude reflektovat.
- Model je velice vhodný pro situace s jednoznačným - dominantním těžištěm, pozicemi nebo lokalitami.

Jelikož se v předchozím i budoucím textu opakovaně vyskytuje pojem náklad, doplňuji ještě definici tohoto pojmu. Fibírová a kolektiv (2011, str. 93) definují náklad v nákladovém účetnictví jako hodnotově vyjádřené účelné vynaložení ekonomických zdrojů, které účelově souvisí s uskutečňováním předmětu činnosti podniku.

2.3 Teorie umíst'ování více objektů

Předchozí případ postihuje pouze část reálných situací případně zjednodušených reálných situací. Nelze však opomenout i ty zbývající, kdy pracujeme s lokacemi několika objektů ve stejném okamžiku. V běžném životě se častěji setkáme právě

s řešením lokačního problému pro více objektů. Řešení takové úlohy můžeme najít simulací všech variant, přesnou matematickou metodou pro konkrétní úlohu či heuristickým postupem. Řešení dá manažerům vodítka, oporu a argumenty pro jejich rozhodnutí, které je z mého pohledu nezbytné vzhledem k objemům dodávek a finančním částkám v rámci dodavatelských řetězců.

Základní postupy řešení:

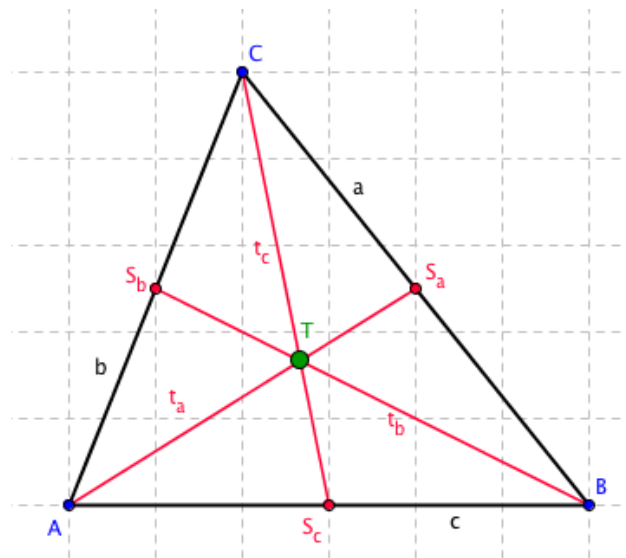
- Simulace možných variant

Díky kapacitním možnostem výpočetní techniky jsou simulační nástroje poměrně snadno dostupné. K dispozici máme specializované softwary, ale mnohdy si vystačíme i s klasickým excelem nebo sešitem OpenOffice. Osobně vidím jako velmi silný nástroj pro simulace lineární programování či metody z něj vycházející. Lineárnímu programování bude podrobněji věnována samostatná část v mé práci.

Simulace mohou být obecné i hodně podrobné. To je dáno způsobem simulování a schopnostmi manažera specifikujícího kritéria. Důležité je tedy mít vždy na paměti, že simulace prověří všechny možnosti a vybere nám z nich jednu či více vhodných. To nám však nezaručuje nejlepší řešení. Celá simulace probíhá na základě definovaných kritérií. Definováním, případnou změnou kritérií budou výsledky vždy ovlivněny. V případě nejistoty nebo nutnosti ověření dosažených výsledků lze využít citlivostní analýzu - vliv jednotlivých kritérií na výsledek.

- Přesné určení těžiště sítě objektů

Pro názornou představu a pochopení této techniky můžeme vycházet ze základních matematických úloh. Příkladem je určení těžiště geometrických obrazců (např. trojúhelníku).



Obrázek 2-1: Těžiště trojúhelníku (matematika.cz, 2016)

Obdobně jako u matematických obrazců při určování středů a těžišť pracujeme s lokacemi jednotlivých objektů, které shlukujeme do skupin. Následně určíme skupině těžiště. Pokud máme rovnoměrné rozložení objemu zboží, vystačíme si jen s těžišti. Jestli pracujeme s nerovnoměrným rozptylem zboží, přidáme ke každému těžišti informaci o jeho váze, důležitosti nebo vlivu na celkovou soustavu. Jako váhu lze použít poměr zboží dané skupiny, dílčího těžiště, vůči celkovému objemu.

Řešení nalezneme postupným slučováním těžišť jednotlivých skupin objektů a získáním jednoho konečného bodu - hlavního těžiště všech našich objektů.

- Heuristický postup

Obecně lze hovořit o heuristickém přístupu jako o určitém předvýběru nebo nasměrování. Jedná se o rychlý a kapacitně méně náročný přístup. Zajímavostí heuristického postupu je stálá aktuálnost a ověřená účinnost při problému s definováním skladovacích uzlových bodů. Což dokládají pravidelné citace a odkazování na dílo Kuehna a Hamburgera (1963) v literatuře či současných žurnálech a konferencích týkajících se operačního výzkumu.

Samozřejmě jako u většiny druhů úloh se nabízí kombinace jednotlivých postupů. V případě umístění více objektů se můžeme určitě setkat s kombinacemi heuristického postupu se simulací a lineárním programováním.

2.4 Matematická definice

Jak vyplývá z předchozího textu, je důležité mít představu o kritériích pro hledání řešení úlohy. Matematická definice je pro mnohé odborníky tím správným podkladem k diskuzi nad řešeným problémem.

Následující modelové rovnice dle Balloua (2004, str. 616-617), inspirované dle Geoffriona a Gravesa (1974), považují za výchozí matematické vyjádření pro řešení obdobných úloh.

Minimalizace nákladů:

$$\min \sum_{ijkl} C_{ijkl} X_{ijkl} + \sum_k [f_k z_k + v_k \sum_l (\sum_i D_{il}) y_{kl}] \quad (\text{R 2.2})$$

Dostupnost výrobních kapacit:

$$\sum_{kl} X_{ijkl} \leq S_{ij} \quad (\text{pro všechna } ij) \quad (\text{R 2.3})$$

Všechna poptávka musí být uspokojena:

$$\sum_j X_{ijkl} \leq D_{il} y_{kl} \quad (\text{pro všechna } ikl) \quad (\text{R 2.4})$$

Každý zákazník musí být obsloužen z jednoho skladu:

$$\sum_k y_{kl} = 1 \quad (\text{pro všechna } l) \quad (\text{R 2.5})$$

Zajištění vytížení skladů mezi minimálním odbavením V_{kmin} jeho kapacitou V_k :

$$V_{kmin} \leq \sum_l (\sum_i D_{il}) y_{kl} \leq V_k \quad (\text{R 2.6})$$

Za podmínek:

$$\text{všechna } X \geq 0$$

$$\text{všechna } y = 0 \text{ nebo } 1$$

$$\text{všechna } z = 0 \text{ nebo } 1$$

i, \dots index zboží, produktu

$j...$	index továrny
$k...$	index možných skladů
$l...$	index zákaznických zón
S_{ij}	dodávka (výrobní kapacita) pro zboží „i“ v továrně „j“
D_{il}	poptávka po zboží „i“ v poptávkové zóně „l“
V_{kmin}	nejmenší povolená roční produkce či využití skladu v místě „k“
V_k	maximální kapacita roční produkce či využití skladu v místě „k“
f_k	fixní náklady za továrnu nebo sklad v místě „k“
v_k	variabilní náklady továrny či skladu v místě „k“
C_{ijkl}	průměrná cena za výrobu, skladování a dopravu zboží „i“ z továrny „j“ přes sklad „k“ k zákaznické zóně „l“
X_{ijkl}	proměnná označující množství zboží „i“ z továrny „j“ přes sklad „k“ k zákaznické zóně „l“
y_{kl}	nabývá hodnot $\langle 0;1 \rangle$, 1 v případě dodávky ze skladu „k“ do zákaznické zóny „l“, v jiných případech bude hodnota 0
z_k	nabývá hodnot $\langle 0;1 \rangle$, 1 v případě že sklad „k“ je v provozu, v jiných případech bude hodnota 0

2.4.1 Definice s pevnými sazbami

Úlohy s pevnou sazbou za objekt (sklad, výrobu a dopravu) jsou běžnou součástí rozhodování v dodavatelském řetězci. Daný způsob vychází z předpokladu, že známe množství a lokaci zákazníků. Dále víme množství poptávaného zboží. Určíme seznam potenciálních objektů (např. výrobních závodů) a pevnou sazbu. Pevnou sazbou označují cenu za objekty a přepravu mezi jednotlivými variantami objektů a zákazníky [7].

Matematické vyjádření definoval Balinsky (1965, str. 253-313):

$$\sum_{j \in J} f_j X_j + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} h_i c_{ij} Y_{ij} \rightarrow \text{minimum} \quad (\text{R 2.7})$$

Podmínky:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} = 1 \quad \text{pro všechna } i \in I$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0 \quad \text{pro všechna } i \in I \text{ a všechna } j \in J$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \text{pro všechna } j \in J$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad \text{pro všechna } i \in I \text{ a všechna } j \in J$$

$$X_j \quad \text{je rovno 1 v případě, že umístíme do místa } j \in J$$

je rovno 0, když ne

Y_{ij} část poptávky v místě zákazníka $i \in I$, která je dodána výrobním závodem $j \in J$

I... skupina zákaznických lokací
 J... možné dodávající výrobní závody
 h_i ... poptávka v místě zákazníka
 f_j ... pevná sazba za dodávku zboží z výrobního závodu $j \in J$
 c_{ij} .. cena za přepravu mezi výrobním závodem $j \in J$ a místem zákazníka $i \in I$

Rovnice R 2.7 vyjadřuje sumu minimálních kombinací poptávaného zboží. Podmínky zajišťují, že každá poptávka bude uspokojena, že poptávka nemůže být přiřazena „nepracujícím“ výrobnímu závodě, že jsou plněna základní matematická a logická pravidla. Balinského řešení (1965, str. 253-313) však neuvažuje omezení kapacity výrobních závodů. To znamená, že řešením může být za určitých okolností nasměrování veškeré produkce do jednoho výrobního závodu. To však ve spojení s reálným trhem nebude vždy platit. Důvodem mohou být velikosti pozemků, nedostatky kvalifikované pracovní síly, pravidla rozložení zdrojů kvůli snížení rizik.

Matematické vyjádření zároveň nezachycuje, že hodně společností upřednostňuje jednotnou výrobu, tzn. jeden druh výrobku v jednom závodě a další druh výrobku v jiném závodě. Jednotný produkční přístup navíc zjednodušuje řízení dodavatelského řetězce, jak uvádí Daskin a kol.(2003).

2.4.2 Definice s pevnými sazbami a kapacitním omezením

Přirozeně dalším krokem v rozvoji matematických definic je úprava předchozích definic (R 2.7) a úvahy o nutnosti či zbytnosti zahrnutí kapacit. Dalším důležitým krokem byla definice Geoffriona a Gravesa v textu Multicomodity distribution system design by Benders decomposition (1974). Podrobněji tuto definici ve své práci nerozvádím, protože jejich matematickou definici následně rozvinul Ballou.

Rozvinuté řešení Balloa je uvedeno v této práci na počátku kapitoly 2.4. Jedná se o rovnice s označením R 2.2 - R 2.6.

2.4.3 Integrované umístění a přepravní modely

Jakmile kdokoliv využije příležitost nahlédnout do problematiky přepravy a logistiky zejména v případě kontejnerové dopravy, narazí na otázky využití přepravních kapacit / sdílení kontejneru. S vyplněním nákladního prostoru se samozřejmě potýkáme i u ostatních druhů nákladní přepravy. Kontejnerovou přepravu využívám jako příklad, protože je dle mého pohledu nejrozšířenější a je k ní množství jasně definovaných informací.

Kontejnerová přeprava je velmi rozšířená. Ne vždy je však využit celý prostor kontejneru, nabídka přepravy tudíž obsahuje i možnost zakoupit přepravu pouze v části kontejneru. Tento způsob přepravy je označován zkratkou LTL (z anglického sousloví „less than truckload“). Využití služeb LTL nám samozřejmě ovlivní náklady přepravy a doručení našeho zboží k zákazníkovi zejména v mezinárodním obchodu.

V případě rozhodování musíme zhodnotit, do jaké míry využíváme plnou kapacitu přepravních prostředků. Následně se rozhodujeme, zda má sdílení přepravního prostoru významný vliv na přepravní náklady při akceptování určité míry rizika ze sdílení.

V případě, že heuristicky ověříme významný vliv sdílení, budeme chtít tento vliv zahrnout do celkového modelu hledání optimálních řešení. Řešení integrovaného umístění s vlivem přepravních modelů se skládá ze tří vrstev dodavatelského řetězce, jak uvádí Daskin a kol.(2003)

- umístění výrobního závodu
- přidělování zákazníků
- definování druhu přepravy a tras

Řešení takovéto matematické úlohy je poměrně komplikované. Z hlediska řízení dochází totiž k prolínání dvou strategicky - časově odlišných jevů. Rozhodnutí umístění výrobního závodu, které je téměř vždy dlouhodobé. Naproti tomu přepravní rozhodování je většinou krátkodobé. V některých případech se jedná pouze o jednorázová rozhodnutí.

Podrobné matematické specifikace najdeme v publikaci Perla a Daskina (1985, str. 381-396). Detailní rozbor matematického postupu vedoucímu k velmi komplikované úloze lineárního programování vynechávám a uvádím pouze stručný popis. Daný postup je totiž ve spojení s reálnými aplikacemi velmi obtížně využitelný, což dokládá i jeho chybějící praktická aplikace za několik posledních desetiletí. Řešení dle Perla a Daskina spočívá na minimalizaci nákladů ve třech výše uvedených vrstvách,

kteřé jsou ohraničeny podmínkami vázanými na přepravní možnosti, umístění jednotlivých článků, definované kapacity a omezení číselně nesmyslných výsledků jako například záporné hodnoty.

Následně Perl model zjednodušuje na dvě vrstvy a obdobný myšlenkový přístup nalezneme i u dalších autorů po roce 1985. K praktickému využití se významně blíží přepravní model Bergerové (1997):

$$\sum_{j \in J} f_j X_j + \sum_{j \in J} (\sum_{k \in P_j} c_{jk} V_{jk}) \rightarrow \text{minimum} \quad (\text{R 2.8})$$

Podmínky:

$$\sum_{j \in J} (\sum_{k \in P_j} a_{ik}^j V_{jk}) = 1 \quad \text{pro všechna } i \in I$$

$$V_{jk} - X_j \leq 0 \quad \text{pro všechna } j \in J \text{ a všechna } k \in P$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \text{pro všechna } j \in J$$

$$V_{jk} \in \{0,1\} \quad \text{pro všechna } j \in J \text{ a všechna } k \in P$$

P_j ... skupina možných cest z výrobního závodu j

c_{jk} .. náklady zvolené cesty

a_{ik}^j .. nabývá hodnoty 1 v případě, že doručovací trasa $k \in P_j$ zahrnuje obsluhu zákazníka $i \in I$, v opačném případě nabývá hodnoty 0

I ... skupina zákaznických lokací

J ... možné dodávající výrobní závody

V_{jk} nabývá hodnoty 1 v případě, že je zákazník obslužen daným výrobním závodem $j \in J$, v opačném případě nabývá hodnoty 0

f_j ... náklady na umístění / provoz výrobního závodu

X_j .. nabývá hodnoty 1 v případě, že dochází k umístění výrobního závodu v místě $j \in J$, v opačném případě nabývá hodnoty 0

Při porovnání s kritérii všech výše uvedených rovnic a požadavků není ani model Bergerové univerzálním řešením. Může však být velmi dobrým nástrojem pro menší skupinu konkrétních reálných situací.

Zahrnutí všech nezbytných parametrů, včetně sdílení přepravních prostor, nemá jednoznačné - prakticky využitelné řešení i dle Daskina a kolektivu (2003).

2.4.4 Skladování zásob a inventář

K obchodu, výrobě a zákaznickému servisu často patří i forma skladování zboží, která je doprovázena náklady. V posledních několika desítkách let si však všude kolem

nás můžeme všimnout minimalizace skladovacích prostor. Jev minimalizace je způsoben zájmem o snížení nákladů. Náklady na skladování zboží jsou zároveň spojeny s finančními prostředky, které jsou ve skladovaném zboží často uloženy. Takto uložený kapitál negativně ovlivňuje cash - flow ekonomického subjektu.

Rozdělme tedy zboží z výše uvedeného hlediska do kategorií dle délky skladování:

- žádné skladování
- krátkodobé skladování
- dlouhodobé skladování

První dvě kategorie můžeme často sloučit. Jedná se totiž o výrobu zboží pro konkrétní poptávku či zákazníka. Skladování daných kategorií probíhá po dobu nezbytně nutnou k přípravě všech součástí dodávky či zajištění přepravy se všemi nezbytnými administrativními kroky. Dlouhodobé skladování nastane v případech, kdy je zboží vyráběno na sklad, často bez znalosti zákazníka a doby dodání.

První dvě kategorie sebou nesou malou až žádnou blokáci kapitálu a malé až žádné nároky na skladování. V dnešní době se spousta subjektů skladování záměrně vyhýbá, tudíž je vliv na rozhodování z hlediska skladovacích nákladů mizivý a nezahrnuje se do matematických modelů. Nedochozí pak ke zbytečnému komplikování modelů dalšími proměnnými a multiplikací množství výsledků.

V případě, že dochází k dlouhodobému skladování, má skladování významný vliv a tuto položku nemůžeme vynechat. Za tímto účelem vznikl model, který minimalizuje sumu za fixní náklady na umístění výroby, přímé náklady na přepravu k zákazníkovi a celkové náklady na skladování (i v případě využití distribučních center). Tento model, označován jako LMRP (location model with risk pooling), nalezneme v jedné z nejrozvinutějších podob v publikaci *Capacitated facility location model with risk pooling* Ozsenové, Duskina a Coullardové (2008, str. 283-376).

Uvedený příklad pracuje oproti ostatním s kapacitami a nabízí praktické varianty výsledků, kterými jsou například častější cykly dodávek, nikoliv pouze zvětšení kapacity skladu apod. (Daskin a kol., 2003)

Podrobný rozbor této a dalších mnoha dílčích úloh nemůže být, vzhledem k danému rozsahu, obsahem mé práce. Z důvodů kontextu, snadného vyhledání a

porozumění uvádím, místo množství rovnic s podmínkami, zejména odkazy na literaturu a popis unikátnosti pro daný model či postup.

2.4.5 Nástroj řešení - lineární programování

Daný výraz lze chápat jako matematické modelování, které slouží k hledání optima. Pro konkrétní představu za optimem hledíme minimum či maximum nákladů, množství produktů atd.

Počátky lineárního programování jsou k nalezení v publikacích Kantoroviče a Hitchcocka v období druhé světové války. Významný rozvoj, o který se zasloužili Dantzig, Kantorovič a další, však probíhal až po válce - uvádí Dudorkin (2014).

Pro podrobné zkoumání doporučuji vyhledávat informace a metody označovány jako matematické modelování.

Dudorkin (2014, str. 15) specifikuje lineární programování v řešení problému nalezení n -tice reálných čísel $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, pro kterou nabývá kritériální funkce $f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n$ minimum nebo maximum a zároveň zohledňuje příslušné podmínky.

Jednou z nejčastějších podmínek je například, že x musí být větší či rovno nule. Úlohy - problémy mohou být řešeny lineárním programování v případech, kdy splňují následující předpoklady:

- Přímé úměrnosti - proporcionality
Množství využitých zdrojů je přímo úměrné výsledné produkci.
- Sčitatelnosti - aditivnosti
Celková spotřeba s celkovou hodnotou dílčího zdroje se skládá ze součtu jednotlivých dílčích spotřeb a cen, které jsou dány procesy a produkcí.
- Nezápornosti
Řešené úlohy nemají praktický význam pro záporné hodnoty, například záporné kapacity výroby.
- Dělitelnosti
Využívané zdroje a jejich jednotky jsou dělitelné, například využití pouze určité části kontejneru dle velikosti zboží.
- Determinističnosti
Veličiny modelu nejsou náhodné. tzn. jsou deterministické.

Vedle předpokladů nesmíme opomenout následné logické vyhodnocení. Výsledky lineárního programování budou mít užitnou hodnotu s ohledem na následující poznatky (Knápek, 2010).

- Výstupy vycházejí z konkrétních předpokladů - z analyzování, zjednodušení a nahrazení předpokladů modelem.
- Výstupy a jejich prezentace musí probíhat s ohledem na vstupní předpoklady.
- V případě, že chceme předpoklady změnit, je nutné úpravu zohlednit v celém modelu dané úlohy.
- Často, zejména v počátcích se zkoumají data pouze v malém rozsahu.
- Ne vždy jsou zahrnuta všechna reálná omezení v podmínkách. V takovém případě musíme veškerá omezení jasně specifikovat a následně je reflektovat při vyhodnocení výsledků.
- Pokud dojde k významné změně rozsahu procesů, zdrojů atd. Nemusí už původní předpoklad procesů odpovídat tíženému záměru.

Úlohy lineárního programování mohou být řešeny více způsoby. Grafické řešení je skvělou interpretací k pochopení problematiky. V případě jednodušších úloh vede grafický postup k rychlému řešení či určení „oblasti“ možných výsledků. Postup spočívá v určení krajních bodů. Samozřejmě, že úlohy mohou nabývat různého množství řešení (žádné, jedno, více, ...).

Dalším způsobem je vytvoření matic a následné bazické řešení. Metodu k získání požadovaných výsledků, založenou na prohledávání přípustných bází nazýváme simplex. Tato metoda spočívá v hledání optimálních řešení v postupných krocích. Kroky jsou dány směrem, který nás vede k zlepšení výsledku s ohledem na příslušné podmínky.

V souvislosti se způsoby řešení se dále můžeme setkat s tzv. dualitou, která nám umožní řešení primární úlohy. Zjednodušeně řečeno - počítá v převedení počáteční úlohy na duální a pak následným zpětným přepočtem výsledků vzniklé duální úlohy.

Výpočetní metody a jejich výsledky utvrzuje koncová citlivostní analýza. Tato analýza spočívá v pozměnění vstupních parametrů a sledování vlivu těchto změn na výsledky. Následně pak snadno vyhodnotíme citlivost modelu, případně situace na možné změny.

Jako klasická úloha lineárního programování je označován dopravní problém. Jedná se o střet dodavatelů se spotřebou odběratelů při minimálních přepravních nákladech. Někdy se setkáme s označením „distribuční úlohy“ či „úlohy servisní sítě“.

Jak vyplývá z předchozích odstavců, řešení můžeme provádět klasickou metodou - tužka, papír. Ne vždy je však tento způsob vhodný, či vůbec smysluplně použitelný. Další možnosti k dosažení výsledků jsou v následujícím přehledu.

Přehled nástrojů lineárního programování:

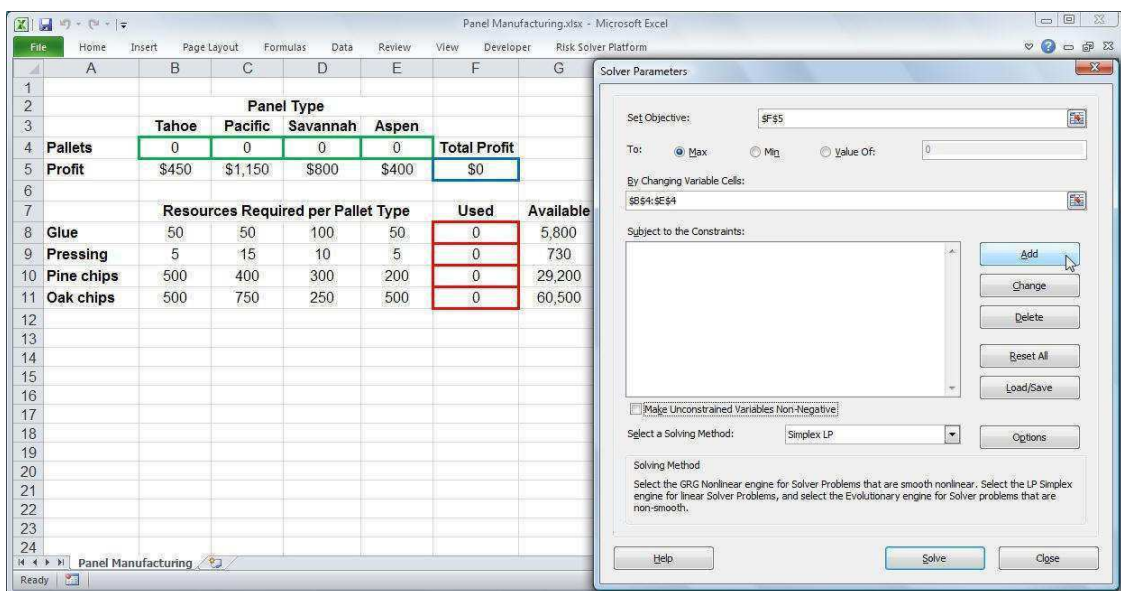
- Grafické metody
Vykreslení funkcí a podmínek úlohy. Určení krajních bodů.
- Ruční výpočet
Zápis do bází a následné upravování v krocích.
- Počítačové programy
Rychlé otestování možných variant, jejich porovnání a vyhodnocení.

2.5 Softwarové nástroje

Součástí teorie práce je i popis dostupných nástrojů vedoucích k řešení výše uvedených úloh. V případě jednodušších úkolů najdeme na internetu několik přednastavených úloh včetně popisu. Stačí pouze zadat location problem, solver nebo linear programming do vyhledávače. Velmi názorné jsou video prezentace na youtube, které určitě doporučuji. Součástí příkladů je většinou odkaz ke stažení souboru s použitou úlohou.

2.5.1 Řešitel - Solver

Nejvíce přístupným nástrojem je součást Excelu zvaná ŘEŠITEL. Jedná se o výpočetní nástroj, který vychází ze skalárního součinu dvou matic stejné velikosti. Tato funkce má v základu pouze 200 proměnných. Rozšíření základní verze je možné za nemalé finanční prostředky. Více informací je k dispozici na www.solver.com. Za účelem představy o struktuře dat v nástroji řešitel poslouží obrázek níže.



Obrázek 2-2: Ukázka struktury řešitele (solver, 2016)

Jako hlavní podmínka je nastaveno maximum buňky *Total profit*. Proměnné jsou označeny zeleným ohraničením. Řešitel spočítá všechny varianty a navrhne optimální počet jednotlivých typů palet za dosažením největšího zisku. Zároveň však musí být splněna podmínka použití pouze dostupných zdrojů, které jsou označeny červeným ohraničením.

2.5.2 Opensolver

Méně známým, ale volně dostupným nástrojem s otevřeným kódem a větším množstvím proměnných, je OPENSOLVER. Jedná se o projekt Novozélandské univerzity pod vedením Masona. Doplněk excelu umožňuje výpočty - modelování několika metodami. Instalace, manuál a i kód jsou k dispozici na opensolver.org a solverstudio.org.

Z uživatelského hlediska se jedná o nástroj velice podobným standardnímu Solveru popsaném v kapitole 2.4.6.

2.5.3 Sitation

V rámci teoretické části je opakovaně zmiňovaná práce Mark S. Daskina. I on vytvořil ve spojení s Northwestern University v Illinois program. SITATION slouží k řešení problému umístění objektu. Nástroj využívá vzdálenosti a cenu za přepravu v rámci spojených států. Program je k dispozici na webu autora <http://daskin.engin.umich.edu/software/>.

2.6 Střet teorie a praxe při řešení lokalizačního problému

Lokalizační problém najdeme u různých úrovní výroby, obchodů či odvětví. Všechny situace budou mít svá specifika. Zároveň se však setkáme s tím, že nejsme v dané rozhodující situaci jako první, případně už byla obdobná situace řešena a publikována. Překážkou může být pouze ochrana know-how jednotlivých společností. V takových případech máme stejně často spoustu dat obecně přístupných - např. struktura sítě společnosti. Ta je u spousty případů veřejně viditelná.

Rád bych ještě poukázal, že při rozhodování těchto úloh jsou využívány zejména statické přístupy. To potvrzují i prezentace a příklady k předmětu Operační výzkum prof. Knápka (2010, prezentace 1, 4 a 9). Trh se vyvíjí a tyto změny nelze s určitostí předvídat. Z tohoto důvodu společně s jednoduchostí převládají statické metody před dynamickými. Částečná dynamika je zavedena úpravou kritérií, což je však pouhá spekulace zadavatele dat o možném vývoji trhu.

2.6.1 Selhání a rozhodování za nejistoty

Ve vazbě na reálné situace v praxi musíme také uvažovat jevy, jako je selhání dílčích subjektů (např. výrobního závodu) nebo rozhodování z dat, která jsou nejistá pro další období. Sílu vlivu uvedených prvků musíme však vyhodnotit a následně určit, do jaké míry budou zahrnuty v našem rozhodování.

Často je to výjimečné, ale k výluce, selhání či nutné technologické odstávce čas od času dochází v různých částech výroby a dodavatelského řetězce. Rizika či náklady v souvislosti s výlukami můžeme zahrnout i eliminovat. Náklady na rizika můžeme zahrnout přímo do nákladů spojených s výběrem určité lokality, se kterou daná rizika souvisí.

Jedním z přístupů v rámci matematického modelování je, že ke každé variantě umístění přiřadím maximum nákladů při vzniku selhání. Druhý obecný přístup obsahuje tzv. hodnotu očekávání selhání a tím ovlivňuje náklady na danou variantu umístění. Případně v modelu definujeme primární a sekundární objekty a klasifikujeme jejich možnou substitucí (Daskin a kol., 2003).

Dlouhodobé plánování je většinou připravováno na základě předpokladů jednotlivých jednotek firem a jejich vedení. Z hlediska matematických modelů lze tyto

předpoklady simulovat na základě možných úvah o budoucím vývoji či dle možných rizik. Tento způsob souvisí s použitím statického přístupu, viz začátek kapitoly 2.5.

Rozhodování za nejistoty lze dle řešitelských postupů rozdělit do dvou skupin - stochastické programování a robustní optimalizaci. U náhodného programování dochází k definici možných scénářů, kterým je případně přidána váha s pravděpodobností daného vývoje. Optimalizace vychází z možných scénářů, ale je bez určení pravděpodobností vývoje. Cílem optimalizace je následné omezení možného vlivu nejhorších situací z hlediska možných nákladů. Připravíme se a předejdeme tím nejhorším variantám možného vývoje (Daskin a kol., 2003).

Jako jeden z poznatků rozboru teorie lokalizační problematiky bych rád uvedl, že velká část literatury k lokalizačním problémům a rozhodnutím odkazuje na Balloua a jeho publikace. Zároveň jeho text obsahuje a zahrnuje stěžejní teorie dalších autorů. Po srovnání několika knižních zdrojů, vědeckých žurnálů a záznamů z konferencí mohu právě Balloua doporučit jako zdroj k podrobnému poznání a pochopení řešené problematiky.

3 Řešený problém

Na teoretické poznatky navazuje podrobný popis zadaného problému. Praktický příklad je i názorným nástrojem k lepšímu pochopení problematiky. Diplomová práce tedy obsahuje a řeší jako nedílnou součást příklad z reálné situace. Jelikož si zástupci popisované společnosti nepřejí uveřejňování dat, není v práci uvedeno jméno společnosti a vybraná zdrojová data prošla kalibrací. Uvedené zásahy do dat ochrání společnost před únikem cenných informací, ale neovlivní úlohu a aplikaci teorie.

3.1 Výchozí situace společnosti

Většina výše uvedených teorií vycházela z analýz lokačního problému na území severní Ameriky nebo Velké Británie. Pro teoretický základ a odvození pravidel je daný přístup určitě vhodný.

Já však aplikuji záměr na společnost působící po celém světě. Tento příklad nejlépe vystihuje současný vývoj, kdy jsou trhy ve velké většině otevřeny mezinárodnímu obchodu a stále silněji ekonomicky propojeny.

Řešená společnost „Mech“ (pracovní název autora) vyvíjí a vyrábí strojní zařízení. Výrobky - produkty jsou dodávány jako dílčí stroje pro automobilky, slouží ke zpracování zemědělských produktů a v potravinářské výrobě. Často je dodávána celá technologie továrny tzv. na klíč včetně jejího spuštění.

Portfolio firmy Mech:

- Výrobní linky - potravinářství



Obrázek 3-1: Výroba čokolád Maestrani Flawil Switzerland
(web Myswitzerland, 2016)

- Zpracování zemědělských plodin, např. pšenice



Obrázek 3-2: Mlýn Herber (web Herber, 2016)

- Automobilový průmysl - stroje pro výrobu odlitek



Obrázek 3-3: Odlitek, Die casting (web Diecasting Chian,2016)

- a další související produkce s předchozí uvedenou

Portfolio působí poměrně široce, ale jedná se o výrobu strojních zařízení pro různá odvětví. Technologie a nástroje výroby strojních zařízení jsou však podobné až totožné. Benefitem je vývoj, který vychází ze zpracovávaného materiálu. Jeho dílčí poznatky mohou být využívány napříč celým portfoliem společnosti. V dalších částech práce budou produkty popsány podrobněji s vazbou na prováděné modelování.

Minimálně stejný význam jako rozsah produktů má i rozmístění výroby ve vlastních továrnách a lokace zákazníků.

- Zákazníci

Vzhledem k šíři portfolia lze konstatovat, že zákazníci jsou po celém světě. Zejména ve zpracování zemědělských plodin a potravinářství budou do této skupiny patřit všechny země, kde zrovna neprobíhá válečný konflikt nebo absolutní omezení investic na daném trhu (např. z politických důvodů).

- Vlastní továrny

Rozmístění výrobních kapacit přirozeně vyplývá z relativně logického historického vývoje. Nejdříve došlo k založení rodinné společnosti v Evropě. Následně probíhaly fúze na evropském kontinentu za účelem pohlcení konkurence či její technologie. Dále pak probíhaly vstupy na nové trhy pod domácí značkou, zejména po rozpadu východního bloku. Vedle velkých fúzí docházelo k nákupu menších firem s novými doplňujícími technologiemi.

V poslední řadě ovlivní strukturu sítě továren koupě nebo vybudování dalších továren s nezbytným zázemím. Tento krok souvisí se strategickým umístěním výroby v regionu či na konkrétních trzích při rozsáhlé mezinárodní expanzi. Samozřejmě lze naleznout i souvislosti s využitím nižší ceny pracovních sil.

Pro názornou představu jsem zaznačil do následné mapy světa červenými body významnější výrobní kapacity firmy Mech. V některých zemích, označených jedním červeným bodem, se může nacházet i několik vlastních továren.

Upřesnění - v grafice jakožto v celé úloze není uvažována a zobrazena dodavatelská síť.



Obrázek 3-4: Mapa - grafické znázornění továren, zpracoval autor

V popisu struktury společnosti nesmíme opomenout obecné důvody pro komplikovanější globální složení:

- Vliv lokálních trhů je v některých případech velice silný. Každý region má své specifické požadavky a každá mezinárodní společnost na ně musí více či méně reagovat. Jako konkrétní příklad nám může posloužit kukuřice, která je primárním produktem pro několik afrických zemí. Z hlediska výroby to znamená modifikovanou verzi produktů či jejich částí. V případě Asie je podstatně výraznější poptávka po zařízeních ke zpracování rýže než v Evropě.
- Smysluplnost v diverzifikaci produkce s výše uvedeným argumentem doplňuje snížení rizik dopadu změn v jednotlivých lokalitách na celkovou společnost (ekonomických, geopolitických atd.).
- Rozptýlení zároveň často vede ke snížení nákladů v případě využití levnějších pracovních sil.

3.2 Hlavní faktory vlivu - priority

Po stručném úvodu o řešeném příkladu se blíže seznámíme s hlavními faktory vlivu, které pro nás budou určující k analýze stávající situace a následnému hodnocení s možnou optimalizací.

Jednotlivé faktory vlivu jsou popsány v následujících odstavcích. Podrobnost detailu odpovídá globálnímu měřítku a nezabývá se všemi možnými dílčími náklady, které by celou úlohu zbytečně zkomplikovaly bez významného pozitivního přínosu.

3.2.1 Výrobní náklady továren

První faktor vychází ze samotných výrobních závodů. Určující budou celkové náklady složené z fixních a variabilních nákladů pro každou továrnu.

Nákladů existuje mnoho druhů a můžeme je třídit z mnoha hledisek. Důležitý je pro nás manažerský pohled, který nám poslouží k rozhodování, jak uvádí Scholleová (2012, str. 42). Dále upřesňuje klasifikační analýzu založenou na logickém rozdělení všech nákladů.

Jelikož vycházíme z existující sítě továren, dané situace u řešeného příkladu využijeme. Jako zdrojová data použijeme reálné informace z předchozích let jako například vyhodnocení celkových hodinových nákladů každé továrny v řešené úloze.

Nerozlišujeme významně vyspělost technologií a vybavení továren, pouze celkové roční náklady a množství produkce. Tento přístup můžeme využít pouze za předpokladu, než neřešíme investice do stávajících zařízení a inovací jednotlivých provozů.

3.2.2 Materiál

Materiál a suroviny jsou pro výrobu také významným faktorem. U různých produktů nabývá různého významu. Vzhledem ke globalizaci a dostupnosti surových komodit za shodné či téměř shodné ceny ve většině zemí, bude pro všechny továrny cena materiálu téměř, či úplně totožná. U výrobků v řešeném příkladu cena materiálu nehraje v prodejní ceně produktu dominantní roli. Mluvíme o poměru ceny za materiál vždy pod 50% z celkové ceny.

Na základě uvedených informací bude tedy hodnota materiálu pro všechny továrny konstantní. Případná sezónnost se projeví opět u všech továren totožně, tudíž ji také nemusíme v řešené úloze podrobněji zahrnovat.

V případě hodnocení surovin musíme zohlednit variantu dominantní závislosti na specifické komoditě. V případě, že jsou výrobky ovlivňovány dostupností

speciálních, komplikovaně přístupných surovin, je nutné pečlivě danou situaci zhodnotit a zahrnout materiál mezi faktory vlivu budoucího rozhodování.

Řešený příklad nestaví svou produkci na výjimečných, nebo nedostupných materiálech. Pokud v rámci úkolu řešíme porovnání, můžeme za výše uvedených podmínek uvažovat materiál jako konstantu případně jej při porovnání shodných výchozích situací továren *úplně vypustit*. Nesmíme však toto vynechání pro určité srovnání opomenout ve zhodnocení či dalším využití dat.

3.2.3 Logistika - přeprava

Odborně pod výrazem logistika nalezneme velkou soustavu procesů od zásobování materiálem přes pohyb polotovarů v rámci výroby po dodávku zákazníkům včetně odlišnosti podmínek v univerzálně využívaných Incoterms.

Řešit podrobně celou logistiku týkající se daného příkladu by bylo na jeden či více samostatných projektů. Je třeba si uvědomit, jaké stupně logistiky a jaká logistická data ovlivní řešení. Z kapitoly 3.2.2 vyplývá, že můžeme uvažovat dodávku surovin jako konstantu pro všechny výrobní závody. Doprava surovin a polotovarů v rámci továrny může být zahrnuta již v prvním faktoru, pokud vycházíme z celkových nákladů na výrobek, dokud neopustí bránu výrobního závodu. Tato data budou zahrnovat i náklady spojené s dočasnou mezideponií, manipulací i pojištěním.

Výrazně odlišná bude přeprava z továren k zákazníkům. Rozdíly jsou ve způsobu využití dopravy, která je většinou z velké části námořní. Dalším rozdílem je přepravní vzdálenost a podmínky přepravy, které jsou však specifické u každého zákazníka. Pro účely řešení přepravy hotových produktů k zákazníkovi jsem stanovil nejčastější podmínky incoterms CFR do přístavu země odběratele. Tyto podmínky budou shodné u všech produktů a zákazníků řešeného příkladu.

Z nákladového hlediska jednotlivých druhů přepravy popisuje historický vývoj přepravních cen v dekadách Hummels (2007, str.141 - 147). Informace bohužel neodráží aktuální situaci cen námořní přepravy. Na základě orientačního srovnávání cen a konzultace s odborníky na logistiku včetně společností zajišťující přepravní služby, jsem si ověřil domněnku o cenách - nákladech na přepravu. Tyto hodnoty se nedají obecně matematicky odvodit. Univerzální koeficienty jako cena za kilometr, námořní míle apod. v praxi nefungují. Když budeme přepravovat zboží z Evropy do Číny, zaplatíme jinou cenu než v opačném směru.

Ceny za přepravu jsou v čase *proměnlivé*. Aktivně a rychle reagují na změny trhu. Zároveň však mohou zahrnovat všechny doprovodné služby jako dočasné skladování v přístavech, pojištění, nakládku atd.

Tento faktor jsem tudíž řešil v případě úlohy jako standardní požadavek účastníka trhu. Poptal jsem ceny, za výše uvedené služby pro kontejner velikosti 40. Zboží je z 90% dodáváno v desítkách plně zaplněných kontejnerů uvedené velikosti. Jelikož pracuji s několika továrnami a 154 zeměmi se zákazníky, provedl jsem optimalizaci na straně zákazníků. Ze 154 zemí jsem kvalifikovaně zvolil 30 významných regionálních zástupců, dle polohy a obchodního významu. Od firmy SPEDICA jsem získal ceny za přepravu mezi továrnami a těmito 30 zeměmi. Podrobnější informace o datech jsou v kapitole 4 a v příložených souborech.

3.2.4 Speciální vlivy

V rámci mezinárodních obchodů a kulturních rozdílů se mohou objevit doprovodné náklady s vazbou na danou zemi či skupinu zemí. Tyto vlivy jsou doprovodným prvkem konkrétních obchodů.

Do této kategorie budou patřit specifické dovozní daně, které chrání místní produkci před levným zahraničím. Dále to jsou náklady na požadavky zpětné investice v dané zemi apod. Pro započítání speciálních vlivů důrazně doporučuji vycházet z reálných zkušeností mezinárodních obchodů a příslušných specialistů. Často se totiž daří vícenáklady spojené se speciálními vlivy odstranit různými administrativními či jinými nástroji.

4 Modelové řešení

Veškeré předchozí teoretické poznatky a popis stávající situace přirozeně vedou k vytvoření konkrétního matematického modelu. Model musí dokázat vytřídit potřebné údaje. Zpracovat je a stanovit ideální varianty rozložení výroby na základě konkrétních požadavků - podmínek.

Informace v této kapitole aplikují a upřesňují údaje uvedené v kapitole 3 pro účely řešené úlohy.

4.1 Vstupní data

Výchozí data jsou získána exportem ze SAPu, poskytnuta pro účely řešené úlohy.

Jedná se o *97 808 položek* s informacemi o dodávaných produktech (viz obrázek níže). S ohledem na dohodu o poskytnutí dat nejsou vnitřní, citlivé údaje společnosti Mech prezentovány v této práci. Případně jsou data zkalibrována.

4.1.1 Struktura vstupních dat o produkci

	A	B	C	D	E	I	K	M	N
	Date OR: Cal. Year	Chiffre	Type	Chiffre Type (BW mapped)	Delivery Plant	Country (Final Ship-To)	Quantity	Hours	Production Costs
1									
78646	2015					China	1	8	1 363,97
78647	2015					Egypt	1	14	2 012,92
78648	2015					Bangladesh	2	28	4 196,61
78649	2015					Ukraine	12	272	40 274,76
78650	2015					Italy	2	51	7 515,02
78651	2015					Philippines	2	28	4 170,19

Obrázek 4-1: Data o globální produkci ze SAPu, Autor

- Rok výroby
Rok výroby produktu
- Označení produktu
Šifra - tento údaj slouží jako identifikátor produktů v modelu
- Celý název produktu
Jméno produktu popisující funkci

- Typ produktu
Označení velikosti a výrobní řady produktu
- Vyrábějící továrna
Továrna, která vyrábí konkrétní produkt dané dodávky
- Země doručení
Sídlo zákazníka, lokalita doručení
- Vyrobené množství
Množství produktů vyrobeno v rámci dané dodávky
- Doba výroby
Produkční čas továrny k výrobě dané dodávky
- Náklady výroby
Náklady továrny na danou dodávku, nezahrnuje materiál

4.1.2 Specifikace továren

Dále byly poskytnuty lokality existujících továren, průměrná a maximální kapacita v hodinách i rozpočítané náklady na hodinovou produkci každé továrny.

Na základě znalosti produktů a vybavení továren jsem zvolil 8 hlavních továren. Selekce vychází i z vyráběných produktů, možností substituce a zastoupení v dané lokalitě. Ostatní továrny vyrábějí pouze specializované produkty, jedná se o menší výrobny s příbuznou produkcí a vhodným know-how připojeným akvizicí.

4.1.3 Informace o výrobcích

Výrobky v mém modelu označuji jako produkty P1 až Px. Na základě zkušeností z produkce a projektového řízení jsem provedl výběr primárních zařízení, která vytváří majoritu v portfoliu společnosti a poptávky zákazníků. K jednotlivým produktům jsem zjistil rozměry a hmotnost pro specifikaci přepravních potřeb ke každému produktu.

4.1.4 Přeprava

Přepravní náklady byly poptány pro měsíc září 2016 od firmy SPEDICA. Výsledné hodnoty jsou dány za přepravu s náklady na krátké skladování, manipulaci i pojištění. Cena v dolarech byla poptána pro kontejner velikosti 40 o vnitřních rozměrech:

Šířka 2,350 m

Délka 12,035 m

Výška 2,385 m

Získané a použité údaje jsou součástí přiloženého xcelu. Použitá data vycházejí z lokace továrny a cílové destinace zákazníka.

Na obrázku níže jsou továrny ve sloupci označeny F1 až Fx. V řádku jsou vypsané země doručení - sídlo zákazníků.

	A	C	H	I	J	K
1	FACTORY					
2						
3		Country	Albania /	Algeria /	Angola /	Argen
4	F7	India	2 500	2 490	3 490	3 6
5	F9	Germany	2 350	1 720	2 720	2 9
6	F5	Germany	2 350	1 720	2 720	2 9
7	F4	China	2 600	2 350	1 950	2 1
8	F10	South Africa	2 750	3 250	2 250	2 4
9	F6	Brazil	2 550	2 050	2 550	2 6

Obrázek 4-2: Ceny za přepravu od společnosti SPEDICA[\$], Autor

4.2 Parametry modelu

Vstupní data jsou v modelu postupně zpracována a rozdělena do jednotlivých listů v rámci přiloženého souboru excel. Každý list obsahuje dílčí část nezbytnou k dosažení řešení úlohy. Použité hodnoty jsou čerpány ze vstupních dat - exportu z databáze SAP.

4.2.1 Seznam zemí

Poloha a vzdálenosti jsou dány na základě GPS souřadnic lokací, které vycházejí z míst továren a exportovaných dat ze SAPu. Každé zemi ze SAPu v počtu 154 je přiřazena tzv. vedoucí země, která je jednou ze 30 zvolených hlavních lokalit.

All countries			Leader country
41,1111336	20,0274525	Albania	Albania
28,2136459	2,6547282	Algeria	Algeria
-12,3335552	17,5394650	Angola	Angola
-37,0719643	-64,8545074	Argentina	Argentina
-25,5852413	134,5041199	Australia	Australia
47,5884399	14,1402111	Austria	Germany
40 3310051	47 8082008	Azerbaijan	Iran

Obrázek 4-3: Souřadnice jednotlivých zemí, Autor

Jako zdroj informací pomohla databáze společnost Microsoft a vyhledávače Bing. K soupisu lokalit jsou za pomoci macro v excelu přiřazeny souřadnice. Na základě nejmenší vzdálenosti je vybrána a přiřazena jedna ze 30 hlavních zemí (označeny jako leader country). Hlavní země byly kvalifikovaně zvoleny na základě své polohy a obchodního významu pro společnost Mech. Vzdálenost při výpočtu zohledňuje i zakřivení země.

Postup a macro k přiřazení souřadnic je možné najít v různých modifikacích. Jednou z nich je pracovní sešit Günese (2016), který řeší rozmístění zařízení a servisní sítě na základě vzdáleností pro území Velké Británie.

4.2.2 Přepravní rozměry a cena za přepravu

Ke každému vybranému produktu jsou zadány i rozměry jednoho kusu produktu. Tyto rozměry byly přepočítány na poměr z objemu kontejneru 40 používaného k přepravě.

Ceny za přepravu mezi továrnami a zákazníky jsou popsány v kapitole 4.1.4 na základě dat poskytnutých firmou SPEDICA.

4.2.3 Poptávka

V listu poptávka zadáme do horizontální osy lokality zákazníků - trhy. První je vždy uvedena vedoucí země v daném regionu a pod ní jsou okolní státy. Do vertikální osy zadáme šifry zvolených zařízení (přebarveny modře) a řešený rok výroby. Tabulka dle zadaných hodnot automaticky doplní sumu poptávky daného zařízení na daném trhu v rámci uvedeného roku.

Příklad poptávky produktu P3 v Alžírsku, Maroku a Tunisku je vyznačen červenou elipsou na následujícím obrázku.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Machine					
2							
3		Chiffre	Year	Albania	Algeria	Angola	Argentina
4				Bosnia	Morocco	Congo DRC	Chile
5				Bulgaria	Tunisia	Congo Rep.	Uruguay
6				Greece		Namibia	
7				Hungary		Zambia	
8				Macedonia			
9				ME			
10				Moldova			
11				Romania			
12				Serbia			
13							
14							
15							
16							
17	P1		2015	0	5	7	
18	P2		2015	0	1	31	
19	P3		2015	8	2	4	
20	P4		2015	0	1	19	
21	P5		2015	13	56	40	1
22	P6		2015	20	3	15	

Obrázek 4-4: Model – poptávka, Autor

4.2.4 Parametry továren a doba produkce

List s parametry souvisejícími s konkrétními továrnami vychází z výše uvedených faktorů. V rámci listu musíme definovat následující parametry:

- továrny a jejich lokace
- celkové výrobní kapacity továren v hodinách
- modifikované výrobní kapacity s ohledem na reprezentativní vzorek produktů
- výrobní vlastnosti továren
vybavení, patenty, znalosti a zkušenosti, cena hodinové produkce, schopnost vyrábět jednotlivé produkty

K zadaným parametrům jednotlivých továren jsou automaticky dopočteny průměry produkčních hodin na již dříve vybrané produkty.

V této části modelu doporučuji empirickou kalibraci parametrů. Ne vždy budou data takového rozsahu úplně přesná. Důvodem může být například použití a modifikace produktu, který nebyl dodán původnímu zákazníkovi. Tato situace nastane při neuhrazení kupní ceny, změnách v projektu či chybné specifikaci objednávky. Zadaná fakturace - časový nárok se pak už týká pouze modifikace a kontroly produktu pro dalšího zákazníka, nikoliv jeho celkové výroby.

Parameters		Factories							
City		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Country		Europe	Europe	China	China	Europe	S. America	India	N. America
Code									
Factory		Factory 1	Factory 2	Factory 3	Factory 4	Factory 5	Factory 6	Factory 7	Factory 8
Capacity	hours	41 464	74 598	150 000	40 144	24 598	590	11 193	1 976
Hourly rate	\$/h	135,26	48,87	26,54	16,5	71	48,97	16,58	54,77
Factory properties coe	-	1	1,5	1,2	1,1	1		1	1,1

Obrázek 4-5: Parametry továren, Autor

- Město, země a označení továrny
Konkrétní použitá místa nemohou být uveřejněna na základě podmínek o poskytnutých datech. Z tohoto důvodu jsem pro orientaci uvedl alespoň příslušné kontinenty k jednotlivým továrnám. Model vyhledává údaje na základě označení továrny „code“.
- Kapacita produkce
Jedná se o roční kapacitu dané továrny v hodinách, která je zkalibrována dle referenčních produktů.
- Cena hodinové produkce
Rozpočítané celkové roční náklady dané továrny a určení ceny jedné hodiny výroby v dané továrně (včetně všech nezbytných doprovodných nákladů). Ceny vycházejí z poskytnutých dat v rámci databáze SAP.
- Koefficient vlastností továrny
Empiricky odvozená hodnota. Zohledňuje technické vybavení továrny a její celkové schopnosti pro produkci.
Tento koeficient následně využijeme pro určení výroby produktů tam, kde nejsou doposud vyráběny i když to technické vybavení umožňuje.

Z hlediska vyšší efektivity výroby jsou některé továrny specializovány na určitou skupinu produktů. Tudíž v datovém zdroji nebudou hodnoty pro všechny produkty ve všech továrnách a tyto údaje musíme odvodit. Vlastnosti továrny vzhledem k možné výrobě charakterizuje tabulka, která je uvedena na následujícím obrázku.

	Year	Production possibility					
		Factory 1	Factory 2	Factory 3	Factory 4	Factory 5	Fac
P1	2015	1	0	1	0	0	
P2	2015	1	0	1	0	0	
P3	2015	1	1	0	1	1	
P4	2015	1	1	0	1	1	
P5	2015	1	1	1	1	1	
P6	2015	1	1	1	1	1	
P7	2015	1	1	0	1	1	
P8	2015	1	1	0	1	1	
P9	2015	1	1	1	1	1	
P10	2015	1	1	1	1	1	
P11	2015	1	0	1	0	0	

Obrázek 4-6: Výroba produktů v jednotlivých továrnách a možnosti substituce,

Autor

Vedle čistého matematického odvození výroby je provedeno i manuální určení substituce výroby jednotlivých produktů v továrnách 1-8. Určení možné substituce vychází z mé osobní technické znalosti produktů a jejich konstrukční podobnosti. Informace je uvedena v tabulce „production possibility“. Horizontální osu tvoří továrny, vertikální osa označuje jednotlivé produkty. Hodnota „1“ znamená možnou výrobu v továrně, hodnota „0“ označuje opak.

Modré podbarvení čísla 1 znázorňuje reálnou výrobu daného výrobku v továrně v určeném roce. Bílé pozadí čísla 1 určuje možnou výrobu. V takovém případě se jedná o empirickou kalibraci na základě technických znalostí konkrétních produktů a požadavků na jejich výrobu.

Kombinací předchozích parametrů získáme počet hodin potřebných k výrobě produktů v jednotlivých továrnách. Tyto hodnoty jsou znázorněny na následujícím obrázku. Danou tabulku doprovázejí doplňující informace k produktům, které budeme později také potřebovat.

Poznámka - hodnota „0“ opět znamená, že továrna nevyrobí daný produkt.

	Universal production time	caunted	Load of container	Year	Aver		
	manual correction				Factory 1	Factory 2	Fac
P1	110	110	0,20	2015	110	0	
P2	150	150	0,20	2015	150	0	
P3	124	124	0,40	2015	124	199	
P4	95	59	0,40	2015	0	88	
P5	50	50	0,01	2015	50	12	

Obrázek 4-7: Tabulka doby výroby produktů v jednotlivých továrnách, Autor

- Empirická úprava doby produkce
Vychází z empirické kalibrace popsány výše - modifikace již vyrobeného produktu apod. Omezuje vliv extrémních vybočujících hodnot na matematický model. Z této hodnoty a *koeficientu vlastnosti továrny* je pak odvozena doba produkce daného produktu v ostatních továrnách, které daný produkt dosud nevyrábějí i přes dostatečné technické vybavení.
- Vypočítaná doba produkce
Matematicky určený průměr doby produkce dle datového zdroje databáze SAP.
- Vytížení kontejneru
Určuje podíl využití objemu kontejneru pro jeden kus produktu (viz kapitola 4.2.2).
- Počet hodin na výrobu
Hodnota použitá pro další výpočty, která určuje potřebnou dobu na výrobu daného produktu v dané továrně včetně možných substitucí.

4.2.5 Cena výroby, přepravy a dodatečné náklady

Mezivýsledkem předchozích údajů je vyčíslení ceny za výrobu, přepravu a případné dodatečné náklady. Za účelem kontroly nad mezivýsledky jsem i v modelu dodržel rozdělení na tyto tři skupiny. Struktura je u všech skupin stejná. Vertikální osa se skládá z továren a všech produktů u každé z nich. Horizontální osa slouží pro vedoucí země. V buňkách pak nalezneme cenu přepravy atd. pro příslušnou kombinaci konkrétního produktu vyrobeného v určité továrně a pro konkrétní cílovou zemi. Následně budou všechny hodnoty za výrobu, přepravu a dodatečné náklady sečteny.

Strukturu popisovaných kroků znázorňuje následující obrázek.

Factory	Machine											
		Year	Albania	Algeria	Angola	Argentina	Australia	Brazil	Canada	Egypt	Germany	Ch
Factory 1	P1	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13
	P2	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13
	P3	2015	940	688	1 100	1 176	688	1 176	688	688	80	26
	P4	2015	940	688	1 100	1 176	688	1 176	688	688	80	26
	P5	2015	16	12	19							
	P6	2015	16	12	19							
	P7	2015	16	12	19							
	P8	2015	118	86	138							
	P9	2015	1 175	860	1 375							
	P10	2015	1 175	860	1 375							
	P11	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13
	P12	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13
	P13	2015	353	258	413	441	258	441	258	258	30	9
	P14	2015	353	258	413	441	258	441	258	258	30	9
	P15	2015	235	172	275	294	172	294	172	172	20	6
	P16	2015	235	172	275	294	172	294	172	172	20	6
Factory 2	P1	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13
	P2	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13
	P3	2015	940	688	1 100	1 176	688	1 176	688	688	80	26
	P4	2015	940	688	1 100	1 176	688	1 176	688	688	80	26
	P5	2015	16	12	19			21	12	12	1	5
	P6	2015	16	12	19			21	12	12	1	5
	P7	2015	16	12	19			21	12	12	1	5
	P8	2015	118	86	138	147	86	147	86	86	10	3
	P9	2015	1 175	860	1 375	1 470	860	1 470	860	860	100	32
	P10	2015	1 175	860	1 375	1 470	860	1 470	860	860	100	32
	P11	2015	470	344	550	588	344	588	344	344	40	13

Obrázek 4-8: Struktura mezivýsledků cen výroby, přepravy a dodatečných nákladů v \$, Autor

Tabulka ukazuje cenu za přepravu produktu. Stejně hodnoty označují stejné využití kontejneru a shodnou přepravní trasu. Hodnoty jsou uváděny v \$. Ceny a kurzy měn v souvislosti s přepravou vycházejí z reálné situace na trzích v září 2016.

Pro zbývající dvě oblasti této kapitoly je struktura dat shodná, pouze nabývá jiných hodnot. V modelu jsou všechny tyto buňky vyplněny automaticky na základě údajů uvedených v předchozích kapitolách. Tyto listy slouží zejména pro kontrolu, pochopení a přehled nad jednotlivými kroky modelu.

Pro správný výpočet modelu nemohou nabývat ceny produktů hodnoty „0“. Tato situace nastává v případě, že továrna daný produkt nemůže vyrábět. Tudiž je u těchto výrobků v modelu uvedena extrémně vysoká cena výroby. Z matematického hlediska se pak bude model chovat správně. V opačném případě by se produkty s nulovou cenou často zobrazovaly jako nejvýhodnější varianta.

4.2.6 Suma cen výroby, přepravy a dodatečných nákladů

Jak už naznačuje předchozí kapitola následným krokem je součet uvedených tří oblastí (listů v modelu) pro každý produkt z příslušné továrny do určité země. Struktura se plně shoduje s obrázkem 4-8.

4.2.7 Řešitel - podmínky a proměnné

Nejdříve si připomeneme zjednodušeně cíl úlohy. Tím je najít ideální rozložení výroby produktů v jednotlivých továrnách. Abychom došli k cíli, musíme v modelu jednoznačně matematicky definovat podmínky k vymezení výsledků.

Konečné výsledky se v modelu skládají ze dvou částí:

- podmínek
- a výsledných hodnot výroby produktů v jednotlivých továrnách pro určité země

Sloučení obou částí do jednoho listu je nutné kvůli použití řešitele, který pracuje pouze s daty na jednom listě.

Podmínky:

1. Minimum

Podmínka minima vychází z požadavku na nejmenší náklady od výroby až po dodání produktu do země zákazníka. Řešitel použije jako proměnnou množství produktů z továrny do země. Tomuto množství jsou pak přiřazeny náklady popsány v kapitole 4.2.5.

Constrains:			
1	Minimum		15 463 625
f_x	=SOUČIN.SKALÁRNÍ('Total costs'!F5:AI132;F4:AI131)		

Obrázek 4-9: Podmínka minima celkových nákladů a rovnice výsledné buňky pro řešitele, Autor

2. Kapacita továren

Výrobní kapacity nejsou u žádné továrny nekonečné. Tudíž roční dodávka produktů nesmí překročit tyto hodinové kapacity. Uvedené hodiny na obrázku níže („productive hours“) jsou součtem hodin

za všechny vyrobené produkty v dané továrně, které vycházejí z optimálního matematického rozložení výroby a hodnot proměnných v rámci řešitele.

2 Capacity of factories		Factory 1	Factory 2	Factory 3	Factory 4	Factory 5	Factory 6	Factory 7	Factory 8
capacity of factory		41 464	74 598	150 000	40 144	24 598	590	11 193	1 976
Productive hours (sum)	\geq	38 182	63 245	150 000	40 144	19 173	590	11 193	1 505

Obrázek 4-10: Podmínka kapacity továren v hodinách, Autor

3. Uspokojení poptávky

Veškerá poptávka na vybrané produkty v daném roce, dle databáze získané ze SAPu, musí být zajištěna a poptané/prodané produkty vyrobeny.

4. Větší než nula

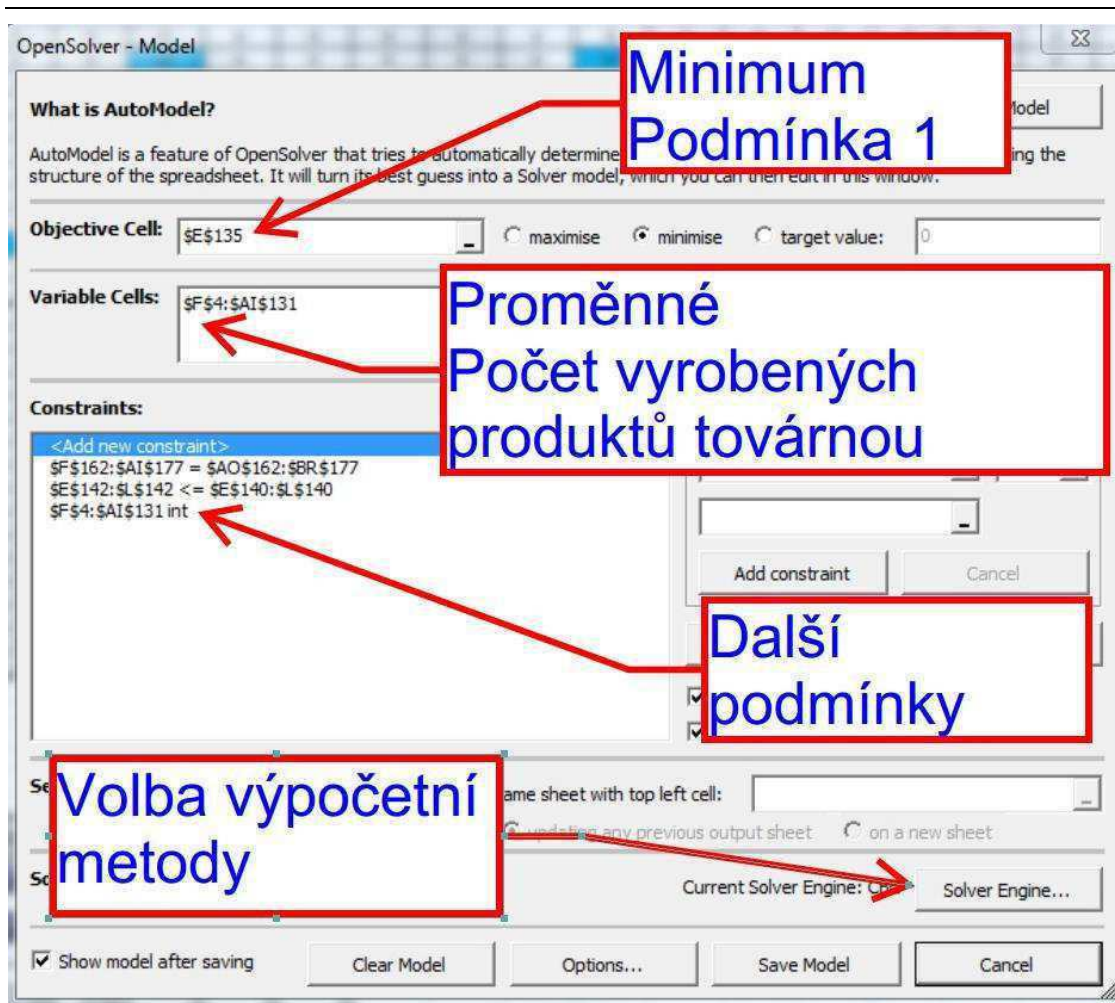
Z matematického hlediska je vhodné zařadit podmínky, že minimum musí být větší než nula, suma výrobních časů ze všech továren musí být také větší než nula apod. Tato podmínka je uvedena i jako jedna z podmínek používání lineárního programování viz kapitola 2.

5. Další podmínky vycházející z požadavků majitele a možných strategií společnosti:

- Minimální hodnota produkce v každé továrně
- Rozdělení produktů podle technologické úrovně (např. Evropa, Asie)
- Vyrábět vždy co nejbliže k zákazníkům
- Udržení definovaného podílu výroby v Evropě
-

Model bude vždy obsahovat první čtyři podmínky. Argumenty uvedené pod číslem pět budou předchozí podmínky doplňovat v různých kombinacích. Poslední skupina podmínek bude tedy zároveň vytvářet možné scénáře pro rozhodování.

Následující obrázek znázorňuje zadání popsanych podmínek v rámci nástroje open solver, který je používán i v mém modelu jako nejvhodnější dostupný doplněk Excelu.



Obrázek 4-11: Podmínky zadány v řešiteli, Autor

Výsledky:

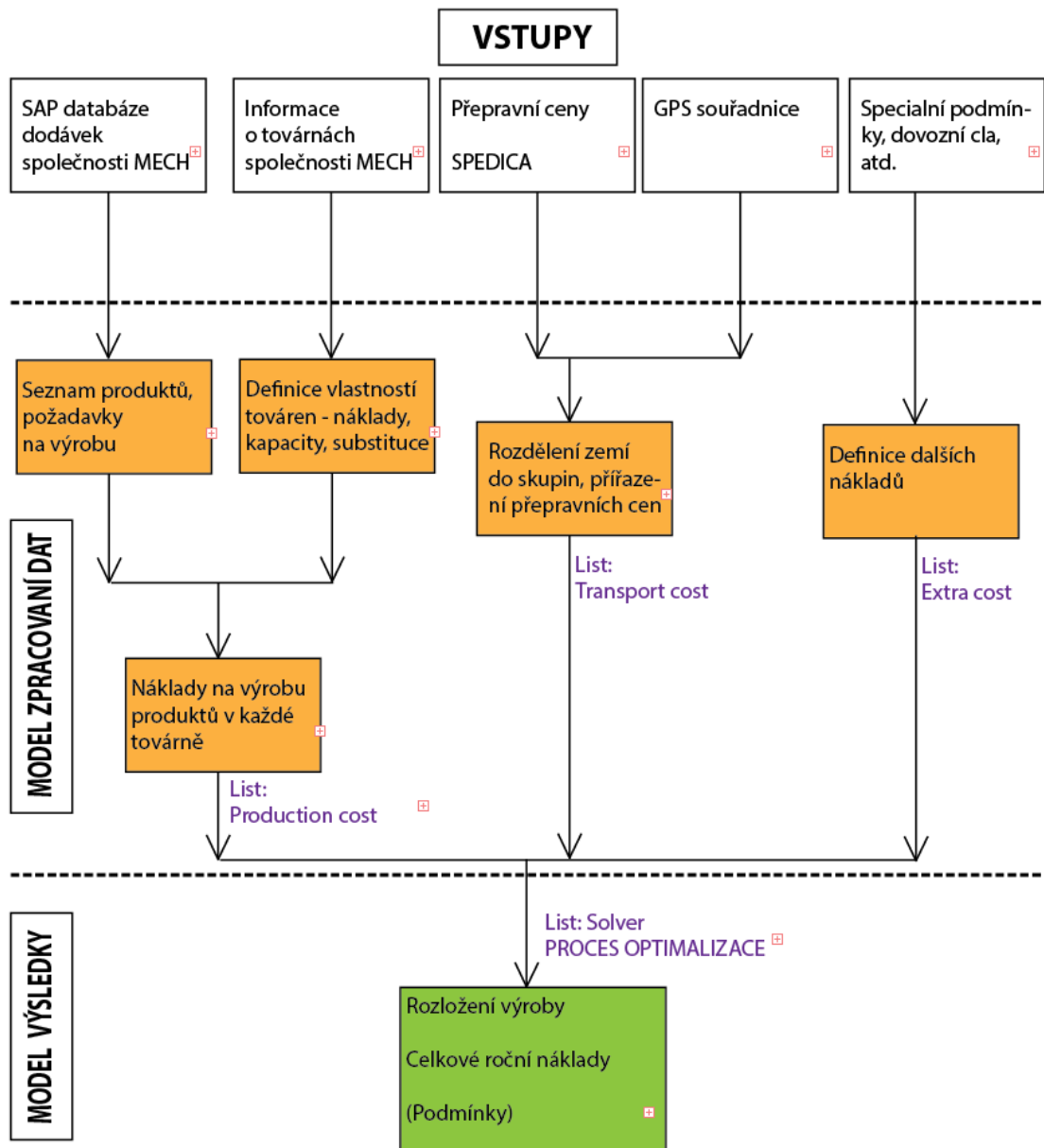
Výsledné hodnoty následně udává počet jednotlivých produktů, který má být vyráběn určitou továrnou. Továrna je definována vždy místem a parametry viz kapitola 4.1.2. Dalším výsledkem je pak i vytížení jednotlivých továren v rámci využití kapacity v hodinách. Tato informace je vidět na obrázku 4-10 *Podmínky kapacity továren*.

V momentě, kdy přepočítání všech variant vyhodnotí jako nejlepší možnost vyrábět určitý počet produktů v určité továrně pro konkrétní zemi/zákazníka, je počet kusů vyčíslen v tabulce proměnných buněk a zároveň podbarven modrou barvou pro lepší přehlednost. Ukázkou struktury výsledků zobrazuje následující obrázek 4-12.

Factory		Machine	Year	Albania	Algeria	Angola	Argentina	Australia	Brazil	Canada	Egypt
Factory 1	P1	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P2	2015	0	1	0	3	0	24	0	0	0
	P3	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P4	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P5	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P6	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P7	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P8	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P9	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P10	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P11	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P12	2015	6	1	4	0	2	14	0	0	0
	P13	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P14	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P15	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P16	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory 2	P1	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P2	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P4	2015	0	1	19	5	0	9	0	0	0
	P5	2015	13	56	40	12	5	31	8	5	5
	P6	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P7	2015	2	50	2	1	2	1	0	0	0
	P8	2015	5	6	1	47	3	0	2	0	0
	P9	2015	2	3	4	2	6	2	0	0	0
	P10	2015	6	1	17	0	2	8	0	0	0

Obrázek 4-12: Výsledky, doporučený počet produktů, Autor

Jako zjednodušené shrnutí předchozích informací v kapitole 4, od vstupních dat po parametry modelu, slouží následující schéma na obrázku 4-13. Schéma znázorňuje v jednoduše pochopitelné formě strukturu modelu a vzájemné návaznosti.



Obrázek 4-13: Schéma modelu, Autor

5 Řešení modelu - scénáře a výsledky

Řešení úlohy můžeme naleznout v několika podobách. Výsledky jednotlivých scénářů se budou odvíjet od konkrétních podmínek, proto vždy každý výsledek spojují s popisem daných podmínek - scénářů. Informace uvedené v této kapitole se věnují pouze výsledkům s nejvyšší prioritou s ohledem na zadání a velikost rozsahu práce. Podrobné kompletní výsledky jsou obsahem příloh.

5.1 Nabídkový scénář obchodníka

Prvním z uváděných scénářů je řešení označené jako „01_vývoj“. Jedná se o model, který definuje nejlevnější továrnu pro dodání konkrétních produktů do dané země. Model je sestaven na jednom listu excelu a výchozí data jsou aplikována ručním zadáním.

Tento model je pro řešenou úlohu výchozí. Zároveň je nutno uvést, že se jedná pouze o mezistupeň k dosažení cílů práce. Při detailním průzkumu poslouží k pochopení souvislostí uvnitř následných řešení. V praxi jej lze využít jako jednoduchý nástroj k rychlému určení hranic obchodních nabídek.

Vstupní data

- výrobní náklady na produkty P1-P8 ve čtyřech továrnách, data byla získána manuální selekcí průměrů dob výroby
- definice umožnění výroby v daných továrnách Fx
- ceny za přepravu kontejneru

Výsledek

Výsledkem je tabulka se soupisem produktů v prvním sloupci, seznamem koncových zemí klientů v horním řádku a nejvhodnější továrnou ke každé kombinaci produktu pro určitou zemi. Výsledek v tabulce níže doporučuje výrobu v továrnách, kde je možné daný produkt vyrábět a kde je nejnižší výrobní tarif \$/hod. Továrny F14 a F3 jsou nejlevnější. Všechny využití údaje jsou k dispozici v příloženém souboru excel.

Produkt	Nejlevnější továrna pro zákazníka				
	LOCATIONS				
	Angola	Brazil	Germany	USA	U A Emirates
	Továrna				
P1	F14	F14	F14	F14	F14
P2	F14	F14	F14	F14	F14
P3	F14	F14	F14	F14	F14
P4	F14	F14	F14	F14	F14
P5	F14	F14	F16	F14	F14
P6	F3	F3	F16	F3	F3
P7	F3	F3	F3	F3	F3
P8	F3	F3	F16	F3	F3

Obrázek 5-1: Výsledky, scénář obchodníka, Autor

5.2 Scénář dle výchozí situace - zkušenosti

Ke kvalifikovanému vyhodnocení výsledků je vhodné doplnit srovnání s reálnou zkušeností. Druhý scénář proto vychází z reálných dat a konkrétní umístění produkce na základě zkušeností a rozhodnutí poskytovatele dat, bez využití optimalizačních nástrojů.

Vstupní data

- výrobní náklady na produkty P1-P8 v příslušných továrnách, data byla získána automatickou selekcí
- každý výrobek má pevně definován výrobní závod, bez možnosti substituce či optimalizace
- ceny za přepravu kontejneru
- další nespécifikované vlivy - manažerské rozhodnutí, reakce na špičky poptávky, strategické změny atd. , které se promítly v umístění výroby
- výrobní kapacity v hodinách jsou pevně dány, nejsou omezující - vycházejí ze zkušenosti

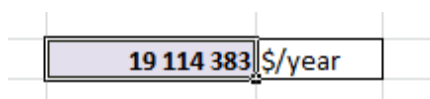
Výsledek

Výsledkem je tabulka, která poskytuje přehled o výrobě produktů. V tabulce označené „Quantity“ na listu Solver bez aplikace je možné vyhledat přesný počet produktů (P1-P16) vyrobených danou továrnou (Factory 1-8) pro příslušné země, zákazníky v daném roce. Například produktu P8 bylo vyrobeno 24ks továrnou 1 pro trhy sdružené pod Argentinou jako hlavní zemí (viz následující obrázek).

Factory	Machine	Year	Albania	Algeria	Angola	Argentina	Australia	Brazil	Canada	Egypt
			Bosnia	Morocco	Congo DR	Chile	Fiji	Barbados		
Bulgaria	Tunisia	Congo Rep	Uruguay	New Caledonia	Bolivia					
Greece		Namibia		New Zealand	Colombia					
Hungary		Zambia		Papua	Ecuador					
Macedonia					Guyana					
ME					Paraguay					
Moldova					Peru					
Romania					Puerto Rico					
Serbia					Suriname					
					Trinidad /Tobago					
					Venezuela					
Factory 1	P1	2015	0	5	7	0	0	0	9	24
	P2	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
	P4	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
	P5	2015	0	1	0	3	0	0	0	4
	P6	2015	0	0	0	0	0	0	0	1
	P7	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
	P8	2015	0	0	0	24	0	0	0	0
	P9	2015	2	3	4	2	6	2	6	3
	P10	2015	0	0	0	0	1	0	0	0
	P11	2015	0	4	0	0	0	0	6	4
	P12	2015	0	0	0	0	0	0	0	0
	P13	2015	1	1	2	0	2	0	0	0

Obrázek 5-2: Rozložení výroby, scénář dle výchozí situace, Autor

Celou tabulku s podrobným rozložením výroby produktů lze nalézt i v příloze PDF „02_vychozi situace_rozlozeni_vyroby“. Dalším výsledkem je suma celkových nákladů na danou výrobu dle podmínek uvedených v předchozích kapitolách.



Obrázek 5-3: Celkové náklady, scénář dle výchozí situace

K částce výše uvedené je třeba doplnit, že nezahrnuje celkovou poptávku. Jelikož přesně vycházíme ze stávající situace, je nutné zkontrolovat, zda je v nákladech zahrnuta celá poptávka. Část produktů mohla být vyrobena některou méně významnou továrnou, která není součástí modelového scénáře. Celkový součet vyrobených produktů a celkovou poptávku zobrazuje následující obrázek 5-3. Zelená poznámka označuje malé množství produktů vyrobených mimo strategicky důležité továrny. Červená poznámka označuje velké množství produktů nevyrobených a nezapočítaných

ve vybraných továrnách. V případě započtení celé poptávky narostou celkové náklady na 23 411 119 \$ za rok 2015.

	Započteno	Poptáno	
P1	218	218	
P2	504	504	
P3	227	235	vyrobena jinde
P4	135	141	vyrobena jinde
P5	1 151	1183	vyrobena jinde
P6	354	382	vyrobena jinde
P7	127	145	vyrobena jinde
P8	427	430	vyrobena jinde
P9	262	262	
P10	6	198	vyrobena jinde
P11	48	48	
P12	289	289	
P13	51	51	
P14	90	90	
P15	323	488	vyrobena jinde
P16	371	371	

Obrázek 5-4: Suma vyrobených produktů, scénář dle výchozí situace, Autor

V rámci výsledků modelu dle výchozí situace se nezabýváme využitím továren a jejich kapacitami. Jelikož se nejedná o žádnou optimalizaci, jsou tyto hodnoty pevně dány a využity na základě předchozích manažerských rozhodnutí.

5.3 Scénář minimálních nákladů I

Třetí scénář je prolnutím předchozích dvou. Jeho cílem je dosažení minimálních nákladů na straně firmy Mech při automatickém a optimalizovaném zohlednění všech výchozích dat.

Vstupní data

- výrobní náklady na produkty P1-P8 v příslušných továrnách, data byla získána automatickou selekcí
- každému produktu je definován nejvhodnější výrobní závod, možnost substituce či optimalizace
- ceny za přepravu kontejneru

- výrobní kapacity v hodinách jsou definovány z výchozího stavu bez kapacitních rezerv a mohou být omezující pro výrobu v některých továrnách

Při aplikaci scénáře byla provedena optimalizace rozložení výroby výpočetním nástrojem Open Solver.

Výsledek

Výsledkem je opět tabulka, která poskytuje přehled o výrobě produktů. V tabulce označené „Quantity“ na listu Solver je možné vyhledat přesný počet produktů (P1-P16) vyrobených danou továrnou (Factory 1-8) pro příslušné země, zákazníky v daném roce. Na obrázku 5-5 je vidět výřez jako u předchozího řešení. Pro názornost již uvádím pouze hlavní lokality, které stále zahrnují poptávku okolních zemí (znázorněny např. v obrázku 5-2).

Factory	Machine								
		Year	Albania	Algeria	Angola	Argentina	Australia	Brazil	Can
Factory 1	P1	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P2	2015	0	1	0	0	0	27	0
	P3	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P4	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P5	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P6	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P7	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P8	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P9	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P10	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P11	2015	0	0	0	0	0	0	0
	P12	2015	6	1	4	3	2	14	0
	P13	2015	0	0	0	0	0	0	0

Obrázek 5-5: Rozložení výroby, scénář minimálních nákladů I, Autor

Celou tabulku s podrobným rozložením výroby produktů lze nalézt i v příloze PDF „03_scenar min nakladu I“. Opět výsledky doplňuje suma celkových nákladů pro dané rozložení výroby produktů:

16 037 315 \$/year

Obrázek 5-6: Celkové náklady, scénář minimálních nákladů I, Autor

Vedle nákladů je v případě optimalizace a možnosti dalšího srovnání nezbytné zobrazit dostupné a využívané hodinové kapacity jednotlivých továren. První číselný řádek uvádí dosažitelnou kapacitu jednotlivých továren použitou při výpočtu. Druhý číselný řádek uvádí využitou kapacitu v hodinách.

	Factory 1	Factory 2	Factory 3	Factory 4	Factory 5	Factory 6	Factory 7	Factory 8	
capacity of factory	41 464	74 598	150 000	40 144	24 598	590	11 193	1 976	hours
Productive hours (sum)	39 518	63 588	149 772	40 081	19 496	450	11 179	1 309	hours

Obrázek 5-7: Kapacitní tabulka, scénář minimálních nákladů I, Autor

5.4 Scénář minimálních nákladů II

Popisuje situaci předchozího scénáře s tím rozdílem, že jednotlivé továrny mají i rezervní výrobní kapacity.

Vstupní data

- výrobní náklady na produkty P1-P8 v příslušných továrnách data byla získána automatickou selekcí
- každému produktu je definován nejvhodnější výrobní závod, možnost substituce či optimalizace
- cena za přepravu kontejneru
- výrobní kapacity v hodinách jsou definovány z výchozího stavu s kapacitními rezervami a mohou být omezující pro výrobu v některých továrnách

Byla provedena optimalizace rozložení výroby výpočetním nástrojem Open Solver.

Výsledek

Výsledkem je opět tabulka, která poskytuje přehled o výrobě produktů. V tabulce označené „Quantity“ na listu Solver je možné vyhledat přesný počet produktů (P1-P16) vyrobených danou továrnou (Factory 1-8) pro příslušné země, zákazníky v daném roce. Obdobný výřez z tabulky jako v kapitole 5.3 zobrazuje samé nuly a nedoporučuje tedy vyrábět produkty v první továrně.

Tabulka s podrobným rozložením výroby produktů je označena „04_scenar min nakladu II“.

Suma celkových nákladů pro čtvrtý scénář a dané rozložení výroby produktů:

11 099 167 \$/year

Obrázek 5-8: Celkové náklady, scénář minimálních nákladů II, Autor

Posledním dílem výsledků daného scénáře jsou opět kapacitní limity a jejich využití, které zobrazuje následující obrázek.

	Factory 1	Factory 2	Factory 3	Factory 4	Factory 5	Factory 6	Factory 7	Factory 8	
capacity of factory	95 000	74 598	246 607	72 146	34 200	2 590	18 193	4 600	hours
Productive hours (sum)	0	49 561	246 595	72 050	0	2 528	18 190	1 309	hours

Obrázek 5-9: Kapacitní tabulka, scénář minimálních nákladů II, Autor

Na první pohled je zřejmá nulová výroba u některých továren a plné vytížení kapacit jiných továren.

Scénářů, které budou zohledňovat různé podmínky, můžeme vytvořit velké množství. Ať už se bude jednat o scénář zohledňující lokaci určitého množství výroby v daných továrnách, regionech, nebo zřetel na lokální domácí výrobu, vždy budou součástí nákladové parametry scénáře 5.3 a 5.4.

5.5 Citlivostní analýza

Před diskuzí výsledků jsou uvedeny výsledky citlivostní analýzy modelu, který byl využit v předchozích scénářích.

Citlivostní analýza (parametricky)			
Kapacita továren	Cena hodiny produkce	Celkové náklady	delta
[hod]	[\$/hod]	[\$/rok]	%
a	b	16 037 315	-
1,1a	b	15 129 313	-6%
1,2a	b	13 198 708	-18%
1,5a	b	11 780 414	-27%
a	1,1b	17 367 040	8%
a	0,8b	12 896 753	-20%

Obrázek 5-10: Výsledky citlivostní analýzy, Autor

Citlivostní analýza se zaměřuje na matematický přístup. V reálné situaci by nedocházelo k navyšování kapacity (parametru a) u všech továren, ale pouze u továren s nejvyšším potenciálem na úspory. Tudiž lze dosáhnout i výraznější citlivosti při změně parametru a . Analýza ukazuje, že model velmi dobře reaguje na změnu kapacity i ceny produkce. Zároveň model ideálně reaguje na změnu o 20%. Průběh změn není lineární, což je poznat u změny o 50%. Analýza dále ukazuje, že změny do výše jednotek procent nebudou mít významný vliv na výsledky.

6 Diskuze výsledků

Navážeme na předchozí kapitulu se scénáři a provedeme jejich porovnání včetně doprovodné diskuze. Jelikož je první scénář pouze zmenšená a jednodušší forma, nedoporučuji a nezahrnuji jej ke srovnání.

Největší prioritu při porovnání má suma celkových nákladů každého scénáře.

- 5.2 Scénář dle výchozí situace.....23 411 119 \$ ročně
(19 114 383 \$ ročně pro nekompletní uspokojení poptávky)
- 5.3 Scénář dle minimálních nákladů I.....16 037 315 \$ ročně
- 5.4 Scénář dle minimálních nákladů II.....11 099 167 \$ ročně

Při porovnání výsledných hodnot je zřejmý rozdíl mezi výsledky. Porovnání scénářů 5.2 a 5.3 v praxi znamená úsporu přes 30%. K dosažení této úspory stačí pouze optimalizace při rozhodování o příslušné výrobní továrně. Samozřejmě že dochází ke kumulaci výroby u „levnějších“ továren v Asii (továrny 3,4,7). Stále je však část výroby i v Evropě, konkrétně v továrnách 1,2 a 5. Při aplikaci scénáře 5.3 tedy nedochází k uzavření žádné ze strategických továren.

Snížení nákladů o více než 50% dosáhneme u scénáře 5.4. V tomto případě však dochází k útlumu výroby v některých závodech a navýšení kapacit továren v Asii. Továrny 1 a 5 by měly být na základě scénáře uzavřeny. Jelikož se jedná o továrny umístěné v Evropě, muselo by rozhodnutí o uzavření továrny určitě zohlednit konkrétní fakta a náklady k příslušným továrnám. Rozhodnutí o uzavření bez prověření může být velmi rizikové. Praktickým příkladem rizikového prostředí u dané situace může být Německo, kde je poměrně komplikované a hodně nákladné utlumit výrobu velkého rozsahu.

6.1 Doporučení

Porovnání výsledků scénářů i citlivostní analýza dokládají přínos optimalizace a použití vytvořeného modelu. Osobně doporučuji využívat přiložený či obdobný model a

vždy jej porovnat se všemi požadavky na dlouhodobou strategii. Případně je nutné další požadavky do modelu zahrnout.

Například stanovme minimální množství výroby v Evropě, aby mohl být prováděn i dlouhodobý vývoj v Evropě. Zároveň však bude sníženo riziko ztráty cenných informací při alternativním vývoji v Asii s vazbou na výrobu.

Jako další doporučení pro působnost v globálním rozsahu a daném odvětví uvádím umístění části výroby v levných lokalitách. Z hlediska průmyslu je pořád atraktivní Čína a Indie, což je kladně podpořeno i velikostí lokálních trhů. Tento argument je však nutné korigovat s rozvojem v určitých oblastech a dostupností logistických uzlů, zejména přístavů. Počáteční, pořizovací náklady na továrnu jsou zejména v Číně nízké. Rizikovým příkladem může být v oblast Wuxi, kde průmysl vyrostl tak prudce, že provozní náklady továren zásadně vzrostly. Ve vazbě na řešenou situaci se jedná o rozdíl cca 30% v hodinových výrobních nákladech oproti sousední oblasti s téměř shodnou dostupností přístavu. Podobné situace lze při správném rozhodování často předpokládat a vyhnout se jim.

Na základě scénářů a dat v tabulce „Quantity“ na listu Solver je možné přesně specifikovat výrobu produktů v každé továrně, ať už využijeme scénář při zachování všech továren 5.3 či s rozsáhlejší relokací na základě scénáře 5.4. Příložené soubory znázorňují počet kusů produktů (v modrých polích) vyrobených v příslušných továrnách pro dané země.

Závěrem mých doporučení je definování následujících kroků před využitím uvedených dat a modelu.

Další kroky:

- Zohlednit výrobu produktů dle optimalizačního modelu
- Zahrnout všechny podmínky na základě dlouhodobé strategie
- Definovat možné vývoje trhů a vytvořit z nich scénáře modelu
- Určit náklady na navýšení kapacit/útlum extrémních továren na základě cen a vlastností výroby
- Učinit rozhodnutí o rozsahu aplikace změn na základě optimalizovaného modelu
- Monitorovat zásadní změny v cenách přepravy, případně dělat kvartální aktualizace cen

6.2 Dodatečné náklady v modelu

Model umožňuje zahrnutí těchto parametrů. Buňky daného listu nabývají nulových hodnot v řešeném modelu a to z následujících důvodů.

- V podmínkách úlohy jsou definovány Incoterms CFR s přístavem země zákazníka. Tzn. že dovozní clo nebude v praxi součástí uváděných celkových nákladů.
- Pro plnohodnotné informace musí být každému produktu přiřazen správný tarifní kód, což není v praxi vůbec standardem. Přesné informace jsou dostupné na webu evropské komise - Trade.
- Seznam MFN (Most Favoured Nation) o obchodu se zeměmi mimo WTO, které mají podepsanu dohodu o vzájemném obchodu, také specifikuje web evropské komise - Trade. Tyto dohody zajišťují nízká či nulová dovozní cla u většiny zboží z řešených produktů.
- V případě výrazného nárůstu nákladů při dovozu z konkrétních lokalit se v praxi takové situaci předchází. Bohužel ne vždy je to v souladu s etikou či legislativou.
- Žádné další dodatečné náklady nebyly v rámci poskytnutých dat zadány.

7 Závěr

Práce podrobně popisuje širokou problematiku mezinárodní výroby a následně se potýká s hledáním řešení pro konkrétní situace. V práci jsou podrobněji rozebrány nezbytné dílčí kroky a jejich vlastnosti. Dále uvádí průnik souvisejícími teoriemi a zkušenostmi z jednotlivých dotčených oborů.

V předchozích kapitolách jsou definovány klíčové faktory a je specifikována jejich úloha včetně způsobu určení jejich vlivu. Příložený soubor - model nabízí nejen výsledek v podobě doporučených umístění výroby jednotlivých produktů pro zákazníky z konkrétních skupin zemí, ale i možnost vytvářet scénáře dle změny vývoje poptávky či strategie společnosti. Ekonomický význam použití optimalizace dokládá možnost znatelného snížení celkových nákladů oproti stávající situaci. Nutné je však striktní plánování a dodržení optimalizovaného rozložení výroby podle scénáře Minimálních nákladů I.

Výsledky definují využití továren v rámci existující soustavy a zároveň poskytují doporučení pro budoucí strategické rozhodování. Práce dále obsahuje i vytřídění jednotlivých zemí do skupin při využití GPS souřadnic. Tento dílčí výsledek či příslušná data mohou být využity pro mnoho dalších příbuzných úloh.

Celá práce i její dílčí části mohou být vhodným podkladem ke strategickému rozhodování v mezinárodní výrobě. V některých případech může být přínosné i využití pouze částí práce. Případně je možné vybrané kapitoly a části modelu použít jako návod, pomůcku k vytvoření nového nástroje k řešení jiné úlohy v dané problematice.

8 Seznam použité literatury

- [1] BALINSKY, M. L. *Integer programming: methods, uses, computation*, Management science 1965, 12, 253-313
- [2] BALLOU, Ronald H. *Business logistics: supply chain management*, Pearson Prentice Hall 2004, strany 550-617. ISBN-13: 978-0130661845.
- [3] BERGER R.T. *Location-routing models for distribution system design*, Ph.D. Dissertation Northwestern University Illinois, 1997
- LAVGEVIN A., RIOPEL D. Logistics systems: Design and optimization [online], 29.10.2016, dostupné z WWW, strana 50-52:
<https://books.google.cz/books?id=KbAS1A_cYRYC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=berger+routing+model&source=bl&ots=xzkrzVhE6Z&sig=yfhr-I3K52Z6o-9zaSQsPgjMB6Q&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwi9m-7tx4LQAhXHzRoKHZrbBy8Q6AEIODAC#v=onepage&q=berger%20routing%20model&f=false>
- [4] DASKIN, Mark S., SNYDER L.V, BERGER R.T. *Facility location in supply chain design*. Northwestern University Illinois, 2003, Working paper No.03-010.
- [5] DUDORKIN, Jiří *Operační výzkum*, skriptum k výuce FEL ČVUT, 2014, dostupné z webu předmětu (8.10.2016):
<<https://moodle.fel.cvut.cz/course/search.php?search=operation+research>>
- [6] Evropská komise, *Trade* [online], 3.12.2016, Dostupné z WWW:
<http://madb.europa.eu/madb/datasetPreviewFormATpubli.htm?datacat_id=AT&from=publi>
- [7] FIBÍROVÁ J. ŠOLJAKOVÁ L. WAGNER J. *Manažerské účetnictví nástroje a metody*, Wolters Kluwer 2011, ISBN 978-80-7357-712-4
- [8] GEOFFRION, A.M. a GRAVES, G.W. *Multicommodity distribution system design by Benders decomposition*, Management science, Vol. 20 No.5, 01/1974, strany 822-844
- [9] Günes Erdogan, *FLP model* [online], 3.11.2016, Dostupné z WWW:
< https://www.youtube.com/watch?v=_a7MbzzG9Hg>

- [10] HUMMELS, David *Transportation Costs and International Trade*. Journal of Economic perspectives 2007, Vol. 21
- [11] Knápek, Jaroslav *Operations research*, prezentace z předmětu FEL ČVUT, 2010, dostupné z webu předmětu (8.10.2016):
<<https://moodle.fel.cvut.cz/course/search.php?search=operation+research>>
- [12] KUEHN, A.A a HAMBURGER M.J. *A Heuristic Program for Locating Warehouses*, Management science, 07/1963; č. 9, 643-666,
<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.9.4.643>
- [13] *matematika.cz* [online], cit. 26.10.2016, Dostupné z WWW:
< <http://www.matematika.cz/teznice-trojuhelniku>>.
- [14] *Odlitek, Diecasting Chian* [online], 21.11.2016, Dostupné z WWW:
< <http://www.diecastingschina.com/die-casting-services-china/aluminum-die-casting/>>
- [15] OZSEN, L., COULLARD, C.R. a DASKIN, M. S. *Capacitated facility location model with risk pooling*, Naval research logistics vol. 55, Issue 4, červen 2008, strany 283-376
- [16] PERL, J. a DASKIN, Mark S. *A warehouse location - routing problem*, Transportation research Part B: Methodological, 10/1985, strany 381-396
- [17] *Potrubí se pšenící - mlýn Herber* [online], 21.11.2016, Dostupné z WWW: <<http://www.mlynherber.cz/fotogalerie.php>>
- [18] SCHOLLEOVÁ, Hana. *Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy*, Grada Praha 2012, ISBN 978-80-247-4004-1
- [19] *solver* [online], 20.11.2016, Dostupné z WWW:
<<http://www.solver.com/solver-tutorial-using-solver>>.
- [20] *Swiss choloate factory* [online], 21.11.2016, Dostupné z WWW:
<<http://www.myswitzerland.com/en/swiss-chocolate-factory-maestrani.html>>
- [21] THÜNEN, Johann Heinrich *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Jena, V.G. Fischer, 1910, strany 384-386
web (6.10.2016): <https://archive.org/details/derisoliertestaa00thuoft>

- [22] WEBER, Alfred *Über den Standort der Industrie*, C. J. Friedrich, 1929,
dostupné z WWW (23.10.2016):

<https://archive.org/details/ueberdenstandort00webeuoft>

<https://archive.org/details/alfredweberstheo00webe>

Ballou [2] str.553-554

9 Přílohy

- Soubory modelu (excel)
- PDF výsledky scénáře dle výchozí situace 5.2
- PDF Výsledky scénáře minimálních nákladů I 5.3
- PDF Výsledky scénáře minimálních nákladů II 5.4