

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Kirill Smirnov

Optimalizace toků produktů a obalů ve společnosti
Heineken

Diplomová práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K617 **Ústav logistiky a managementu dopravy**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Kirill Smirnov

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Optimalizace toků produktů a obalů ve společnosti Heineken**

Název tématu (anglicky): Optimization of the Flows of Products and Packaging in the Heineken Company

Zásady pro vypracování

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

- Charakteristika společnosti Heineken
- Analýza současných toků
- Identifikace příležitostí pro zvýšení efektivity dopravy
- Implementační plán pro zavedení vydefinovaných změn
- Finanční hodnocení přínosů navržených zlepšení



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Novák, R., Pernica, P., Svoboda, V., Zelený, L. Nákladní doprava a zaslátelství. ASPI, 2005
Sixta, J., Mačat, V. Logistika - Teorie a praxe. Computer Press, 2010
Svoboda, V. Doprava jako součást logistických systémů. RADIX, 2006

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Edvard Březina, CSc.**
doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. listopadu 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


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


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



Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Kirill Smirnov
jméno a podpis studenta

V Praze dne 6. června 2017

Poděkování

Na tomto místě bych rad poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Edvardu Březinovi, CSc. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Dušanu Teichmannovi, Ph.D. za pomoc s vytvořením modelu dopravní úlohy a realizací výpočtů. Poděkování patří i pracovníkům společnosti Heineken Česká republika, a.s. za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

**Optimalizace toků produktů a obalů ve společnosti
Heineken**

Diplomová práce

listopad 2017

Bc. Kirill Smirnov

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je optimalizace rozvozu hotových výrobků a svozu prázdných obalů mezi pivovary a distribučními centry v rámci primární distribuce společnosti Heineken Česká republika, a.s. Tato práce si klade za cíl analyzovat současný stav, najít příležitosti pro zvýšení úspor a efektivnosti dopravy, ohodnotit konkrétní návrhy.

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis is optimization of distribution of finished products and collection of empty packings between breweries and distribution centers, within the primary distribution of Heineken Czech Republic, a.s. This thesis aims to analyze the current state, to find opportunities for increasing the savings and efficiency of transport and to evaluate the concrete proposals.

KLÍČOVÁ SLOVA

Heineken, pivovar, distribuční centrum, dodavatelský řetězec, zásobování řízené dodavatelem, problém směřování zásob, dopravní problém, optimalizační metoda

KEY WORDS

Heineken, brewery, distribution center, supply chain, vendor managed inventory, inventory routing problem, transportation problem, optimization method

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	8
Úvod.....	9
1 Charakteristika společnosti Heineken.....	10
1.1 Stručná charakteristika současného postavení společnosti Heineken na trhu ...	10
1.2 Obalová technika používaná při distribuci ve společnosti Heineken.....	12
2 Analýza současných toků.....	15
2.1 Obecný popis systému zásobování řízeného dodavatelem.....	15
2.2 Popis aplikace systému zásobování řízeného dodavatelem v podmínkách společnosti Heineken ČR, a.s.	17
2.3 Síť současných toků společnosti Heineken Česká republika a.s.	18
2.4 Popis vybraných tras	22
2.5 Analýza sítě a vyhodnocení současných toků.....	27
3 Teoretická východiska řešení – metody pro identifikaci příležitostí pro zvýšení efektivity dopravy	32
3.1 Definice problému směřování zásob.....	32
3.2 Využití optimalizačních metod	34
3.3 Použití exaktní optimalizační metody pro organizaci jízd v Jihomoravském kraji	34
3.4 Použití exaktní optimalizační metody pro organizaci jízd v Ústeckém a Středočeském kraji.....	38
3.5 Stručný popis transformace modelu do optimalizačního software Xpress-IVE... ..	40
3.5 Metoda Mourgaya a Vanderbecka	43
4 Výpočetní experimenty	48
4.1 Výpočetní experimenty s exaktní optimalizační metodou pro organizaci jízd v Jihomoravském kraji.....	48
4.2 Výpočetní experimenty s exaktní optimalizační metodou pro organizaci jízd v Ústeckém a Středočeském kraji	57
4.3 Výpočetní experimenty s metodou Morgaya a Vanderbecka.....	63
5 Hodnocení dosažených řešení	67
Závěr	70
Seznam použitých zdrojů	72
Seznam obrázků	73
Seznam tabulek	74
Seznam příloh	76

Seznam použitých zkratk

ALNS	Adaptive Large Neighborhood Search
DC	Distribuční centrum
EDI	Electronic Data Interchange
FG	Final Goods
FMCG	Fast Moving Consumer Goods
IRP	Inventory Routing Problem
IRPDD	Inventory Routing Problem with Direct Delivery
JIT	Just in Time
Pj	Peněžní jednotka
RPM	Returnable Packaging Materials
VMI	Vendor Managed Inventory

Úvod

Diplomová práce se věnuje problematice primární distribuce a reverzní logistiky, konkrétně analýze a hodnocení současných toků společnosti Heineken Česká republika, a.s. Při napsání této diplomové práce bylo vycházeno ze zkušeností autora práce získaných ve výrobní společnosti při plánování a řízení dodavatelských řetězců, doporučení vedoucích diplomové práce a odborníků Fakulty dopravní ČVUT, také informací poskytnutých společností Heineken Česká republika, a.s. Práce se zaměřuje na analýzu a vyhodnocení rozvozových a svozových tras společnosti, a následující optimalizaci těchto tras s použitím matematického programování. Znalost problematiky optimalizace je nutná pro práci manažerů v jakémkoliv odvětví, protože v dnešní době jsou společnosti stále nuceny hledat efektivní a účinná řešení pro zefektivnění a zlepšení služeb zákazníkům a přitom minimalizovat náklady s tím spojené.

Tato diplomová práce se zabývá analýzou modelu VMI a řešením problému směrování zásob (IRP – Inventory Routing Problem) společnosti Heineken Česká Republika a.s. Jedná se o problém, který je kombinací úlohy o řízení zásob a rozvozních úloh celovozových zásilek, kde rozhoduje dodavatel, nikoliv zákazník, kolik dodá za určitý časový interval. Tento problém je jedním ze základních problémů velkých výrobních společností, kdy dodavatel řídí doplňování zásob zákazníků. Vyskytuje se v případech možnosti dodavatele rozhodovat o termínech a velikosti dodávek, trasách, velikosti pojistných zásob zákazníka. IRP je komplexní a zajímavý problém, je dobrým výchozím bodem k výzkumu integrace různých složek dodavatelského řetězce, tedy řízení zásob a distribuce (směrování vozidel). Výroba a doprava byly obvykle zkoumány samostatně, ale praxe prokazuje, že zlepšení procesů a minimalizace nákladů lze dosáhnout vzájemnou koordinací obou složek dodavatelského řetězce.

Kapitola 1 se bude věnovat charakteristice vybrané společnosti. V kapitole 2 budou představeny některé typické úlohy IRP zabývající se problematikou rozvozů / svozů a metody, jakými lze podobné úlohy řešit. Rovněž bude provedena analýza současných toků společnosti a definován konkrétní IRP problém. Kapitola 3 bude věnována různým způsobům zvýšení efektivity současného způsobu zásobování. Kapitola 4 porovná skutečná data s výsledky získanými pomocí výpočtů. V kapitole 5 bude provedeno ekonomické hodnocení navržených řešení a prokázána finanční úspora při jejich implementaci.

1 Charakteristika společnosti Heineken

Heineken je holandská pivovarnická společnost založená v roce 1864 Gerardem Adriaanem Heinekenem v Amsterdamu.

1.1 Stručná charakteristika současného postavení společnosti Heineken na trhu

V 21. století se malý holandský pivovar stal globálním podnikem, který kromě světově proslulých značek Heineken a Amstel, vyrábí více než 170 mezinárodních a místních značek piva, ke kterým patří Krušovice, Cruzcampo, Tiger, Żywiec, Birra Moretti, Murphy's, Star atd. S roční produkcí 188,3 milionů hektolitrů je Heineken třetí největší pivovarnickou společností ve světě (1. místo Anheuser-Busch InBev, 2. místo SABMiller). Skupina Heineken zaměstnává přibližně 56 tisíc lidí ve více než 70 zemích po celém světě, rozdělených do 5 regionů (obrázek 1):

- Europe,
- Asia Pacific,
- Middle East and Eastern Europe,
- Africa,
- Americas.



Obrázek 1 Regionální přehled, výroční zpráva rok 2015. [1]

V Evropě patří Heineken k největším výrobcům piva a jablečného vína. Během posledních deseti let byla Evropa stabilně rostoucím regionem společnosti Heineken. Pivo vyrobené v tomto regionu se nejvíce exportuje do jiných regionů, a prodává se zákazníkům po celém světě. Střední Evropa je nejvýznamnějším regionem společnosti Heineken také z hlediska objemu spotřeby, společnost na tomto teritoriu zvýšila zisk díky integraci nových pivovarů a optimalizaci portfolia, a to i v situaci, kdy tento pivní trh byl v posledních letech ovlivněn finanční krizí.



Obrázek 2 Regionální přehled, výroční zpráva rok 2015. [1]

Společnost Heineken Česká republika, a.s. působí na českém trhu od roku 2003, centrála sídlí v Praze a Krušovicích. Mezi produkty společnosti Heineken Česká republika patří více než 12 značek alkoholických a nealkoholických produktů. Heineken Česká republika, a.s. vyrábí pivní produkci jak pro český trh tak i pro zahraniční trhy.

České pivovary vlastněné společností Heineken mají různé velikosti, od malých lokálních pivovarů až do velkých nadnárodních pivovarů.

V roce 2003 získala společnost Heineken pivovar Starobrno, od roku 2007 vlastní královský pivovar Krušovice. V roce 2008 společnost koupila akcie pivovaru Velké Březno v Severních Čechách. [2]

1.2 Obalová technika používaná při distribuci ve společnosti Heineken

Základními požadavky na přepravní obaly jsou především zdravotní nezávadnost a dále potom cena, kvalita, čistitelnost a hmotnost.

Společnost Heineken Česká republika, a.s. používá následující přepravní obaly:

- Transportní sudy - nejčastěji používané sudy typu KEG, které jsou standardizovaným typem transportního obalu. Používání sudů usnadňuje a především zrychluje nakládku a vykládku. Významnou vlastností sudů je odolnost proti korozi a mechanická odolnost. Objem KEG sudů je 50 litrů, ale mohou být i od 10 litrů po 150 litrů, dle prodeje piva a potřeb koncového odběratele.



Obrázek 3 Transportní sudy typu KEG

- Skleněné láhve - vratné i nevratné skleněné láhve jsou v pivovarství nejpoužívanějším typem obalu. Sklo je zcela neprostupný materiál, dá se dobře vybarvovat i tvarovat. Láhev je odolná proti vnitřnímu i vnějšímu přetlaku. Nevýhodná je jeho křehkost, ta je však vyvažována dobrou recyklovatelností novým tavením skleněných stěpů. Běžné láhve mají objemy 0,5 l a 0,33 l.



Obrázek 4 Skleněné láhve

- Plastové láhve (PET - láhve) v pivovarnictví našly širší uplatnění až po jejich rozšíření pro potřeby distribuce nealkoholických nápojů. Výhodou PET-láhví je nízká hmotnost (méně než desetina hmotnosti skleněné láhve stejného objemu) a pružnost, oproti skleněným láhvím je však dražší. Nevýhodou plastových láhví je možná penetrace plynů, vody a světla, což má za následek ztrátu nebo změnu chuti a barvy produkce.



Obrázek 5 Plastové láhve PET

- Plechovky - jsou výhradně nevratným obalem výhodným pro svou lehkost a odolnost. Zhotovují se z tenkostěnného hliníkového nebo pochromovaného ocelového plechu mají obvykle objemy 330 a 500 ml



Obrázek 6 Plechovky Heineken

2 Analýza současných toků

Logistická řešení používaná ve společnosti Heineken byla v minulosti založena na push principu - na vytváření vysokých úrovní zásob, protože dodavatelé nedokázali správně předpovědět výši poptávky. Tím docházelo k přerušení toků zboží mezi články dodavatelského řetězce, což mělo za následek, že nedocházelo k jejich synchronizaci. Společnost Heineken Česká republika a.s. sleduje nejnovější trendy v oblasti zásobovací logistiky a uvědomuje si, že pull princip přináší lepší hodnocení produktu / služeb zákazníkem. Hodnocení může být ovlivněno prostřednictvím správného řízení logistiky, ke kterému patří dostupnost produktu, včasnost dodávek, snadné objednávky a další prvky. Existují zásobovací systémy, které využívají oba principy, příkladem takového systému je systém VMI – systém zásobování řízeného dodavatelem.

2.1 Obecný popis systému zásobování řízeného dodavatelem

Systémy zásobování řízené dodavatelem (Vendor Managed Inventory - VMI), začaly být používány v 90. letech jako způsob snížení nákladů celého dodavatelského řetězce. Cílem VMI je poskytnout vzájemně přínosný vztah, kde mohou obě strany přesněji kontrolovat dostupnost a tok zboží. Výrobce / distributor určuje množství zboží odeslaná zákazníkům prostřednictvím distribučních kanálů a dat získaných elektronickou výměnou interních počítačových aplikací (EDI - Electronic Data Interchange), tím přebírá úlohu plánování a přepravy zásob pro zákazníka. Systém vychází z principu JIT, avšak velikost a četnost objednávek je určována dodavatelem. Principy VMI se v současnosti uplatňují v různých výrobních odvětvích, například v petrochemickém a plynárenském průmyslu, automobilovém průmyslu (distribuce dílů), výrobě a distribuci rychloobrátkového spotřebního zboží (FMCG). [3]

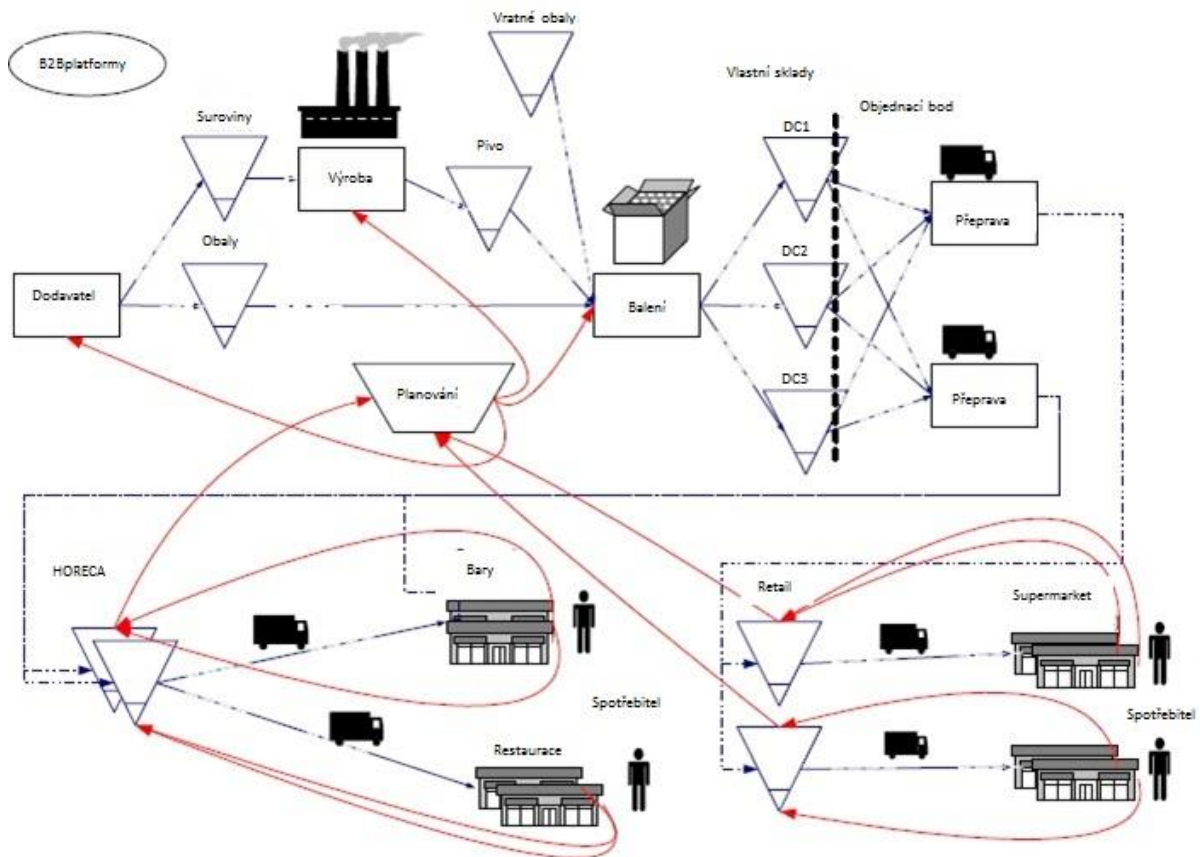
VMI představuje nový trend v logistice, řešení je tedy založeno na úzké spolupráci dodavatele a odběratele, kdy dodavatel, podle předem definovaných parametrů, řídí stav zásob u odběratele a sám realizuje objednávku. Dodavatel šetří náklady na distribuci díky lepšímu plánování dodávek pro různé zákazníky, a odběratelům nevznikají zbytečné náklady na zásobování. Při rozhodování o velikosti dodávky musí mít dodavatel přístup k těmto relevantním informacím:

- úroveň zásob u všech zákazníků,
- chování poptávky zákazníků,
- o počtu stupňů distribučního systému (počtech mezikladů mezi dodavatelem a zákazníkem),

- o přepravních nákladech, kapacitách a dostupnosti vozidel.

Takové výhody lze získat zvýšením transparentnosti procesů v celém dodavatelském řetězci, a tím je dosaženo možnosti rychle reagovat na změny poptávky na trhu včasným dodáním produktů do každého skladu nebo přímo konečnému zákazníkovi.

Schéma systému VMI je znázorněno na obrázku 7.

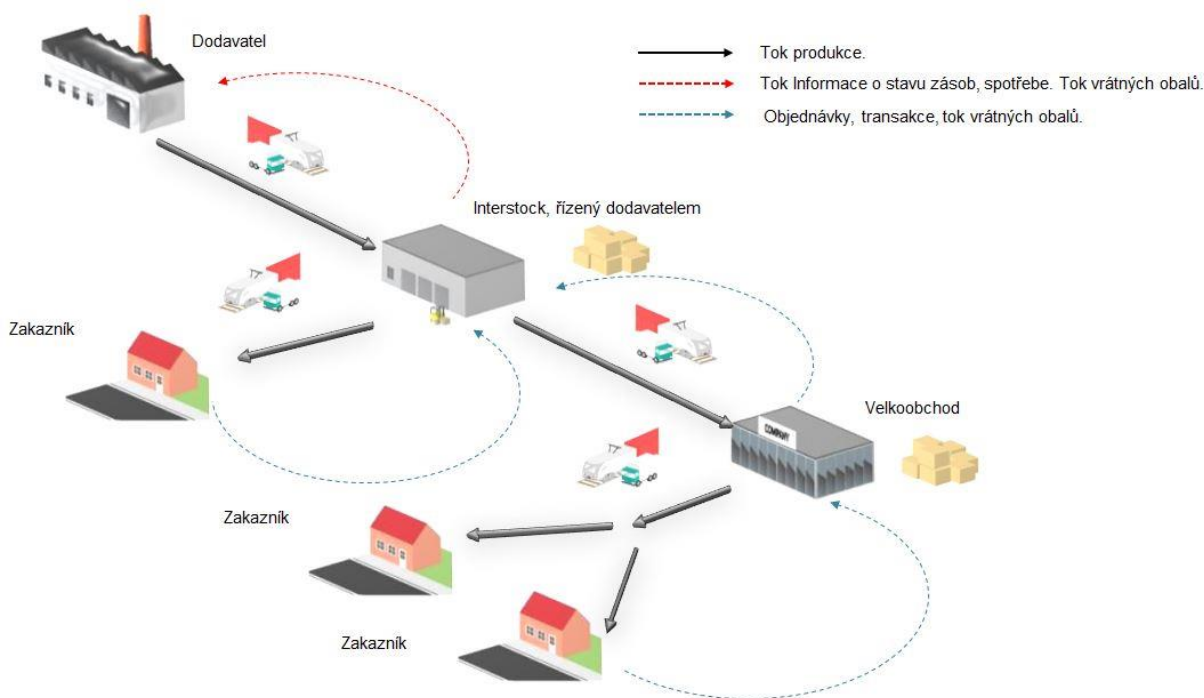


Obrázek 7 VMI model. Vizualizace toku informací (červené čáry) a zboží (modré čáry) [4]

V systémech řízeného zasobování dodavatelem se mohou vyskytovat jak konsignační sklady, tak i mezisklady vlastněné nebo pronajimané dodavatelem (nepřímé distribuční kanály). [4]

Konsignační sklad se vyskytuje u odběratele a vzniká pouze za předpokladu spolupráce dvou obchodních partnerů, kdy jeden plní roli dodavatele a druhý odběratele. Dodavatel poskytuje na své náklady skladovou zásobu do konsignačního skladu. Odběratel ze svého konsignačního skladu průběžně odebírá zboží pro vlastní spotřebu (prodej, potřeby výroby, servis apod.) a je obvykle povinen dodavateli v pravidelných časových intervalech hlásit spotřebu zásob v tomto intervalu. Na základě hlášení pak dodavatel vystavuje vůči odběrateli faktury za spotřebované množství.

Mezisklad (interstock) vlastněný nebo pronajímaný dodavatelem se vyskytuje v případech, kdy je přeprava ke konečným zákazníkům výsledkem sekundární distribuce realizované buď dodavatelem, smluvním dopravcem nebo přímo zákazníkem. Dodavatel zabezpečuje distribuci produkce mezi výrobním provozem a meziskladem (primární distribuce). Funkce meziskladu v dodavatelském řetězci jsou zobrazeny na obrázku 8.



Obrázek 8 Funkce interstocku v dodavatelském řetězci.

2.2 Popis aplikace systému zásobování řízeného dodavatelem v podmínkách společnosti Heineken ČR, a.s.

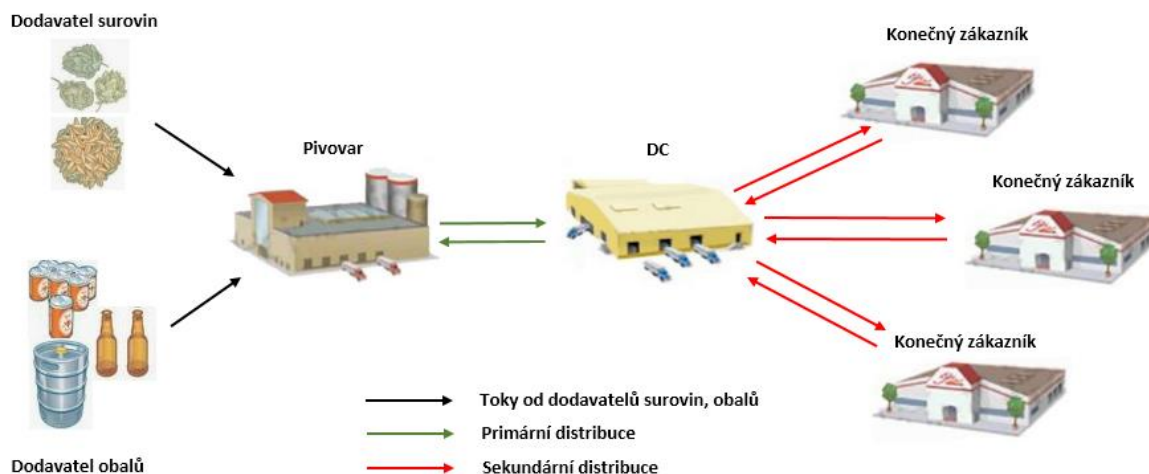
Společnost Heineken Česká republika, a.s. zavedla VMI primární distribuci mezi pivovary a vlastními distribučními centry s cílem dosáhnout lepších vztahů s konečnými zákazníky. Společnost Heineken tedy zásobuje různými druhy piv vlastní distribuční centra (DC), která již pracují přímo s konečným zákazníkem v určitém kraji v rámci sekundární distribuce, která probíhá mezi distribučními centry a sítí velkoobchodů, maloobchodů, restaurací atd. Na základě aktuálních dat a předpovědí vytvořených na základě údajů o distribuci za minulé období společnost rozhoduje, které DC jaký produkt obdrží, kdy a v jakém množství. Požadavky zákazníků a prognóza jsou zpracovány v rámci oddělení plánování, které má přístup k informacím o aktuálních objednávkách a stavu zásob v DC, a je zodpovědné za generování objednávek pro pivovary. Tento koncept se používá k optimalizaci výroby produkce a využití stálé výrobní kapacity.

DC společnosti Heineken se tedy mohou soustředit na své hlavní činnosti, kterými jsou prodej a zásobování konkrétních konečných zákazníků. Od konečných zákazníků se vyžaduje rozsáhlé sdílení informací distribučnímu centru tak, aby prostřednictvím distribučních center měl každý pivovar kompletní přehled o vývoji poptávky v čase. Pivovary se tak mohou lépe připravit na doplnění skladů ještě dříve, než nastane okamžik, kdy se zjistí, že DC téměř vyčerpalo své zásoby.

V rámci analýzy toků je nutno upozornit na ještě jeden faktor, který intenzitu toků ovlivňuje. Protože pivo je sezónní produkt, u kterého se předpokládá větší spotřeba v letních měsících, vyrábějí ve druhém čtvrtletí pivovary více, než je skutečná poptávka v tomto období a doplňují skladové kapacity v DC v předstihu. Tento proces lze porovnat s „vyhlazením nevyrovnaných špiček“ (Peak Shaving) v energetickém sektoru. Jedná se o využití přebytků skladových zásob DC, což brání tomu, aby pivovary musely vyrábět více pro uspokojení krátkodobých extrémních požadavků. Nadprodukce mimo hlavní sezónu, se používá k akumulaci zásob pro špičkové období, tento proces je výhodou modelu VMI a poskytuje DC (a jeho konečným zákazníkům) co nejkratší dodací dobu a maximální flexibilitu.

2.3 Síť současných toků společnosti Heineken Česká republika a.s.

Dodavatelský řetězec společnosti Heineken ČR je znázorněn na obrázku 9.

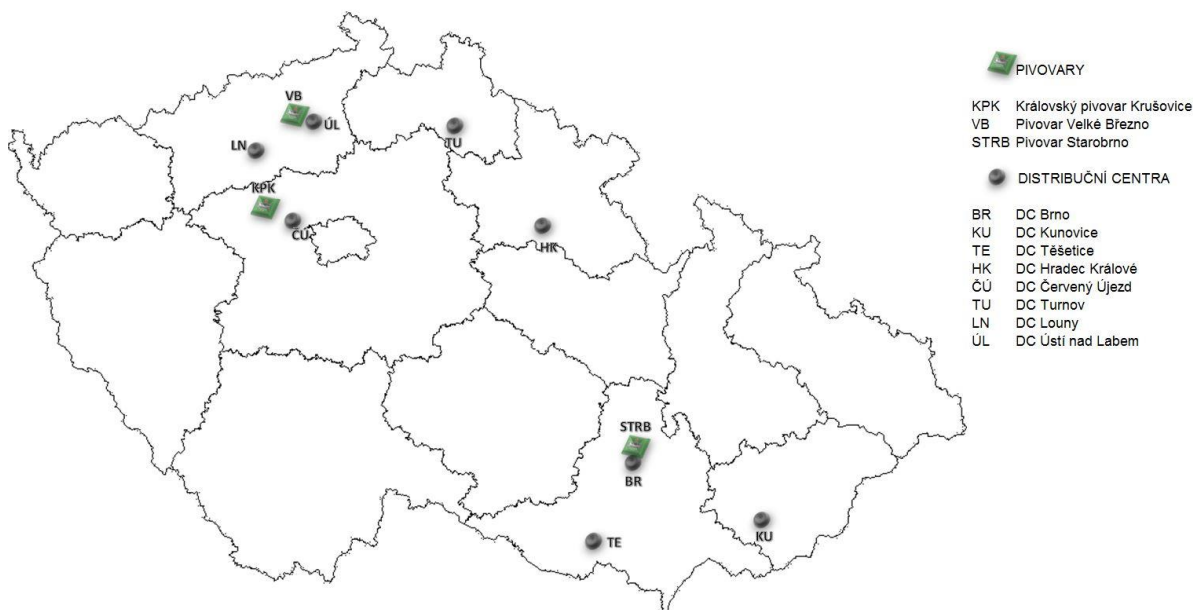


Obrázek 9 Dodavatelský řetězec společnosti Heineken

Tok začíná dodavateli surovinového a obalového materiálu, kteří zasílají pivovarům prázdné obaly, papír, chmel, slad, atd. Tyto položky se udržují v co nejnižším stavu.

V rámci dodavatelského řetězce se vyskytují dvě fáze distribuce hotových produktů – primární distribuce a sekundární distribuce. Primární distribucí se rozumí přeprava hotových výrobků z pivovarů do distribučních center, sekundární distribucí se rozumí přeprava hotových výrobků z distribučních center ke konečným spotřebitelům.

Pro primární distribuci společnost používá síť distribučních center (celkem 8), jejichž lokalizace na území ČR je znázorněna na obrázku 10.

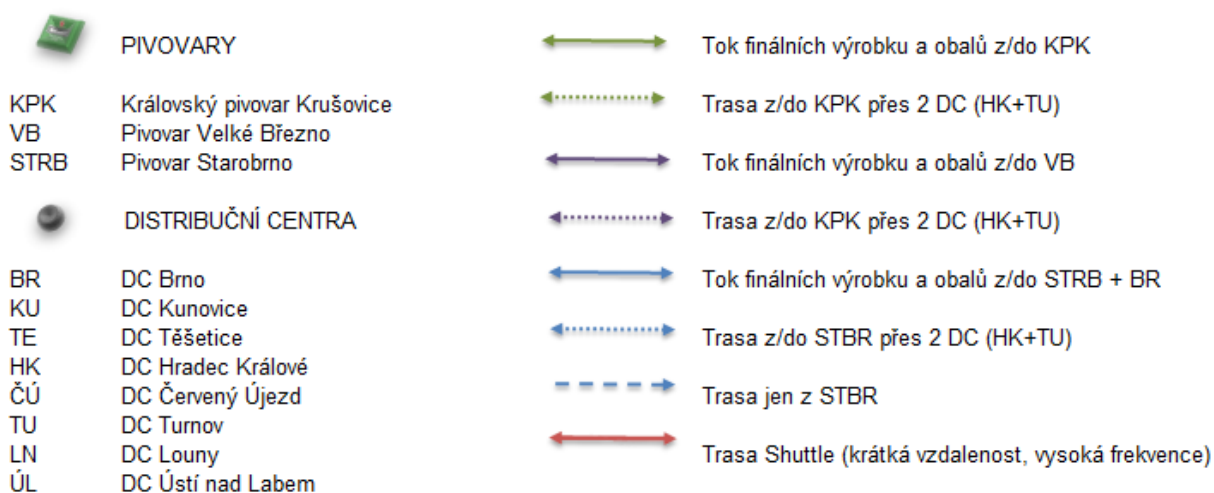
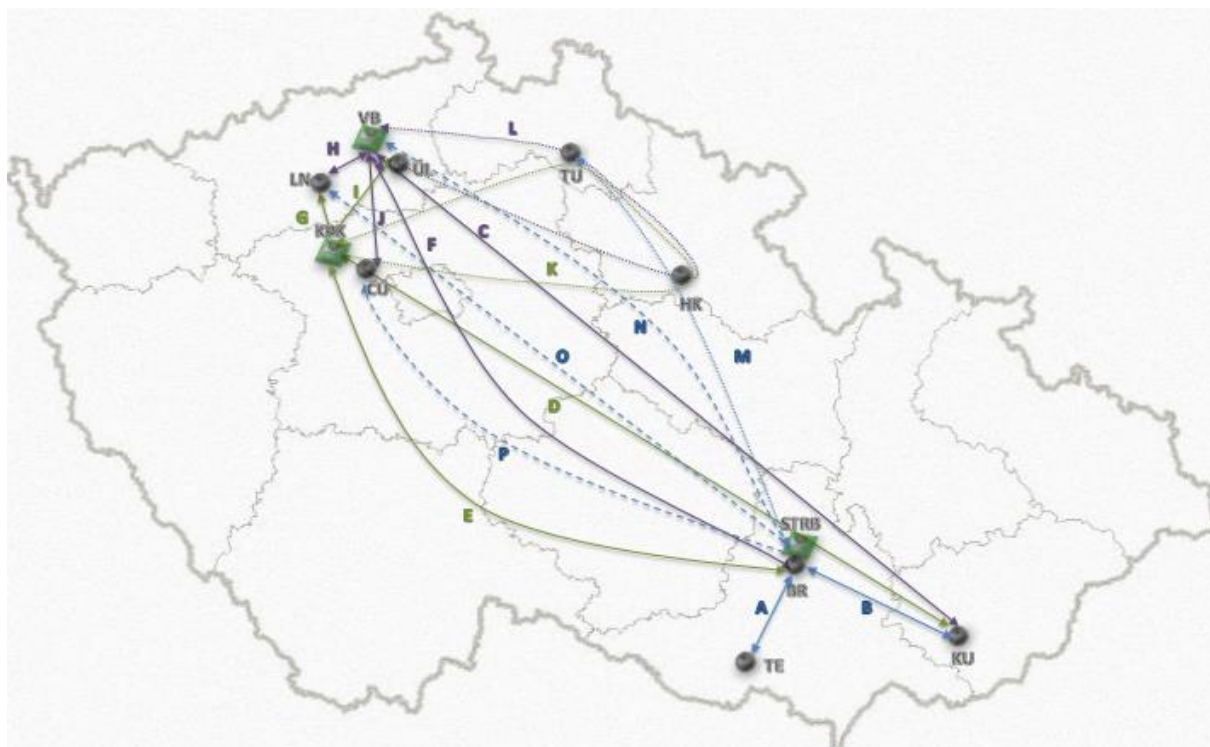


Obrázek 10 Společnost Heineken Česká republika, a.s.

Zákazníci při dodání piva vrátí obaly pro svoz, které se následně dostanou přes distribuční centra zpět do pivovarů.

Organizace výše popsaných toků je analogií technologie Hub and Spoke. Pivovary Heinken jsou zásobovány dodavateli základních surovin pro výrobu piva, kteří tak představují „spoke“. Pivovar funguje jako „hub“, kde se naloží vozidlo, které následně odveze produkci do distribučního centra „hub“. Distribuční centrum pak rozveze mix produkce všech pivovarů konkrétnímu zákazníkovi „spoke“.

Na obrázku 11 je zobrazena síť současných toků společnosti Heineken Česká republika a.s. (finální výrobky a vratné obaly), kterou tvoří vrcholy - 3 pivovary a 8 distribučních center. Orientované hrany reprezentují trasy vozidel. Podrobný popis tras je v příloze 1.



Obrázek 11 Síť současných toků společnosti Heineken Česká republika, a.s.

Management Heineken Česká republika, a.s. neustále pracuje na optimalizaci a to i vzhledem k sezónnosti, která přináší případně i potřebu přechodného externího skladování. Nastavení současných toků probíhalo v rámci tendru v roce 2015, včetně sjednání cen za přepravu a podpisu smluv s dopravci. Nové trasy byly implementovány v únoru 2016.

- Dopravce A – lokace Brno,
- Dopravce B – národní působnost (lokace Brno a Praha),
- Dopravce C – lokace Ústí nad Labem,
- Dopravce D – lokace Krušovice,

- Dopravce E – lokace Krušovice.

Dopravci dle požadavků pivovarů a distribučních center používají různé typy návěsů:

- Standard,
- LWT - většinou na rozvoz sudů,
- Lowdeck - pokud je více prázdných obalů, při svozu 59 palet,
- Tandem – návěs + přívěs,
- Solo – malý návěs.

Použití konkrétního typu návěsu záleží na různých podmínkách, které je nutné při přepravě a manipulaci dodržovat.

Kapacity jednotlivých typů návěsů jsou:

- Standard 26t / 33 palety,
- LWT 28t / 33 palety,
- Lowdeck 26t / 33 palety (při svozu 59 palet),
- Tandem 31t / 36 palet,
- Solo 15t / 18 palet,

Mezi pivovary a distribučními centry probíhá rozvoz/svoz, každé vozidlo (s výjimkou 3 tras) v rámci jednoho dne doveze do určeného DC hotový produkt a odveze zpátky vratné obaly (láhve, sudy). Dodávat zboží na druhý den po nakládce není možné. Vždy musí být splněna podmínka, že v den nakládky se realizuje i vykládka v cílové destinaci, vratné obaly se již mohou vykládat další den. Podrobný popis tras včetně cen za dopravu a počty kilometrů jsou uvedeny v příloze 1. Uvedené ceny jsou pouze ilustrační, nicméně plně vyhovující pro kalkulace prováděné v diplomové práci.

Časová okna nejsou pevně stanovena, ale smluvní dopravci by měli dodržovat následující časový plán jízd dle tabulky 1

Označení trasy	Trasa	Odjezd (místo původu)	Odjezd (zpátky)	Čas na vykládku
A	BR - TE	DC Brno 6:30	DC Těšetice 9:00	30 min
B	BR - KU	DC Brno 6:30	DC Kunovice 9:00	30 min
C	VB - KU	Pivovar Velké Březno 6:00	DC Kunovice 13:30	30 min
D	KPK - KU	Pivovar Krušovice 5:00	DC Kunovice 12:00	30 min
E	KPK - BR	Pivovar Krušovice 5:00	DC Brno 10:00	30 min
F	VB - BR	Pivovar Velké Březno 6:00	DC Brno 13:30	30 min
G	KPK - LN	Pivovar Krušovice 7:00	DC Louny 9:00	30 min
H	VB - LN	Pivovar Velké Březno 7:00	DC Louny 10:30	30 min
I	KPK - ÚL	Pivovar Krušovice 8:00	DC Ústí nad Labem 11:00	30 min
J	VB - ČÚ	Pivovar Velké Březno 8:00	DC Červený Újezd 10:30	30 min
K	KPK - HK - TU	Pivovar Krušovice 6:00	DC Turnov 14:00	30 min
L	VB - HK - TU	Pivovar Velké Březno 6:00	DC Turnov 13:00	30 min
M	STRB - HK - TU	Pivovar Starobrno 6:00	DC Turnov 14:00	30 min
N	STRB - ÚL	Jednosměrná trasa čas není stanoven		30 min
O	STRB - LN	Jednosměrná trasa čas není stanoven		30 min
P	STRB - ČÚ	Jednosměrná trasa čas není stanoven		30 min
1	STRB - BR	Jezdí v kole od 6:00 několikrát za den		30 min
2	KPK - ČÚ	Jezdí v kole od 6:00 několikrát za den		30 min
3	VB - ÚL	Jezdí v kole od 6:00 několikrát za den		30 min

*Pokud vykládka se kombinuje s nakládkou, čas = 1 hodina

Tabulka 1 Časový plán jízd, odjezdy vozidel

2.4 Popis vybraných tras

Za účelem výstižnějšího popisu typů zásobovacích jízd v distribučním systému společnost Heineken je v této kapitole uvedeno několik typových příkladů.

Příkladem tras, na kterých probíhá sdružování produkce různých pivovarů, je trasa E pivovar Krušovice – DC Brno (KPK – BR), frekvence 5 x týdně

- 2 x týdně vozidlo Lowdeck (do DC 33 palet, zpět 59 palet),
- 1 x týdně vozidlo LWT (sudy 33 palet),

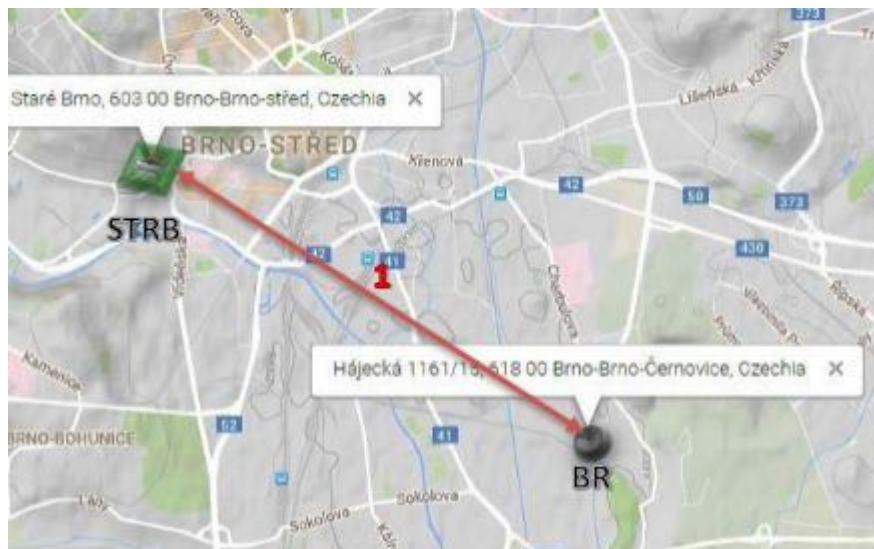
- 2 x týdně vozidlo Standard doveze do DC 33 palet, kde nejsou prázdné obaly, dále probíhá napojení na trasu P pivovar Starobrnno – DC Červený Újezd (STBR – ČÚ), tzn. prázdné vozidlo přijede z DC Brno do pivovaru Starobrnno, naloží plastové PET láhve a pokračuje ve směru DC Červený Újezd, kde svou jízdu ukončí.

Příkladem vysoce frekventovaných tras v distribučním systému jsou trasy „SHUTTLE“:

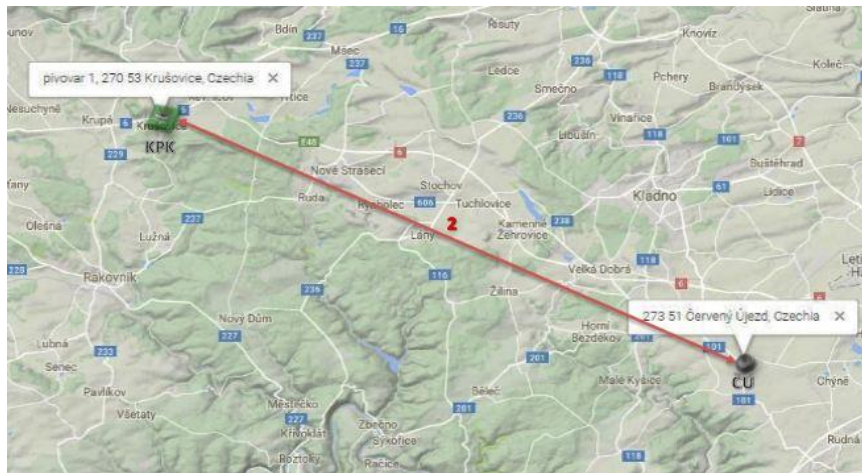
- trasa 1 pivovar Starobrnno – DC Brno (STBR – BR) 10 x denně,
- trasa 2 pivovar Krušovice – DC Červený Újezd (KPK – ČÚ) 6 x denně,
- trasa 3 pivovar Velké Březno – DC Ústí nad Labem (VB – ÚL) 2 x denně.

Pokud DC má umístění vedle pivovaru, produkce se přepravuje častěji. Vozidla vezou mix výrobků (tzn. sudy, plechy, láhve), na tento typ přepravy se používá vozidlo Standard. Obrázky 13, 14, 15

- Výjimkou je trasa 2 (KPK – ČÚ), pokud je požadavek na sudy, používá se LWT 28t / 33 palet,
- Výjimkou je trasa 3 (VB – ÚL), používá se Tandem na převoz 31t / 36 palet, pokud vozidlo je k dispozici,



Obrázek 12 Trasa Pivovar Starobrnno - DC Hájecká Brno



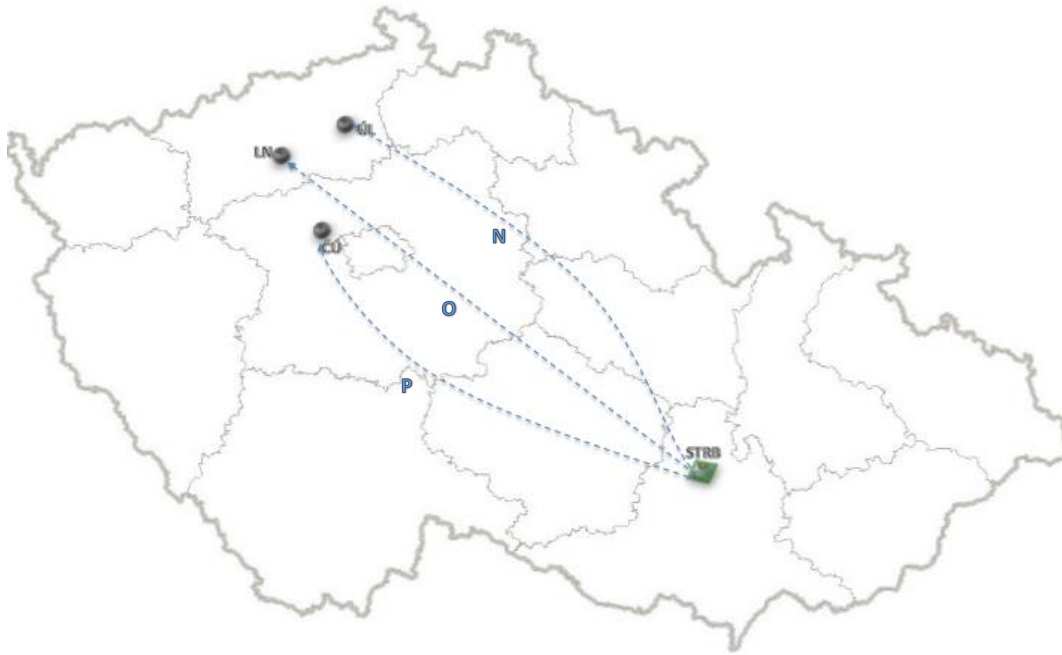
Obrázek 13 Trasa Pivovar Krušovice - DC Červený Újezd



Obrázek 14 Trasa Pivovar Velké Březno - DC Ústí nad Labem

Jednosměrné trasy, při rozvozu finálních výrobků v plastových láhvích (PET). Trasy jsou zobrazeny na obrázku 15.

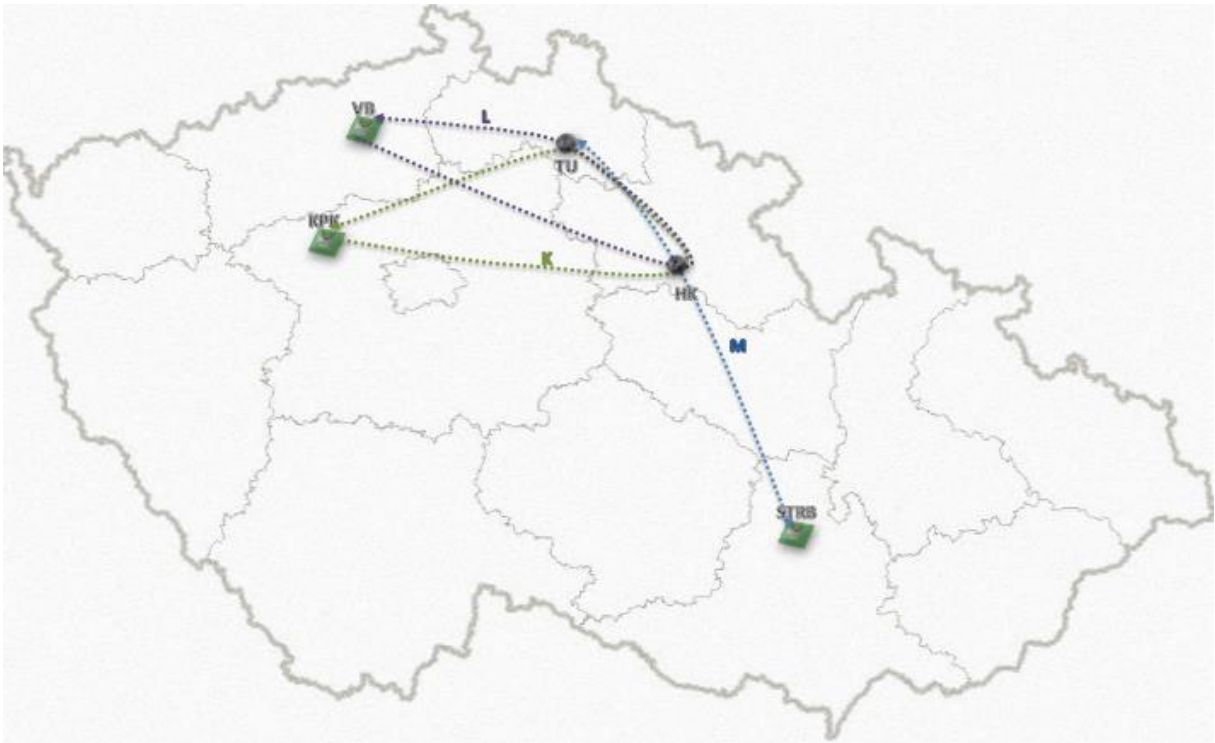
- trasa N pivovar Starobrno – DC Ústí nad Labem (STRB – ÚL) 4 x týdně,
- trasa O pivovar Starobrno – DC Louny (STRB – LN) 2 x za měsíc,
- trasa P pivovar Starobrno – DC Červený Újezd (STRB – ČÚ) 10 x týdně.



Obrázek 15 Jednosměrné trasy, rozvoz PET láhvi.

Okružní jízdy, trasy přes 2 DC. Jezdí 1 vozidlo, které vykládá 50% nákladu v prvním DC, pak dalších 50% v druhém. Obrázek 16 zobrazuje okružní jízdy. V tomto kraji mají DC nízké požadavky, proto se vyžaduje i nízká četnost přepravy:

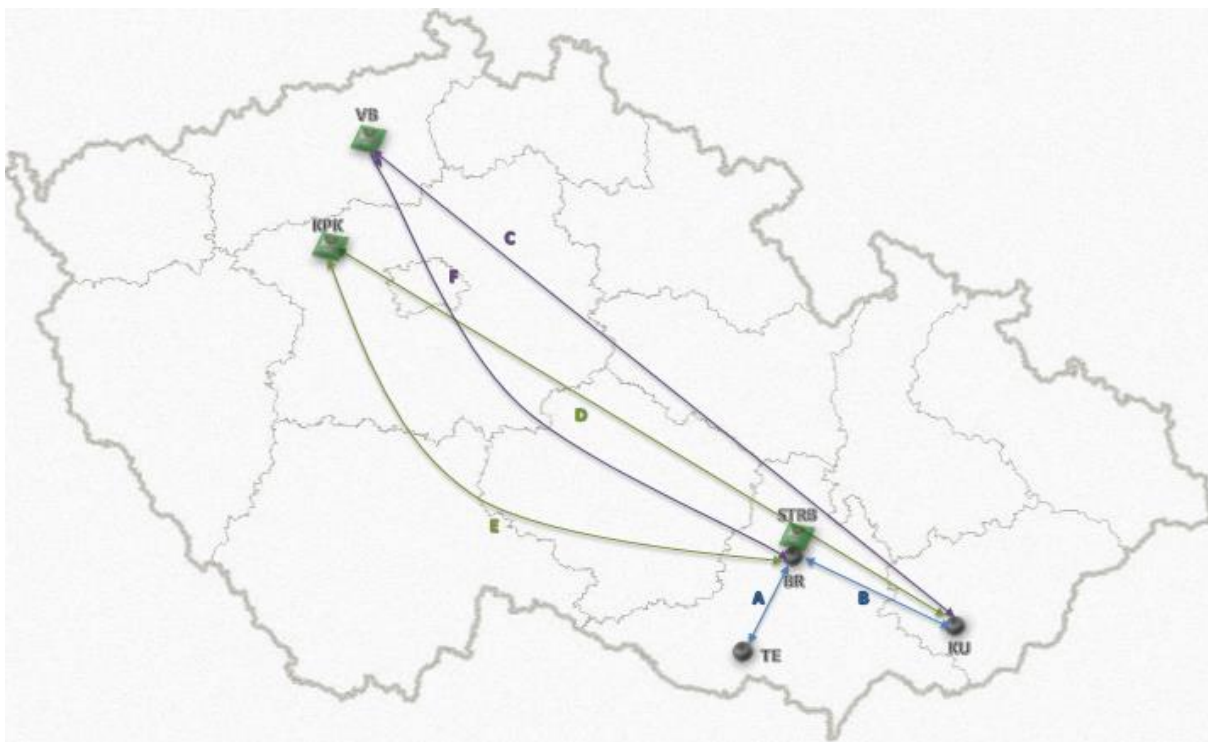
- trasa K pivovar Krušovice – DC Hradec Králové – DC Turnov (KPK - HK – TU) 1 x za měsíc, pokud je požadavek na 18 palet, pro přepravu se používá návěs Solo,
- trasa L pivovar Velké Březno - DC Hradec Králové – DC Turnov (VB - HK – TU) 1 x týdně, pokud je požadavek na 18 palet, pro přepravu se používá návěs Solo,
- trasa M pivovar Starobrno - DC Hradec Králové – DC Turnov (STRB - HK – TU) 1 x týdně, pokud je požadavek na 18 palet, pro přepravu se používá návěs Solo.



Obrázek 16 Okružní jízdy, trasy přes 2 DC

Distribuční centra bez přímého zásobování, tzn., ne každý pivovar má přímé spojení s každým DC. Hotové výrobky se přepravují z pivovarů Starobrna, Krušovice, Velké Březno do DC Brno. DC Brno zajišťuje rozvoz/svoz do DC Těšetice a DC Kunovice, tzn., že v současné síti neexistují následující trasy (obrázek 17):

- pivovar Krušovice – DC Těšetice (KPK – TE),
- pivovar Velké Březno – DC Těšetice (VB – TE),
- pivovar Starobrna – DC Těšetice (STBR – TE),
- pivovar Starobrna – DC Kunovice (STBR – KU).



Obrázek 17 Distribuční centra bez přímého zásobování z pivovarů

2.5 Analýza sítě a vyhodnocení současných toků

Analýza sítě současných toků byla provedena dle následující dekompozice:

- zásobování Jihomoravský kraj,
- zásobování Ústecký a Středočeský kraj,
- zásobování Liberecký a Královéhradecký kraj.

V Jihomoravském kraji dle tabulky 2 neexistují přímé trasy mezi pivovary a distribučními centry.

	DC Těšetice	DC Kunovice	DC Brno
Starobrna	X	X	2 640
Krušovice	X	1 340	11 616
Velké Březno	X	748	8 876
DC Brno (DC1)	2 772	1 512	X
Celkem km	29 504		

Tabulka 2 Ujetá vzdálenost v km za měsíc, Jihomoravský kraj

Celkové ceny smluvních dopravců za měsíc obsahuje tabulka 3. Hotové výrobky z pivovaru Velké Březno, Krušovice a Starobrna směřují do DC Těšetice a DC Kunovice přes DC Brno.

	DC Těšetice	DC Kunovice	DC Brno
Starobrnno			29 480
Krušovice		2 244	19 140
Velke Březno		1 144	13 524
DC Brno (DC1)	7 040	2 934	
Celkem cena	79 917		

Tabulka 3 Cena za přepravu Jihomoravský kraj

V DC Brno se k hotovým výrobkům z uvedených pivovarů přidává tzv. importní zboží pro DC Těšetice a DC Kunovice, také se nakládají palety s propagací a technickým servisem (viz tabulka 4). Importní zboží, propagace a technický servis se přepravuje dle požadavků konečných zákazníků a počtů akcí v regionech. Pokud by společnost přepravovala samostatně palety s tímto typem zboží, nikdy nenaplní vozidlo, to by bylo vždy nevytíženo.

	DC Těšetice	DC Kunovice
Importní zboží	20	21
Propagace	6	6
Technický servis	5	6
Celkem palet	64	

Tabulka 4 Importní zboží, propagace, technický servis z DC Brno za měsíc v počtu palet

Měsíční požadavky DC na produkce pivovarů a požadavky DC na importní zboží, technický servis a propagaci jsou uvedeny v tabulce 5.

	DC Těšetice	DC Kunovice	DC Brno
Starobrnno	599	264	6 397
Krušovice	54	66	672
Velke Březno	42	33	420
Celkem palet	8 547 + 64 = 8 611		

Tabulka 5 Požadavky DC a pivovarů za měsíc, včetně importního zboží, servisu a propagace v počtu palet

Celkový tok palet v Jihomoravském kraji činí 8 611. Z toho se přes DC Brno do DC Těšetice a DC Kunovice přepravuje 959 palet. Celková ujetá vzdálenost za měsíc činí 29 504 km. Cena za přepravu pro Jihomoravský kraj je 75 506 pj, z toho náklady přes DC Brno činí 15 505 pj.

Požadavky DC v Ústeckém a Středočeském kraji jsou uvedeny v tabulce 6. Charakteristickým rysem těchto krajů je zasobování PET láhvemi DC Louny, DC Červený Újezd a DC Ústí nad Labem z pivovaru Starobrnno.

	DC Louny	DC Červený Újezd	DC Ústí nad Labem
Starobrno	66	1 452	132
Krušovice	264	4 356	858
Velke Březno	264	132	1 464
DC Červený Újezd	79		240
Celkem palet	9 307		

Tabulka 6 Požadavky DC a pivovarů za měsíc, včetně importního zboží, servisu a propagace v počtu palet

Technický servis se v těchto lokacích nerealizuje, proto jsou v tabulce 7 uvedeny nulové objemy pro každé DC. DC Červený Újezd přijímá importní zboží a propagaci ze zahraničí, které následně distribuuje dále do DC Louny a DC Ústí nad Labem. Tento typ zboží v DC Červený Újezd je standardně uskladněn, proto požadavky daného DC jsou nulové.

	DC Louny	DC Červený Újezd	DC Ústí nad Labem
Importní zboží	75	0	238
Propagace	4	0	2
Technický servis	0	0	0
Celkem	319		

Tabulka 7 Importní zboží, propagace, technický servis z DC Červený Újezd za měsíc v počtu palet

V Ústeckém a Středočeském kraji všechna DC dostávají produkci z každého pivovaru (viz tabulka 8), velký podíl na celkové ujeté vzdálenosti za měsíc při zásobování z pivovaru Starobrno však mají jednosměrné trasy.

	DC Louny	DC Červený Újezd	DC Ústí nad Labem
Starobrno	546	10 296	1 188
Krušovice	432	9 240	4 472
Velke Březno	1 040	880	880
DC Červený Újezd	336		1536
Celkem km	30 846		

Tabulka 8 Ujetá vzdálenost v km za měsíc, Ústecký a Středočeský kraj

Celkové měsíční ceny smluvních dopravců obsahuje tabulka 9. Hotové výrobky z pivovaru Velké Březno, Krušovice a Starobrno směřují do každého DC v Ústeckém a Středočeském kraji.

	DC Louny	DC Červený Újezd	DC Ústí nad Labem
Starobrno	1 148	22 220	2 740
Krušovice	1 808	29 040	8 892
Velke Březno	2 160	1 576	6 600
DC Červený Újezd	717		3 016
Celkem cena	79 917		

Tabulka 9 Cena za přepravu Ústecký a Středočeský kraj

Celkový tok palet v Ústeckém a Středočeském kraji činí 9 307. Z toho se jednosměrně do DC Louny, DC Červený Újezd a DC Ústí přepravuje měsíčně 1 650 palet. Celková ujetá vzdálenost za měsíc je 30 846 km. Cena za přepravu pro Ústecký a Středočeský kraj činí 79 917 pj, z toho náklady na přepravu v jednom směru činí 26 108 pj.

Při zásobování DC v Libereckém a Královéhradeckém kraji kvůli nízkým měsíčním požadavkům (tabulka 10) společnost Heineken Česká republika, a.s. používá následující scénář okružních jízd. Vozidlo, ve většině případů typu Standard, po nakládce v pivovaru přepravuje palety nejprve do DC Hradec Králové, kde se vyloží polovina zboží a zároveň se naloží stejný počet palet s vratnými obaly. Poté následuje přeprava zbylých palet se zbožím do DC Turnov včetně nakládky vratných obalů v tomto DC. Přeprava palet s technickým servisem, propagací, importním zbožím se v těchto lokacích nerealizuje.

	Pivovar - DC Hradec Králové - DC Turnov - Pivovar
Starobrno	66 + 66
Krušovice	17 + 16
Velke Březno	66 + 66
Celkem palet	297

Tabulka 10 Požadavky DC a pivovarů za měsíc, Liberecký a Královéhradecký kraj v počtu palet

Tabulka 11 udává kilometrické vzdálenosti mezi jednotlivými lokacemi při realizaci okružních jízd.

	Pivovar - DC Hradec Králové - DC Turnov - Pivovar
Starobrno	147 + 78 + 225 = 450
Krušovice	178 + 78 + 166 = 422
Velke Březno	210 + 78 + 118 = 406

Tabulka 11 Kilometrické vzdálenosti pro každou okružní jízdu

Celkové ujeté vzdálenosti v km za měsíc jsou uvedeny v tabulce 12.

	Pivovar - DC Hradec Králové - DC Turnov - Pivovar
Starobrno	450
Krušovice	1 688
Velke Březno	1 624
Celkem km	3 762

Tabulka 12 Ujetá vzdálenost v km za měsíc, Liberecký a Královéhradecký kraj

Tabulka 13 zobrazuje měsíční náklady na přepravu v Libereckém a Královéhradeckém kraji.

	DC Hradec Králové + DC Turnov
Starobrno	776
Krušovice	2 760
Velke Březno	2 704
Celkem cena	6 240

Tabulka 13 Cena za přepravu Liberecký a Královéhradecký kraj

Celkový tok palet v Libereckém a Královéhradeckém činí 297 palet. Celková ujetá vzdálenost za měsíc 3 762 km. Cena za přepravu pro Ústecký a Středočeský kraj 6 240 pj.

Podmínky zásobování pro každý kraj:

- každé DC musí mít finální výrobky z každého pivovaru,
- existence externího vstupu (importní zboží, technický servis, propagace),
- importní zboží, propagace a technický servis se přepravují dle požadavků konečných zákazníků, nelze přepravovat samostatně palety s tímto typem zboží,
- dostatečná kapacita DC,
- sloučení tras musí spadat do jednoho dne, v den nakládky se realizuje i vykládka,
- vratné obaly se mohou vykládat další den.

3 Teoretická východiska řešení – metody pro identifikaci příležitostí pro zvýšení efektivity dopravy

Od každého řídicího pracovníka se na různých stupních řízení očekává schopnost přijímat kvalitní rozhodnutí. Může jít například o rozhodnutí týkající se plánu výroby nebo distribuce zboží. Před přijetím správného rozhodnutí by pracovník měl odpovědět na otázku, zda sledovaný proces funguje efektivně. A k tomu určit kritérium pro posuzování efektivity procesu, kterému se říká optimalizační kritérium. V případě, že se bude posuzovat efektivita přepravních procesů, pak optimalizačním kritériem může být výše nákladů vyjádřená v peněžních jednotkách nebo ujeté vzdálenosti za určité období. Je nezbytně přiznat, že v reálné praxi nemusí mít rozhodující pracovník všechny vstupní údaje, na základě kterých by mohl hodnotu optimalizačního kritéria správně specifikovat a kvantifikovat.

3.1 Definice problému směrování zásob

Z hlediska operativního řízení je strategie VMI založena na řešení obtížného integrovaného problému, který se skládá z kombinace úlohy o řízení zásob a rozvozních úloh - problém směrování zásob (IRP). IRP vede ke složitému procesu optimalizace, který se stal středem pozornosti v posledních letech. Pro jeho deterministické a stochastické verze modelů je k dispozici celá řada heuristických a exaktních algoritmů, které jsou zpravidla zpracovány „na míru“. Ve stochastické verzi IRP se požadavky zákazníků náhodně objevují v průběhu času a plánování musí být provedeno na začátku každého plánovaného období. V této souvislosti lze použít informace o poptávce pomocí předpovědi a najít řešení exaktní nebo (meta)heuristickou metodou.[5]

Například autoři výzkumu „Dynamic and Stochastic Inventory-Routing“, Leandro C. Coelho, Jean-François Cordeau, Gilbert Laporte, provedli rozsáhlou výpočetní analýzu náhodně generované poptávky se zadaným plánovacím obdobím určité délky a homogenním vozidlovým parkem. Poptávka není rozhodovateli známa, musí ji odhadnout na základě historických údajů. K řešení byl použit software ILOG CPLEX pro matematické modelování. [6]

Verena Schmid, Gilbert Laporte, Karl Franz Doerner ve své práci “Rich Routing Problems Arising in Supply Chain Management” navrhli metaheuristické řešení problému pro pivovarnický koncern Anheuser-Busch InBev. Byl vytvořen model zahrnující optimalizaci zásob a návrh rozvozových tras pro homogenní vozidlový park s časovými okny a rozdělenými dodávkami. [7]

Quentin Tonneau, Pierre Dejax v práci “Multimodal multi-flow problem with transformation: Application to waste supply chain” představili heuristické řešení IRP založené na ALNS (Adaptive Large Neighborhood Search) metodě. Navrhli optimalizační nástroj pro společnost zabývající se sběrem odpadů z kontejnerů umístěných ve veřejných prostorech a průmyslových lokalitách. Deterministická úloha zahrnuje nehomogenní vozidlový park a pevné plánovací období jeden týden. [8]

Zvláštní případ IRP, který se nazývá IRP s přímým dodáním (IRPDD), nastává v případech, ve kterých je na každé trase vozidla navštívena pouze jeden zákazník. V takovém případě skladové kapacity a požadavky zákazníků jsou dostatečně velké vzhledem ke kapacitě vozidla, proto je optimálním řešením dodávat plnou kapacitu vozidla každému zákazníkovi. Přestože řešení úlohy IRPDD je mnohem jednodušší, než řešení úlohy IRP s okružními jízdami, je řešení tohoto problému stále obtížné, pokud existují více než čtyři zákazníci, heterogenní vozidlový park a omezený počet vozidel. Čas výpočtu v závislosti na počtu zákazníků roste exponenciálně.

Uvažujme následující příklad. Je dáno n zákazníků a symbol 0 udává výrobce. Každý zákazník $i = 1, 2, \dots, n$ má stejný týdenní požadavek $Q_i = 150$ palet na produkci výrobce, z tohoto požadavku se část palet označená jako E_i nevrací výrobci. Výrobce má požadavek na vratné obaly Q_0 , jehož hodnota se vypočítá ze vzorce:

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n (Q_i - E_i)$$

Pro přepravu palet se používá heterogenní vozidlový park z hlediska kapacity vozidel s omezeným počtem typů vozidel. Kapacity mají hodnoty $C = \{15, 20, 25\}$. Tabulka 14 ukazuje exponenciální nárůst výpočetního času počítače při zvýšení počtu zákazníků.

Počet zákazníků	Počet vozidel	Kapacita vozidel [palet]	Výpočetní čas [s]
2	1	25	2
3	2	25, 15	44
4	3	25, 15	277
5	4	25, 20, 15	4 865

Tabulka 14 Výpočetní čas počítače při zvýšení počtu zákazníků

3.2 Využití optimalizačních metod

Optimalizace se provádí za předpokladu, že hledání optimálního řešení je limitováno omezujícími podmínkami. S pohledu optimalizace rozlišujeme řešení přípustná (splňující okrajové podmínky) a nepřípustná. Optimální řešení musí být nejen přípustné, ale také musí vykazovat nejlepší kvalitu z hlediska zvoleného optimalizačního kritéria. Optimalizační metody pro nalezení optimálního řešení by měly být rychlé, což znamená, že by měly nacházet optimum co nejefektivněji. Je důležité uvést, že neexistuje univerzální optimalizační metoda, která by byla schopná vyřešit jakoukoliv úlohu. Proto při volbě optimalizační metody je nutno vybrat metodu, kterou se konkrétní úloha bude řešit. Základní rozdělení optimalizačních metod je na exaktní a heuristické. Rozdíl je v tom, že u exaktních metod lze ověřit existenci optimálního řešení, heuristické metody nabízejí řešení, které nemusí být optimálním. Co je však z hlediska volby vhodné optimalizační metody ještě nezbytně uvést, je to, že pokud existuje dostatečně výkonná exaktní metoda, vždy má preferenci před jakoukoliv heuristickou metodou. [9]

V souvislosti s rozdělením optimalizačních metod na exaktní a heuristické a jejich aplikací za účelem prověření optimality existujícího procesu, je nutno si uvědomit, že při použití správně zvolené exaktní metody nelze získat horší řešení, než je současný stav. V takovém případě je zřejmé, že stávající proces je naplánován optimálně. Při použití heuristické metody, nelze vyloučit, že získané výsledné řešení může být horší než současný stav. Prověření optimality exaktní metodou může být náročným procesem i pro moderní výpočetní techniku, řešení může trvat i několik dní, proto exaktní metoda není vždy vhodná pro hledání řešení v limitovaném čase, protože se může stát, že optimálního řešení bude dosaženo až po uplynutí času, ve kterém má být získáno rozhodnutí.

3.3 Použití exaktní optimalizační metody pro organizaci jízd v Jihomoravském kraji

Obecně platí, že z hlediska celovozových přeprav přinášejí kyvadlové jízdy větší efektivitu než okružní jízdy. Analýza sítě a vyhodnocení současných toků v kapitole 2 ukazuje, že společnosti Heineken v Jihomoravském kraji vznikají zbytečné náklady při rozvozu hotové produkce a svozu vratných obalů přes DC Brno. Hodnoty nákladů, které jsou uvedeny v předchozí části, zahrnují pouze ceny za přepravu od smluvních dopravců. Skutečná hodnota by měla být větší a obsahovat další složky: náklady na skladování, práce personálu, atd. Jednou z možností pro zvýšení efektivity dopravy a snížení nákladů společnosti na přepravu je optimalizace současných toků a z toho vyplývající možná změna organizace jízd v tomto kraji. Pro řešení dané úlohy bude použita exaktní optimalizační metoda, která má za účel najít optimum v oblasti přípustných řešení. K řešení bude použito lineární

programování. Nejdříve bude sestaven matematický model, který bude následně vyřešen v optimalizačním softwaru Xpress – IVE.

V úlohách lineárního programování se obecně pracuje se dvěma skupinami veličin. První skupinu tvoří konstanty, jejichž konkrétní hodnoty jsou před začátkem řešení úlohy známy a v průběhu výpočtu se nemění. Druhou skupinu tvoří proměnné, jejichž konkrétní hodnoty nejsou před začátkem řešení úlohy známy a v průběhu výpočtu se mění. Počet proměnných, které se do úlohy zavádějí, závisí zpravidla na počtu rozhodnutí, která se mají při řešení úlohy vykonat. Občas je zapotřebí zavést i další proměnné, pomocí kterých se například budou vytvářet určité vazby mezi proměnnými modelujícími reálná rozhodnutí. Každá proměnná musí mít určen svůj definiční obor. V lineárním programování máme tři definiční obory proměnných – množinu nezáporných čísel, množinu celých nezáporných čísel a množinu hodnot 0 a 1.

Struktura lineárního modelu musí obsahovat dvě základní části – soustavu omezujících podmínek a účelovou funkci (optimalizační kritérium). Soustava omezujících podmínek vymezuje množinu přípustných řešení a účelová funkce vyjadřuje funkční vztah, pomocí kterého se vypočítá hodnota optimalizované veličiny.

Vstupní hodnoty do matematického modelu (konstanty):

I – množina pivovarů,

J – množina zákazníků,

R – množina typů vozidel,

c_{ij} – měsíční požadavek zákazníka (DC) $j \in J$ na produkt z pivovaru $i \in I$ vyjádřený v počtu palet,

K_k – kapacita vozidla typu $k \in R$.

V modelu se rozhoduje o tocích palet měsíčně a z toho vyplývajícího počtu jízd pomocí následujících proměnných, které ovlivňují ujetou vzdálenost a přepravní náklady:

x_{ij} – měsíční tok palet při přímém zasobování zákazníka $j \in J$ na produkt z pivovaru $i \in I$ ($x_{ij} \geq 0$),

y_{ij} – měsíční tok palet z pivovaru $i \in I$ k zákazníkovi $j \in J$ přes DC Brno ($y_{ij} \geq 0$),

z_j – měsíční tok palet z DC Brno k zákazníkovi $j \in J$ ($z_j \geq 0$),

u_{ijr} – počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ z pivovaru $i \in I$ ($u_{ijr} \in Z_0^+$),

v_{ir} - počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ jedoucích z pivovaru $i \in I$ do DC Brno ($v_{ir} \in Z_0^+$),

w_{jr} - počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ jedoucích z DC Brno k zákazníkovi $j \in J$ ($w_{jr} \in Z_0^+$).

Cena silniční dopravy je závislá na celkové ujeté vzdálenosti – s větší vzdáleností se cena na jeden kilometr snižuje, protože dopravce poskytuje slevy v případě přepravy na větší vzdálenosti. Pro porovnání ceny za 1 km v závislosti na ujeté vzdálenosti:

- trasa pivovar Velké Březno – DC Kunovice, vzdálenost 748 km, celková cena 1 144, cena za 1 km = 1,53 pj,
- pivovar Velké Březno - DC Červený Újezd, vzdálenost 236 km, celková cena 394, cena za 1 km = 1,70 pj,
- trasa pivovar Krušovice – DC Červený Újezd, vzdálenost 70 km, celková cena 220, cena za 1 km = 3,14 pj,
- trasa pivovar Starobrnno – DC Brno, vzdálenost 12 km, celková cena 134, cena za 1 km = 11,17 pj.

Cena za jednu jízdu v dané relaci je stanovena fixně, tzn., že lineární charakter účelové funkce zůstává zachován. Proto se efektivita současného stavu bude prověřovat ze dvou hledisek, první účelová funkce bude hledat minimum ujeté vzdálenosti, druhá minimum ceny za přepravu. K tomu jsou do modelu zavedeny další konstanty:

d_{ij} – kilometrická vzdálenost mezi pivovarem $i \in I$ a zákazníkem $j \in J$ včetně DC Brno,

e_i - kilometrická vzdálenost mezi pivovarem $i \in I$ a DC Brno,

f_j - kilometrická vzdálenost mezi DC Brno a zákazníkem $j \in J$,

g_{ij} – cena za přepravu mezi pivovarem $i \in I$ a zákazníkem $j \in J$ včetně DC Brno,

h_i - cena za přepravu mezi pivovarem $i \in I$ a DC Brno,

l_j - cena za přepravu mezi DC Brno a zákazníkem $j \in J$,

q_{ijk} – prvek incidenční matice reprezentující možnost použití vozidla s kapacitou $k \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ (vyjma DC Brno) z pivovaru $i \in I$. Když vozidlo

s kapacitou $k \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ (vyjma DC Brno) z pivovaru $i \in I$ může být použito, potom $q_{ijk} = 1$, v opačném případě $q_{ijk} = 0$.

r_{ik} – prvek incidenční matice reprezentující možnost použití vozidla s kapacitou $k \in R$ při zásobování DC Brno z pivovaru $i \in I$. Když vozidlo s kapacitou $k \in R$ při zásobování DC Brno z pivovaru $i \in I$ může být použito, potom $r_{ik} = 1$, v opačném případě $r_{ik} = 0$.

s_{jk} – prvek incidenční matice reprezentující možnost použití vozidla s kapacitou $k \in R$ při zásobování zákazníka $j \in J$ (vyjma DC Brno) z DC Brno. Když vozidlo s kapacitou $k \in R$ při zásobování zákazníka $j \in J$ z DC Brno může být použito, potom $s_{jk} = 1$, v opačném případě $s_{jk} = 0$.

Optimalizační kritérium minimalizující celkovou ujetou vzdálenost za měsíc:

$$\min f(x, y, z, u, v, w) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 d_{ij} \cdot u_{ijk} + \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^4 e_i \cdot v_{ik} + \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 f_j \cdot w_{jk}$$

Optimalizační kritérium minimalizující celkovou cenu za přepravu za měsíc:

$$\min f(x, y, z, u, v, w) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 g_{ij} \cdot u_{ijk} + \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^4 h_i \cdot v_{ik} + \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 l_j \cdot w_{jk}$$

za podmínek:

$$x_{ij} + y_{ij} = c_{ij} \quad \text{pro } i = 1,2,3 \text{ a } j = 1,2$$

$$x_{i3} = c_{i3} \quad \text{pro } i = 1,2,3$$

$$x_{ij} \leq \sum_{k=1}^4 K_k \cdot q_{ijk} \cdot u_{ijk} \quad \text{pro } i = 1,2,3 \text{ a } j = 1,2$$

$$x_{i3} + \sum_{j=1}^2 y_{ij} \leq \sum_{k=1}^4 K_k \cdot r_{ik} \cdot v_{ik} \quad \text{pro } i = 1,2,3$$

$$z_j \leq \sum_{k=1}^4 K_k \cdot s_{jk} \cdot w_{jk} \quad \text{pro } j = 1,2$$

$$u_{ijr} \in Z_0^+ \quad \text{pro } i = 1,2,3; j = 1,2; k = 1,2,3,4$$

$$v_{ir} \in Z_0^+ \quad \text{pro } i = 1,2,3; k = 1,2,3,4$$

$$w_{jr} \in Z_0^+ \quad \text{pro } j = 1,2; k = 1,2,3,4$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{pro } i = 1,2,3; j = 1,2,3$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \text{pro } i = 1,2,3; j = 1,2$$

$$z_j \geq 0 \quad \text{pro } j = 1,2$$

První dvě skupiny podmínek zajišťují dodržení požadovaných toků ložených palet mezi pivovary a distribučními centry DC Brno, DC Těšetice a DC Kunovice a mezi DC Brno a DC Těšetice a DC Kunovice. Další tři skupiny podmínek zajišťují přepočty toků palet na počty jízd. Zbývající skupiny podmínek formulují definiční obory jednotlivých proměnných.

3.4 Použití exaktní optimalizační metody pro organizaci jízd v Ústeckém a Středočeském kraji

U této varianty modelu je uvažováno s kyvadlovou obsluhou DC Červený Újezd, Louny a Ústí nad Labem z pivovarů Starobrnno, Krušovice, Velké Březno. K jízdám je používán heterogenní vozidlový park. V relacích spojujících pivovar Starobrnno s DC Červený Újezd, DC Louny a DC Ústí nad Labem probíhá jednosměrná obsluha. V těchto relacích totiž probíhá rozvoz produkce v nevratných PET – láhvích, což znamená, že zpětný tok obalů neexistuje. Zvláštností procesu distribuce v Ústeckém a Středočeském kraji je zásobování DC Ústí nad Labem a DC Louny importním zbožím a propagací z DC Červený Újezd, prostřednictvím kterého tyto toky vstupují do distribučního systému. Rozvoz impotního zboží a propagace se děje také kyvadlově.

DC Červený Újezd tedy v tomto distribučním systému plní dvě funkce. První funkcí je cíl toků produktů pivovarů Starobrnno, Krušovice a Velké Březno. Druhou funkcí je zdroj importního zboží a propagace. DC Červený Újezd tedy bude v exaktní metodě figurovat jako zdroj a současně i jako spotřebitel.

Úkolem exaktní metody bude rozhodnout o optimálním plánu přepravy, tzn., rozhodnout o počtech přepravených palet jednotlivými typy vozidel mezi pivovary a distribučními centry tak, aby navržený způsob organizace přepravy minimalizoval hodnotu účelové funkce představující celkovou ujetou vzdálenost a celkovou cenu za přepravu.

Vstupní hodnoty do matematického modelu (konstanty):

I – množina zdrojů (pivovarů Starobrno, Krušovice, Velké Březno včetně DC Červený Újezd, které je zdrojem importního zboží a propagace)

J – množina zákazníků (DC Červený Újezd, Louny a Ústí nad Labem)

R – množina typů vozidel,

c_{ij} – měsíční požadavek zákazníka (DC) $j \in J$ na produkt ze zdroje $i \in I$ (pivovaru nebo z DC Červený Újezd),

K_k – kapacita vozidla typu $k \in R$,

q_{ijk} – prvek incidenční matice reprezentující možnost použití vozidla s kapacitou $k \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ ze zdroje $i \in I$ (pivovaru nebo DC Červený Újezd). Když vozidlo s kapacitou $k \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ ze zdroje $i \in I$ může být použito, potom $q_{ijk} = 1$, v opačném případě $q_{ijk} = 0$.

V tomto modelu se rozhoduje o počtech jízd vozidel různých kapacit pomocí následujících proměnných, které ovlivňují ujetou vzdálenost a přepravní náklady:

u_{ijr} – počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ z pivovaru a DC Červený Újezd $i \in I$ ($u_{ijr} \in Z_0^+$).

Efektivita současného stavu zásobování bude prověřovat ze dvou hledisek, první účelová funkce bude hledat minimum ujeté vzdálenosti, druhá minimum ceny za přepravu. K tomu jsou do modelu zavedeny následující konstanty:

d_{ij} – kilometrická vzdálenost mezi zdrojem $i \in I$ a zákazníkem $j \in J$,

g_{ij} – cena za přepravu (1 jízdu) mezi pivovarem $i \in I$ a zákazníkem $j \in J$.

Optimalizační kritérium minimalizující celkovou ujetou vzdálenost za měsíc:

$$\mathit{minf}(\mathbf{u}) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 \sum_{r=1}^4 d_{ij} \cdot u_{ijr}$$

Optimalizační kritérium minimalizující celkovou cenu za přepravu za měsíc:

$$\mathit{minf}(\mathbf{u}) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 \sum_{r=1}^4 g_{ij} \cdot u_{ijr}$$

za podmínek:

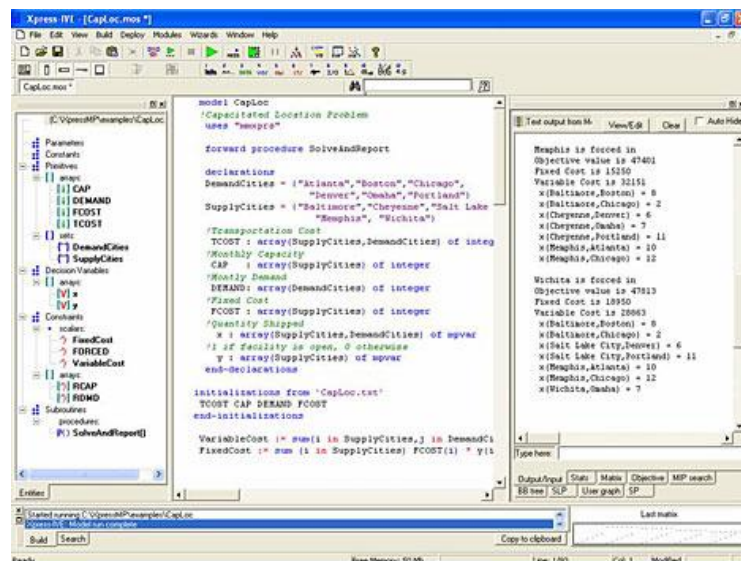
$$c_{ij} \leq \sum_{r=1}^4 K_r \cdot q_{ijk} \cdot u_{ijr} \text{ pro } i = 1,2,3,4; j = 1,2,3$$

$$u_{ijr} \in Z_0^+ \text{ pro } i = 1,2,3,4; j = 1,2,3; k = 1,2,3,4$$

První skupina podmínek zajišťuje přepočítání toků palet na počty jízd. Druhá skupina podmínek formuluje definiční obor proměnné použité v modelu.

3.5 Stručný popis transformace modelu do optimalizačního software Xpress-IVE

V dané práci bude k řešení úlohy lineárního programování použit optimalizační software Xpress – IVE (obrázek 18). Tento software byl navržen americkou společností FICO v roce 2008 pro matematické modelování a řešení optimalizačních úloh lineárního a celočíselného programování. Při transformaci matematického modelu do textu programu v softwaru Xpress - IVE, je nutné dodržovat pravidla převodu veličin a funkcí modelu do programovacího jazyku MOSEL. Tento univerzální jazyk má otevřenou modulární architekturu a umí kompilovat, spouštět, přistupovat k matematickým modelům vytvořených v programovacích jazycích C/C ++, C, Java.



Obrázek 18 Optimalizační software Xpress – IVE

Na začátku textu programu bude uvedeno klíčové slovo *model*, které se doplní názvem programu. V druhém řádku bude uveden příkaz, kterým spustí knihovna matematických operací.

model distribuce

uses "mmxprs"

Dále do textu programu pomocí úvodního klíčového slova *declarations* bude zavedena deklarační část, do které budou zařazeny množiny, které se v modelu objevují. V modelu pro organizaci jízd v Jihomoravském kraji budou použity tři množiny:

- množina pivovarů,
- množina zákazníků, se zohledněním vlastních požadavků DC Brno, které je třetím zákazníkem,
- množina vozidel.

$m=3$

$n=3$

$p=4$

$pivovar=1..m$

$zakaznik=1..n$

$vozidlo=1..p$

Deklarační část bude také obsahovat konstanty a proměnné, které byly definovány v kapitole 3.3. Každá konstanta nebo proměnná, která má označení *array*, je veličinou typu pole. Konstanty v programovacím jazyku MOSEL jsou deklarovány slovním spojením *of real*, proměnné pomocí slovního spojení *of mpvar*. Transformace konstant a proměnných do programovacího jazyka bude vypadat následovně:

$a:array(pivovar)of real$ - měsíční kapacity pivovarů

$b:array(zakaznik)of real$ - měsíční požadavky zákazníků

$c:array(pivovar,zakaznik)of real$ - měsíční předepsané toky palet

$t:array(1..2)of real$ - měsíční předepsané toky palet importního zboží, propagace, tech. servisu

$d:array(pivovar,1..n-1)of real$ - vzdálenosti z pivovarů do DC Těšetice a DC Kunovice

$e:array(pivovar)of real$ - vzdálenosti z pivovarů do DC Brno

$f:array(1..n-1)of real$ - vzdálenosti z DC Brno do DC Těšetice a DC Kunovice

$kap:array(vozidlo)of real$ - počty palet nakládaných do vozidel

$q:array(pivovar,1..2,vozidlo)of real$ - incidenční matice pro přímé zásobování DC Těšetice a DC Kunovice

$r:array(pivovar,vozidlo)of real$ - incidenční matice relace a vozidlo pro zásobování pivovary – DC Brno

$s:array(1..2,vozidlo)of real$ - incidenční matice DC Brno a vozidlo

$u:array(pivovar,1..2,vozidlo)of mpvar$ - počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ z pivovaru $i \in I$ ($u_{ijr} \in Z_0^+$)

v:array(pivovar,vozidlo)of mpvar - počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ jedoucích do DC Brno za účelem zásobování zbylých zákazníků ($v_{ir} \in Z_0^+$)

w:array(zakaznik,vozidlo)of mpvar - počet jízd vozidla s kapacitou $r \in R$ jedoucích z DC Brno k zákazníkovi $j \in J$ ($w_{jr} \in Z_0^+$)

x:array(pivovar,zakaznik)of mpvar - měsíční tok palet při přímém zásobování zákazníka $j \in J$ na produkt z pivovaru $i \in I$

y:array(pivovar,1..2)of mpvar - měsíční tok palet z pivovaru $i \in I$ k zákazníkovi $j \in J$ přes DC Brno

z:array(1..2)of mpvar - měsíční tok palet z DC Brno k zákazníkovi $j \in J$

end-declarations

Deklační část se ukončí slovem *end-declarations*. Text programu pokračuje dále zadáním konkrétních hodnot konstant, které budou zapsány následujícím způsobem:

a::[7260,792,495]

Poté je nutné převést omezující podmínky z matematického modelu do programovacího jazyka, které lze udělat pomocí příkazu *forall*, například omezující podmínka $x_{ij} + y_{ij} = c_{ij}$ pro $i = 1,2,3$ a $j = 1,2$ bude mít v software Xpress-IVE tvar:

forall(i in pivovar,j in 1..2)(x(i,j)+y(i,j))=c(i,j)

Pokud má proměnná nabývat celočíselných nezáporných hodnot, musí být k omezující podmínce přidáno slovní spojení *is_integer*. Do textu programu se dále přidává účelová funkce, hodnotu které je potřeba optimalizovat, jejíž název záleží na autorovi. V případě matematického modelu v kapitole 3.3 se jedná o celkovou ujetou vzdálenost nebo o celkové náklady, účelová funkce se do textu programu zapíše například následujícím způsobem:

*celk_km:=sum(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo)d(i,j,k)*u(i,j,k)+sum(i in pivovar,k in vozidlo)e(i,k)*v(i,k)+sum(j in 1..2,k in vozidlo)f(j,k)*w(j,k)*

Za účelovou funkcí se poté doplní řádek s příkazem k provedení minimalizace hodnoty této funkce.

minimize(celk_km)

Dále se v textu programu vyskytují požadavky na výpis hodnoty účelové funkce a hodnot proměnných pomocí příkazu *writeln*. Hodnoty účelové funkce se vypisují pomocí příkazu *getobjval*, výpis hodnot proměnných se provádí dále pomocí příkazu *getsol*.

writeln(getobjval)

writeln

```
forall(i in pivovar,j in zakaznik|getsol(x(i,j))>0)writeln("x(",i,";",j,")=",getsol(x(i,j)))
```

Konec textu programu se deklaruje klíčovým slovem *end-model*.

3.5 Metoda Mourgaya a Vanderbecka

Další varianta řešení je založena na korekčním heuristickém algoritmu, který navrhli autoři práce „Probleme de tournées de vehicules multi periodiques: heuristique pour la planification tactique“ Mourgaya a Vanderbeck. [10] Autoři analyzovali systém distribuce společnosti s 1 výrobním závodem a 25 regionálními sklady. Sklady mají konstantní měsíční požadavky na zásobování technickými plyny, výrobce má požadavek na svoz vratných obalů. Kapacity regionálních skladů nejsou omezeny, náklady na přepravu jsou úměrné celkové ujeté vzdálenosti a typu jízdy (jednosměrná nebo obousměrná), náklady na skladování zásob nejsou brány v úvahu. Další podmínkou je existence heterogenního vozidlového parku a omezený počet vozidel, která mají různou kapacitu. Cílem úlohy je najít řešení, které zahrnuje optimalizaci rozvozu technických plynů a svozů prázdných obalů včetně nalezení optimálního měsíčního rozvrhu obsluhy regionálních skladů.

Algoritmus se spočívá v tom, že pro zvýšení efektivity přepravy a snížení nákladů, v závislosti na velikosti měsíčních požadavků každého regionálního skladu, autoři používají různé kombinace vozidel při návrhu tras a sestavení měsíčního rozvrhu zásobování. Pro správné pochopení algoritmu je nutné objasnit symboly, které se používají při teoretickém popisu i praktickém použití tohoto algoritmu. Význam jednotlivých symbolů je definován následovně:

$N = \{0,1,2, \dots, n\}$ – množina míst v dopravní síti, kde symbol 0 udává výrobce a symboly $1, \dots, n$ reprezentují regionální sklady,

$M = \{1,2, \dots, m\}$ – množina typů vozidel,

$C_{j(a,b)}$ – kapacita vozidla typu $j \in M$, kde a vyjadřuje kapacitu vozidla při rozvozu zboží od výrobce do skladů a b vyjadřuje kapacitu vozidla při svozu vratných obalů ze skladů k výrobcí,

$C_{j(max\ a,b)}$ – kapacita vozidla typu $j \in M$, které má největší kapacitu při rozvozu zboží do skladů při jednosměrných jízdách (v případě, že typů vozidel s maximální kapacitou je více),

$C_{j(a, \max b)}$ – kapacita vozidla typu $j \in M$, které má největší kapacitu při svozu vratných obalů k výrobci (v případě, že typů vozidel s maximální kapacitou je více),

Q_{0i} – požadavek skladu $i \in N \setminus \{0\}$ na produkci výrobce,

Q_{i0} – požadavek výrobce na vratné obaly ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$,

Q'_{i0} – nevykrytý požadavek výrobce na vratné obaly ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$, když je ke svozu vratných obalů použito vozidlo typu $j \in M$ (počet obalů nedodaných výrobcí ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$),

Q'_{0i} – požadavek skladu $i \in N \setminus \{0\}$ na produkci výrobce pro výpočet jednosměrných jízd vozidlem typu $j \in M$ s kapacitou $C_{j(\max a, b)}$ (v případě, že typů vozidel s maximální kapacitou je více),

Q''_{0i} – nevykrytý požadavek skladu $i \in N \setminus \{0\}$ na produkci výrobce, vhodným typem vozidla pro splnění nevykrytého požadavku skladu je každý typ vozidla $j \in M$ s kapacitou $C_{j(a, b)}$, přičemž $a \geq Q''_{0i}$

f_{0i} – tok produkce od výrobce do skladu $i \in N \setminus \{0\}$,

f_{i0} – tok vratných obalů ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$ k výrobcí,

$k_{C_{j(a, b)}}$ – počet obousměrných jízd vozidla typu $j \in M$ s kapacitou $C_{j(a, b)}$,

$k_{0 \rightarrow i C_{j(a, b)}}$ – počet jednosměrných jízd od výrobce do skladu $i \in N \setminus \{0\}$ vozidlem typu $j \in M$ s kapacitou $C_{j(a, b)}$,

$k_{i \rightarrow 0 C_{j(a, b)}}$ – počet jednosměrných jízd ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$ k výrobcí vozidlem typu $j \in M$ s kapacitou $C_{j(a, b)}$,

$p_{0 \leftrightarrow i}(j)$ – cena za obousměrnou jízdu do skladu $i \in N \setminus \{0\}$ vozidlem typu $j \in M$,

$p_{0 \rightarrow i}(j)$ – cena za jednosměrnou jízdu při rozvozu zboží od výrobce do skladu $i \in N \setminus \{0\}$, cena nemusí být polovinou $p_{0 \leftrightarrow i}(j)$,

$p_{i \rightarrow 0}(j)$ – cena za jednosměrnou jízdu při svozu vratných obalů od skladu do výrobce $i \in N \setminus \{0\}$ vozidlem typu $j \in M$, cena nemusí být polovinou $p_{0 \leftrightarrow i}(j)$,

S_i – rozvrh zásobování pro sklad $i \in N \setminus \{0\}$.

Algoritmus začíná fází, ve které se řeší požadavky výrobce na vratné obaly

1. výpočet počtu obousměrných jízd vypravených za odvozu prázdných obalů ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$ vozidlem typu $j \in M$ s maximální kapacitou pro svoz vratných obalů $k_{C_{j(a,b)}} = \frac{Q_{i0}}{C_{j(a,max b)}}$ (při vzniku neceločíselného podílu se zaokrouhluje dolů),
2. výpočet toku vratných obalů ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$ $f_{i0} = k_{C_{j(a,b)}} \times C_{j(a,max b)}$ odvezených vozidly s maximální kapacitou pro odvoz prázdných obalů, neceločíselný zbytek podílu $\frac{Q_{i0}}{C_{j(a,max b)}}$ se převede na nevykrytý požadavek výrobce $Q'_{i0} = Q_{i0} - f_{i0}$ ze skladu $i \in N \setminus \{0\}$,
3. výpočítá se tok produkce od výrobce do skladu $i \in N \setminus \{0\}$ vozidlem typu $j \in M$ s maximální kapacitou pro odvoz vratných obalů při obousměrných jízdách $f_{0i} = k_{C_{j(a,b)}} \times C_{j(a,max b)}$,
4. z toho se určí zůstatek požadavků skladu $i \in N \setminus \{0\}$, který nebyl uspokojen, $Q'_{0i} = Q_{0i} - f_{0i}$,
5. pro zůstatek neuspokojených požadavků skladu $i \in N \setminus \{0\}$ – Q'_{0i} se výpočítá počet jednosměrných jízd konaných vozidlem s maximální kapacitou pro tok produkce $k_{0 \rightarrow i C_{j(a,b)}} = \frac{Q'_{0i}}{C_{j(max a,b)}}$, a následně skutečný tok produkce při jednosměrných jízdách $f'_{0i} = k_{0 \rightarrow i C_{j(a,b)}} \times C_{j(max a,b)}$, neceločíselný zbytek podílu $\frac{Q'_{0i}}{C_{j(max a,b)}}$ se převede na nesplněný požadavek skladu $i \in N \setminus \{0\}$ označený $Q''_{0i} = Q'_{0i} - f'_{0i}$,
6. když v 5. kroku vznikne celočíselný podíl, pak pro Q'_{i0} (krok 2) se k celkovému počtu obousměrných jízd $k_{C_{j(a,b)}}$ přidá 1 jízda, která se odečte z $k_{0 \rightarrow i C_{j(a,b)}}$, z počtu jednosměrných jízd od výrobce do skladu (tzn., vznikne další obousměrná jízda),
7. v jiném případě se pro Q'_{i0} a Q''_{0i} přidá další obousměrná jízda vozidla $j \in M$ splňujícího podmínky $C_{j(a,b)}$; $a \geq Q'_{0i}$ a $b \geq Q'_{i0}$ a $\min_{j \in M} \{p_{0 \leftrightarrow i}(j)\}$.
8. vypočítá se celková cena (celkové náklady) na přepravu a porovnají se se současnou cenou (hodnotou nákladů),
9. změní se rozvrh zásobování S_i pro zákazníka $i \in N \setminus \{0\}$.

Například jsou dány týdenní požadavky zákazníka A na produkci výrobce v počtu ložených palet $Q_{0A} = 1\,285$ palet a týdenní požadavek výrobce na vratné obaly v počtu prázdných palet $Q_{A0} = 675$ palet. Pro rozvoz a svoz jsou k dispozici 2 typy vozidel $M = \{1, 2\}$, vozidlo typu 1 má kapacitu $C_{1(33,33)}$ palet (tzn., že v obou směrech má kapacitu 33 palet), vozidlo typu 2 má kapacitu $C_{2(25,25)}$ palet (tzn., že v obou směrech má kapacitu 25 palet). Taková

situace může nastat, když jsou na paletách naloženy vratné obaly (sudy, přepravky s prázdnými láhvemi apod. Ceny za přepravu pro vozidlo typu 1 jsou $p_{0 \leftrightarrow A}(1) = 180$ pj za obousměrnou jízdu a $p_{0 \rightarrow A}(1) = 135$ pj za jednosměrnou jízdu. Ceny za přepravu pro vozidlo typu 2 jsou $p_{0 \leftrightarrow A}(2) = 155$ pj za obousměrnou jízdu a $p_{0 \rightarrow A}(2) = 105$ pj za jednosměrnou jízdu. Současný rozvoz / svoz vypadá následovně:

- počet obousměrných jízd vozidla typu 1 $k_{C_1(33,33)} = 20$,
- počet jednosměrných jízd vozidla typu 1 $k_{0 \rightarrow A C_1(33,33)} = 19$,
- počet jednosměrných jízd vozidla typu 2 $k_{A \rightarrow 0 C_2(25,25)} = 1$,
- nabízená kapacita v počtu palet v loženém směru (od výrobce k zákazníkovi) $k_{C_1(33,33)} \times C_1(33) + k_{0 \rightarrow A C_1(33,33)} \times C_1(33) = 20 \times 33 + 19 \times 33 = 1\ 287$ palet, nabízená kapacita v opačném směru od zákazníka k výrobci činí $k_{C_1(33,33)} \times C_1(33) + k_{A \rightarrow 0 C_2(25,25)} \times C_2(25) = 20 \times 33 + 1 \times 25 = 685$ palet,
- celková cena za nabízenou kapacitu činí 6 270 pj.

Algoritmus začíná fází, ve které se řeší požadavky výrobce na vratné obaly.

1. vybereme vozidlo s maximální kapacitou pro odvoz prázdných palet, tím je vozidlo s kapacitou 33 prázdných palet $C_{m(a, \max b)} = C_1(33,33) \Rightarrow k_{C_1(33,33)} = \frac{Q_{A0}}{C_1(33,33)} = \frac{675}{33} = 20,45$ jízd, tzn., že po zaokrouhlení dolů dostáváme hodnotu 20 jízd,
2. počet prázdných palet odvezených od zákazníka A k výrobci je $f_{A0} = k_{C_1(33,33)} \times C_1(33,33) = 20 \times 33 = 660 \Rightarrow$ od zákazníka A není odvezeno $Q'_{A0} = Q_{A0} - f_{A0} = 675 - 660 = 15$ palet,
3. tok ložených palet od výrobce k zákazníkovi A činí při návratu těchto vozidel po vykládce prázdných obalů $f_{0A} = k_{C_1(33,33)} \times C_1(33) = 20 \times 33 = 660$ palet,
4. nevykrytý požadavek zákazníka A činí $Q'_{0A} = Q_{0A} - f_{0A} = 1285 - 660 = 625$,
5. $C_{m(\max a, b)} = 33 \Rightarrow k_{0 \rightarrow n C_1(33,33)} = \frac{Q'_{0A}}{C_1(33,33)} = \frac{625}{33} = 18,93$ jízd, tzn., že po zaokrouhlení dolů dostáváme hodnotu 18 jednosměrných jízd, následně $f'_{0A} = k_{0 \rightarrow A C_1(33,33)} \times C_1(33) = 18 \times 33 = 594$,
6. $Q''_{0A} = Q'_{0A} - f'_{0A} = 625 - 594 = 31$,
7. pro nevykryté požadavky výrobce $Q'_{A0} = 15$ a nevykryté požadavky zákazníka A $Q''_{0A} = 31$ se přidá další obousměrná jízda vozidla $C_1(33,33) \Rightarrow$ počet obousměrných jízd se zvýší na $k_{C_1(33,33)} = 21$.

Po ukončení algoritmu se vypočítají celkové toky a celková cena za přepravu (celkové náklady):

- celková nabízená kapacita pro tok produkce od výrobce k zákazníkovi (ložený směr)
 $k_{C_1(33,33)} \times C_1(33) + k_{0 \rightarrow A C_1(33,33)} \times C_1(33) = 21 \times 33 + 18 \times 33 = 1\,287$ palet,
- celková nabízená kapacita pro tok vratných obalů od zákazníka k výrobci je $k_{C_1(33,33)} \times C_1(33) = 21 \times 33 = 693$,
- celková cena na přepravu produkce a vratných obalů činí $k_{C_1(33,33)} \times p_{0 \leftrightarrow A}(1) + k_{0 \rightarrow A C_1(33,33)} \times p_{0 \rightarrow A}(1) = 21 \times 180 + 18 \times 135 = 6210$ pj.

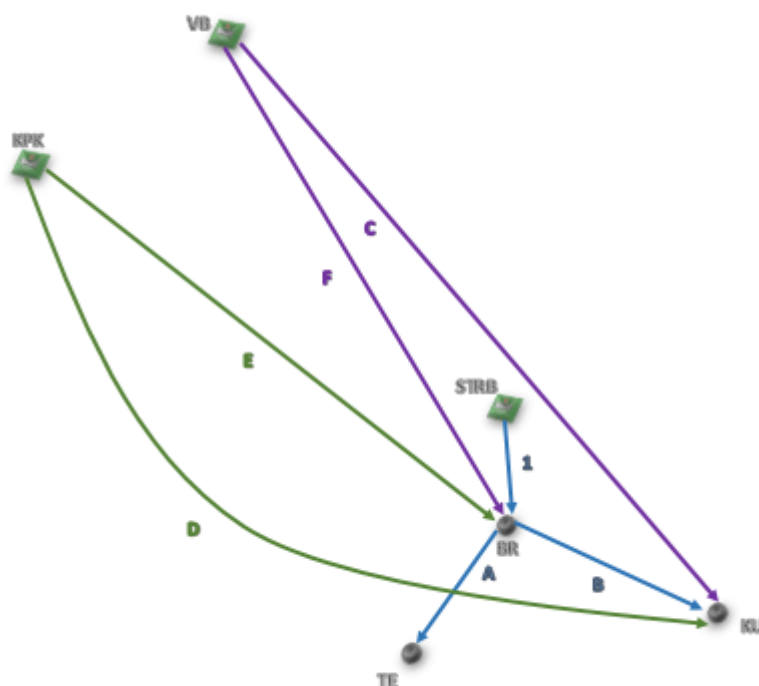
Výsledkem použití algoritmu Mourgaya a Vanderbecka je úspora 70 pj a zmenšení celkového počtu jízd o 1.

4 Výpočetní experimenty

Efektivita současného stavu vybraných částí distribučního systému společnosti Heineken Česká republika a.s. se bude prověřovat dvěma metodami. Pro optimalizaci jízd v Jihomoravském, Ústeckém a Středočeském kraji bude použita exaktní optimalizační metoda, která prozkoumá současný stav zásobování v těchto krajích ze dvou hledisek, první varianta bude hledat minimum ujeté vzdálenosti, druhá minimum ceny za přepravu. Pro zvýšení efektivity přepravy a snížení nákladů na trase pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem bude použita heuristická metoda, kterou navrhli Mourgaya a Vanderbeck.

4.1 Výpočetní experimenty s exaktní optimalizační metodou pro organizaci jízd v Jihomoravském kraji

Všechny výpočetní experimenty, které jsou uvedeny v této části práce, byly realizovány v optimalizačním softwaru Xpress-IVE. V současném stavu se hotové výrobky a vratné obaly přepravují z pivovarů Starobrnno, Krušovice, Velké Březno do DC Brno. Pak DC Brno zajišťuje rozvoz/svoz do DC Těšetice a DC Kunovice (obrázek 19). Důvodem pro volbu tohoto kraje byla úvaha o zavedení přímých tras pro zásobování DC Těšetice a DC Kunovice, daný návrh by mohl snížit celkovou ujetou vzdálenost a cenu za přepravu.



Obrázek 19 Současný stav organizace jízd v Jihomoravském kraji

Hodnoty současného stavu jsou uvedeny v tabulce 15. Hodnota počtu jízd, ujeté vzdálenosti a ceny za přepravu je uvedena pro každou trasu s zohledněním rozvozu produkce z pivovarů a DC Brno a následného svozu prázdných obalů do pivovarů a DC Brno.

Označení trasy	Trasa	Počet palet	Počet jízd	Ujetá vzdálenost v km	Cena
A	BR - TE	726	22	2 772	7 040
B	BR - KU	297	9	1 512	2 934
C	VB - KU	33	1	748	1 144
D	KPK - KU	66	2	1 340	2 244
E	KPK - BR	726	22	11 616	19 140
F	VB - BR	462	14	8 876	13 524
1	STRB - BR	7 260	220	2 640	29 480
Celkem		8 611	290	29 504	75 506

Tabulka 15 Hodnoty současného stavu, Jihomoravský kraj

V první fázi byl proveden výpočetní experiment, ve kterém se prověřovala celková ujetá vzdálenost za měsíc. Text programu v software Xpress-Ive má následující tvar:

model distribuce

uses "mmxprs"

declarations

m=3

n=3

p=4

pivovar=1..m

zakaznik=1..n

vozidlo=1..p

c:array(pivovar,zakaznik)of real

t:array(1..2)of real

d:array(pivovar,1..n-1)of real

e:array(pivovar)of real

f:array(1..n-1)of real

kap:array(vozidlo)of real

q:array(pivovar,1..2,vozidlo)of real

```

r:array(pivovar,vozidlo)of real
s:array(1..2,vozidlo)of real
u:array(pivovar,1..2,vozidlo)of mpvar
v:array(pivovar,vozidlo)of mpvar
w:array(zakaznik,vozidlo)of mpvar
x:array(pivovar,zakaznik)of mpvar
y:array(pivovar,1..2)of mpvar
z:array(1..2)of mpvar
end-declarations
c::[599,264,6397,54,66,672,42,33,420]
t::[31,33]
d::[69,84,270,335,309,374]
e::[6,264,302]
f::[62.77,76]
kap::[33,33,33,36]
q::[1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,1,
    1,1,1,1,
    1,1,1,0,
    1,1,1,0]
r::[1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,0]
s::[1,1,1,0,
    1,1,1,0]
forall(j in 1..2)sum(i in pivovar)y(i,j)+t(j)=z(j)
forall(i in pivovar,j in 1..2)(x(i,j)+y(i,j))=c(i,j)
forall(i in pivovar)x(i,3)=c(i,3)
forall(i in pivovar,j in 1..2)x(i,j)<=sum(k in vozidlo)kap(k)*q(i,j,k)*u(i,j,k)
forall(i in pivovar)x(i,3)+sum(j in 1..2)y(i,j)<=sum(k in vozidlo)r(i,k)*kap(k)*v(i,k)
forall(j in 1..2)z(j)<=sum(k in vozidlo)kap(k)*s(j,k)*w(j,k)
forall(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo)u(i,j,k)is_integer
forall(i in pivovar,j in zakaznik,k in vozidlo)v(i,k)is_integer

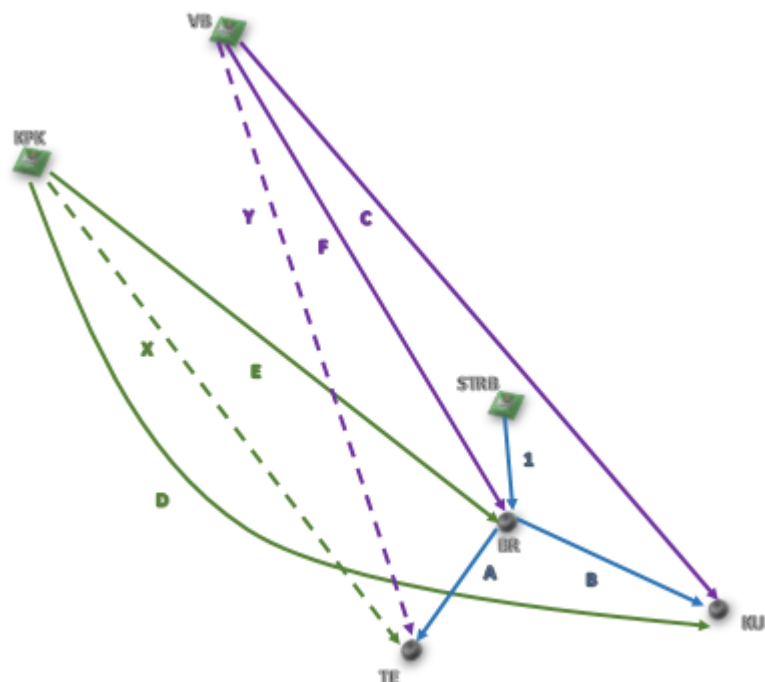
```

```

forall(j in zakaznik,k in vozidlo)w(j,k)is_integer
celk_km:=sum(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo)d(i,j)*u(i,j,k)+sum(i in pivovar,k in
vozidlo)e(i)*v(i,k)+sum(j in 1..2,k in vozidlo)f(j)*w(j,k)
minimize(celk_km)
writeln(getobjval)
writeln
forall(i in pivovar,j in zakaznik|getsol(x(i,j))>0)writeln("x(",i,"",j,"")=",getsol(x(i,j)))
writeln
forall(i in pivovar,j in 1..2|getsol(y(i,j))>0)writeln("y(",i,"",j,"")=",getsol(y(i,j)))
writeln
forall(j in 1..2|getsol(z(j))>0)writeln("z(",j,"")=",getsol(z(j)))
writeln
forall(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo|getsol(u(i,j,k))>0)writeln("u(",i,"",j,"",k,"")=",
getsol(u(i,j,k)))
writeln
forall(i in pivovar,k in vozidlo|getsol(v(i,k))>0)writeln("v(",i,"",k,"")=",getsol(v(i,k)))
writeln
forall(j in zakaznik,k in vozidlo|getsol(w(j,k))>0)writeln("w(",j,"",k,"")=",getsol(w(j,k)))
end-model

```

Po ukončení běhu algoritmu bylo dosaženo řešení, které je vidět na obrázku 20. Ve vzdálenostní variantě optimalizace vznikly dvě přímé trasy pivovar Krušovice – DC Těšetice (trasa X) a pivovar Velké Březno – DC Těšetice (trasa Y). Hodnota účelové funkce optimálního řešení činí 29 504 km, celkový tok palet v síti za měsíc je požadovaných 8 611 palet, z toho se v DC Brno překládá 890 palet. Celková cena za přepravu měsíčně v Jihomoravském kraji činí 74 948 pj, z toho náklady přes DC Brno je 12 921 pj.



Obrázek 20 Výsledky optimalizačního výpočtu pro vzdálenostní variantu

Podrobné výsledky výpočetního experimentu pro vzdálenostní variantu optimalizace jsou uvedeny v tabulce 16. Hodnota počtu jízd, ujeté vzdáleností a ceny za přepravu je uvedena pro každou trasu s zohledněním rozvozu produkce z pivovarů a DC Brno a následného svozu prázdných obalů do pivovarů a DC Brno.

Označení trasy	Trasa	Počet palet	Počet jízd	Ujetá vzdálenost v km	Cena
A	BR - TE	660	20	2 520	6 400
B	BR - KU	297	9	1 512	2 934
C	VB - KU	33	1	748	1 144
D	KPK - KU	66	2	1 340	2 244
E	KPK - BR	693	21	11 088	18 270
F	VB - BR	429	13	8 242	12 558
1	STRB - BR	7 260	220	2 640	29 480
X	KPK - TE	36	1	540	994
Y	VB - TE	33	1	618	924
Celkem		8 611	288	29 248	74 948

Tabulka 16 Výsledky optimalizačního výpočtu pro vzdálenostní variantu

Ve druhé fázi byly prověřeny celkové přepravní náklady za měsíc. Text programu v software Xpress-IVE má následující tvar:

```
model distribuce
uses "mmxprs"
declarations
m=3
n=3
p=4
pivovar=1..m
zakaznik=1..n
vozidlo=1..p
c:array(pivovar,zakaznik)of real
t:array(1..2)of real
d:array(pivovar,1..n-1,vozidlo)of real
e:array(pivovar,vozidlo)of real
f:array(1..n-1,vozidlo)of real
kap:array(vozidlo)of real
q:array(pivovar,1..2,vozidlo)of real
r:array(pivovar,vozidlo)of real
pivovary - Brno DC
s:array(1..2,vozidlo)of real
u:array(pivovar,1..2,vozidlo)of mpvar
v:array(pivovar,vozidlo)of mpvar
w:array(zakaznik,vozidlo)of mpvar
x:array(pivovar,zakaznik)of mpvar
y:array(pivovar,1..2)of mpvar
z:array(1..2)of mpvar
end-declarations
M:=100000
c::[599,264,6397,54,66,672,42,33,420]
t::[31,33]
```

g::[320,320,320,M,
 326,326,326,M,
 864,864,864,1037,
 1122,1122,1122,1346,
 924,924,924,M,
 1144,1144,1144,1373]

h::[134,134,134,M,
 870,870,870,M,
 966,966,966,M]

l::[320,320,320,M,
 326,326,326,M]

kap::[33,33,33,36]

q::[1,1,1,0,
 1,1,1,0,
 1,1,1,1,
 1,1,1,1,
 1,1,1,0,
 1,1,1,0]

r::[1,1,1,0,
 1,1,1,0,
 1,1,1,0]

s::[1,1,1,0,
 1,1,1,0]

forall(j in 1..2)sum(i in pivovar)y(i,j)+t(j)=z(j)

forall(i in pivovar,j in 1..2)(x(i,j)+y(i,j))=c(i,j)

forall(i in pivovar)x(i,3)=c(i,3)

forall(i in pivovar,j in 1..2)x(i,j)<=sum(k in vozidlo)kap(k)*q(i,j,k)*u(i,j,k)

forall(i in pivovar)x(i,3)+sum(j in 1..2)y(i,j)<=sum(k in vozidlo)r(i,k)*kap(k)*v(i,k)

forall(j in 1..2)z(j)<=sum(k in vozidlo)kap(k)*s(j,k)*w(j,k)

forall(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo)u(i,j,k)is_integer

forall(i in pivovar,j in zakaznik,k in vozidlo)v(i,k)is_integer

forall(j in zakaznik,k in vozidlo)w(j,k)is_integer

x(3,2)=0

```

celk_cena:=sum(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo)g(i,j,k)*u(i,j,k)+sum(i in pivovar,k in
vozdlo)h(i,k)*v(i,k)+sum(j in 1..2,k in vozidlo)l(j,k)*w(j,k)

minimize(celk_cena)

writeln(getobjval)

writeln

forall(i in pivovar,j in zakaznik|getsol(x(i,j))>0)writeln("x(",i,"",",j,"")=",getsol(x(i,j)))

writeln

forall(i in pivovar,j in 1..2|getsol(y(i,j))>0)writeln("y(",i,"",",j,"")=",getsol(y(i,j)))

writeln

forall(j in 1..2|getsol(z(j))>0)writeln("z(",j,"")=",getsol(z(j)))

writeln

forall(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo|getsol(u(i,j,k))>0)writeln("u(",i,"",",j,"",",k,"")=",
getsol(u(i,j,k)))

writeln

forall(i in pivovar,k in vozidlo|getsol(v(i,k))>0)writeln("v(",i,"",",k,"")=",getsol(v(i,k)))

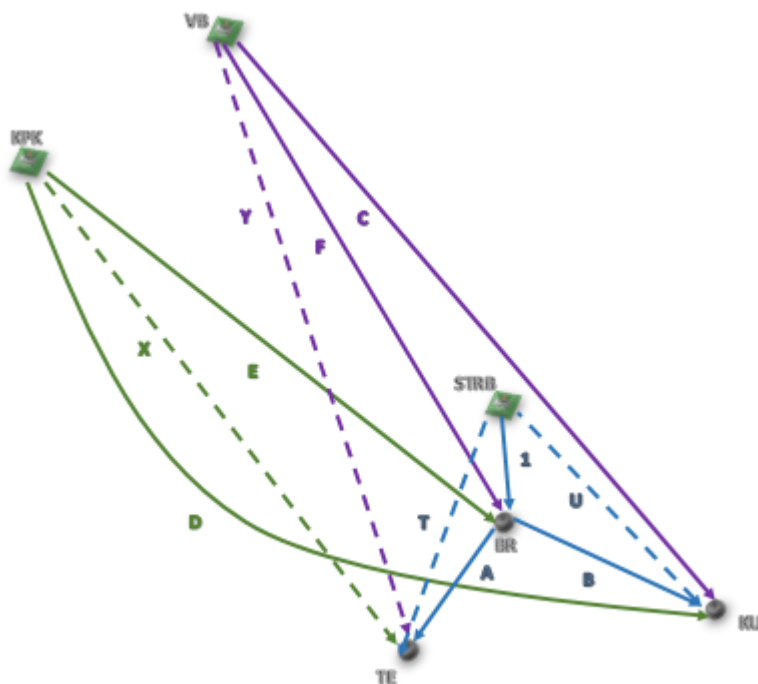
writeln

forall(j in zakaznik,k in vozidlo|getsol(w(j,k))>0)writeln("w(",j,"",",k,"")=",getsol(w(j,k)))

end-model

```

Výsledek řešení cenové varianty optimalizační úlohy je znázorněn na obrázku 21. V této variantě optimalizace vznikly 4 přímé trasy: pivovar Krušovice – DC Těšetice (trasa X), pivovar Velké Březno – DC Těšetice (trasa Y), pivovar Starobrnno – DC Těšetice (trasa T) a pivovar Strarobrnno – DC Kunovice (trasa U). Hodnota účelové funkce optimálního řešení činí 71 334 pj, celkový tok palet v síti za měsíc je opět požadovaných 8 611 palet. Výrazně se zmenšil počet přepravovaných palet přes DC Brno, který v dané variantě řešení nabývá hodnoty 35 palet, náklady za přepravu přes činí DC Brno 1 177 pj. Celková ujetá vzdálenost za měsíc v Jihomoravském kraji činí 29 136 km.



Obrázek 21 Výsledky optimalizačního výpočtu pro cenovou variantu

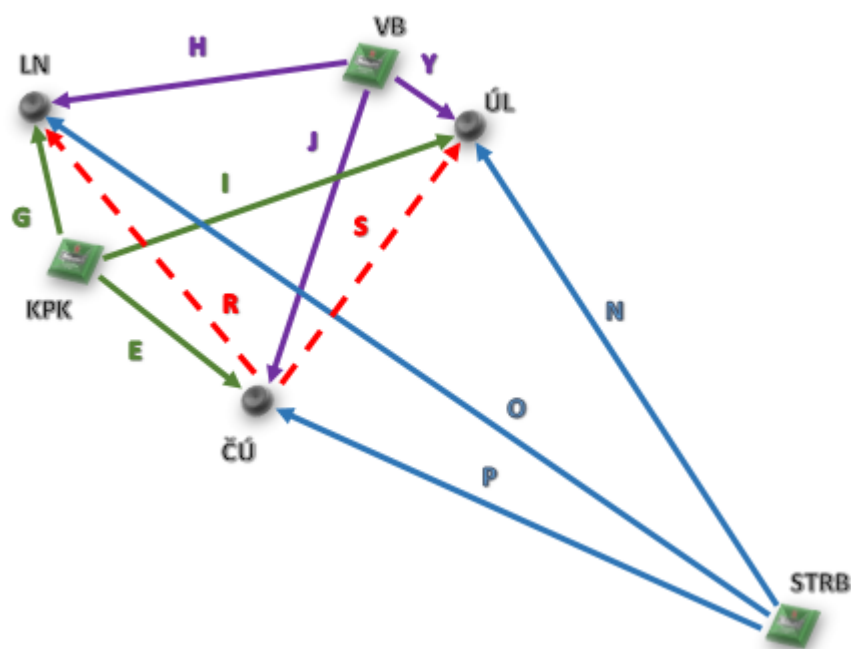
Podrobné výsledky výpočetního experimentu pro cenovou variantu optimalizační úlohy jsou uvedeny v tabulce 17. Hodnota počtu jízd, ujeté vzdáleností a ceny za přepravu je uvedena pro každou trasu s zohledněním rozvozu produkce z pivovarů a DC Brno a následného svozu prázdných obalů do pivovarů a DC Brno.

Označení trasy	Trasa	Počet palet	Počet jízd	Ujetá vzdálenost v km	Cena
A	BR - TE	66	2	252	640
B	BR - KU	33	1	152	326
C	VB - KU	33	1	748	1 144
D	KPK - KU	66	2	1 340	2 244
E	KPK - BR	693	21	11 088	18 270
F	VB - BR	429	13	8 242	12 558
1	STRB - BR	6 402	194	2 328	25 996
T	STRB - TE	594	18	2 484	5 760
U	STRB - KU	264	8	1 344	2 608
X	KPK - TE	33	1	540	864
Y	VB - TE	33	1	618	924
Celkem		8 611	262	29 136	71 334

Tabulka 17 Výsledky optimalizačního výpočtu pro cenovou variantu

4.2 Výpočetní experimenty s exaktní optimalizační metodou pro organizaci jízd v Ústeckém a Středočeském kraji

V Ústeckém a Středočeském kraji všechna DC dostávají produkci z každého pivovaru, tzn., že v této části distribuční sítě společnosti Heineken Česká republika, a.s. se hotové výrobky a vratné obaly přepravují z pivovarů Starobrno, Krušovice, Velké Březno do DC Louny, DC Červený Újezd a DC Ústí nad Labem (obrázek 22).



Obrázek 22 Současný stav organizace jízd v Ústeckém a Středočeském kraji

Jak bylo zmíněno v předchozí části práce, DC Červený Újezd distribuuje v dané relaci importní zboží a propagaci (trasy R a S). Proto toto DC lze považovat zároveň za zdroj, který distribuuje do DC Louny a DC Ústí nad Labem uvedené typy produkce, a také za zákazníka, který přijímá produkci z pivovaru Starobrno, Krušovice a Velké Březno.

Současný stav je shrnut v tabulce 18. Pro každou trasu (s výjimkou tras N, O, P) jsou uvedeny počty jízd v obou směrech, celková ujetá vzdálenost a celková cena za přepravu.

Označení trasy	Trasa	Počet palet	Počet jízd	Ujetá vzdálenost v km	Cena
G	KPK - LN	264	8	432	1 808
H	VB - LN	264	8	1 040	2 160
I	KPK - ÚL	858	26	4 472	8 892
J	VB - ČÚ	132	4	880	1 576
N	STRB - ÚL	132	4	1 188	2 740
O	STRB - LN	66	2	546	1 148
P	STRB - ČÚ	1 452	44	10 296	22 220
R	ČÚ - LN	79	3	336	717
S	ČÚ - ÚL	240	8	1 536	3 016
2	KPK - ČÚ	4 356	132	9 240	29 040
3	VB - ÚL	1 464	45	900	6 750
Celkem		9 307	284	30 866	80 067

Tabulka 18 Hodnoty současného stavu pro Ústecký a Středočeský kraj

V první fázi byl proveden výpočetní experiment, ve kterém se prověřovala celková ujetá vzdálenost za měsíc. Text programu v software Xpress-IVE má následující tvar:

model distribuce ! vzdálenostní varianta

uses "mmxprs"

declarations

m=4

n=3

p=4

pivovar=1..m

zakaznik=1..n

vozidlo=1..p

c:array(pivovar,zakaznik)of real

d:array(pivovar,zakaznik)of real

kap:array(vozidlo)of real

q:array(pivovar,zakaznik,vozidlo)of real

```

u:array(pivovar,zakaznik,vozidlo)of mpvar
end-declarations
c::[66,1452,132,264,4356,858,264,132,1464,79,0,240]
d::[273,234,297,27,35,86,65,110,10,56,0,96]
kap::[33,33,33,36]
q::[1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,1,
    1,1,1,1,
    1,1,1,1,
    1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,1,
    1,1,1,1,
    1,1,1,1]
forall(i in pivovar,j in zakaznik)c(i,j)<=sum(k in vozidlo)kap(k)*q(i,j,k)*u(i,j,k)
forall(i in pivovar,j in zakaznik,k in vozidlo)u(i,j,k)is_integer
celk_km:=sum(i in pivovar,j in zakaznik,k in vozidlo)d(i,j)*u(i,j,k)
minimize(celk_km)
writeln(getobjval)
writeln
forall(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo)getsol(u(i,j,k))>0)writeln("u(",i,",",j,",",k,")=",getsol
(u(i,j,k)))
writeln
end-model

```

Podrobné výsledky výpočetního experimentu pro vzdálenostní variantu optimalizační úlohy jsou uvedeny v tabulce 19. Hodnota účelové funkce optimálního řešení činí 29 560 km. Celková nabízená kapacita vozidel pro tok palet v síti za měsíc činí 9 357 palet, což je více než požadovaných 9 307 palet. Celková cena za přepravu měsíčně v Ústeckém a Středočeském kraji činí 80 374 pj.

Označení trasy	Trasa	Počet palet	Počet jízd	Ujetá vzdálenost v km	Cena
G	KPK - LN	270	8	432	1 948
H	VB - LN	264	8	1 040	2 160
I	KPK - ÚL	864	24	4 128	8 880
J	VB - ČÚ	132	4	880	1 576
N	STRB - ÚL	132	4	1 188	2 740
O	STRB - LN	66	2	546	1 148
P	STRB - ČÚ	1452	44	10 296	22 220
R	ČÚ - LN	105	3	336	765
S	ČÚ - ÚL	252	7	1 344	2 905
2	KPK - ČÚ	4 356	121	8 470	29 282
3	VB - ÚL	1 464	45	900	6 750
Celkem		9 357	270	29 560	80 374

Tabulka 19 Výsledky optimalizačního výpočtu pro vzdálenostní variantu

Z hlediska použití typů vozidel pro zásobování DC v Ústeckém a Středočeském kraji navržená varianta organizace jízd bude vypadat následovně:

- pivovar Starobrno – DC Louny 2 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Starobrno – DC Červený Újezd 44 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Starobrno – DC Ústí nad Labem 4 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Krušovice – DC Louny 6 x 33 měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Krušovice – DC Louny 2 x 33 měsíčně vozidlo typu Tandem,
- pivovar Krušovice – DC Červený Újezd 121 x měsíčně vozidlo typu Tandem,
- pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem 24 x měsíčně vozidlo typu Tandem,
- pivovar Velké Březno – DC Louny 8 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Velké Březno – DC Červený Újezd 4 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Velké Březno – DC Ústí nad Labem 45 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- DC Červený Újezd - DC Louny 1 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- DC Červený Újezd - DC Louny 2 x měsíčně vozidlo typu Tandem,
- DC Červený Újezd - DC Ústí nad Labem 7 x měsíčně vozidlo typu Tandem.

Ve druhé fázi byla prověřena celková cena za přepravu. Text programu v software Xpress-IVE má následující tvar:

```

model distribuce
uses "mmxprs"
declarations
m=4
n=3
p=4
pivovar=1..m
zakaznik=1..n
vozidlo=1..p
c:array(pivovar,zakaznik)of real
g:array(pivovar,zakaznik,vozidlo)of real
kap:array(vozidlo)of real
q:array(pivovar,zakaznik,vozidlo)of real
u:array(pivovar,zakaznik,vozidlo)of mpvar
end-declarations
M:=100000
c::[66,1452,132,264,4356,858,264,132,1464,79,0,240]
g::[546,546,546,M,
    505,505,505,M,
    685,685,685,M,
    226,226,226,248,
    220,220,220,242,
    342,342,342,370,
    270,270,270,M,
    394,394,394,M,
    150,150,150,M,
    239,239,239,263,
    0,0,0,0,
    377,377,377,415]
kap::[33,33,33,36]
q::[1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,0,
    1,1,1,1,

```

1,1,1,1,
 1,1,1,1,
 1,1,1,0,
 1,1,1,0,
 1,1,1,0,
 1,1,1,1,
 1,1,1,1,
 1,1,1,1]

```
forall(i in pivovar,j in zakaznik)c(i,j)<=sum(k in vozidlo)kap(k)*q(i,j,k)*u(i,j,k)
forall(i in pivovar,j in zakaznik,k in vozidlo)u(i,j,k)is_integer
celk_naklady:=sum(i in pivovar,j in zakaznik,k in vozidlo)g(i,j,k)*u(i,j,k)
minimize(celk_naklady)
writeln(getobjval)
writeln
forall(i in pivovar,j in 1..2,k in vozidlo|getsol(u(i,j,k))>0)writeln("u(",i,",",j,",",k,")=",getsol
(u(i,j,k)))
writeln
end-model
```

Po ukončení výpočtu bylo dosaženo řešení, které je uvedeno v tabulce 20.

Označení trasy	Trasa	Počet palet	Počet jízd	Ujetá vzdálenost v km	Cena
G	KPK - LN	264	8	432	1 808
H	VB - LN	264	8	1 040	2 160
I	KPK - ÚL	864	24	4 128	8 880
J	VB - ČÚ	132	4	880	1 576
N	STRB - ÚL	132	4	1 188	2 740
O	STRB - LN	66	2	546	1 148
P	STRB - ČÚ	1 452	44	10 296	22 220
R	ČÚ - LN	99	3	336	717
S	ČÚ - ÚL	252	7	1 344	2 905
2	KPK - ČÚ	4 356	132	9 240	29 040
3	VB - ÚL	1 464	45	900	6 750
Celkem		9 345	281	30 330	79 944

Tabulka 20 Výsledky optimalizačního výpočtu pro cenovou variantu

Hodnota účelové funkce optimálního řešení činí 79 944 pj, celková nabízená kapacita vozidel pro tok palet v síti za měsíc činí 9 345 palet. Celková ujetá vzdálenost za měsíc ve Středočeském a Ústeckém kraji činí 30 330 km. Z hlediska použití typů vozidel pro zásobování DC v Ústeckém a Středočeském kraji navržená varianta organizace jízd bude vypadat následovně:

- pivovar Starobrno – DC Louny 2 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Starobrno – DC Červený Újezd 44 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Starobrno – DC Ústí nad Labem 4 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Krušovice – DC Louny 8 x 33 měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Krušovice – DC Červený Újezd 132 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem 24 x měsíčně vozidlo typu Tandem,
- pivovar Velké Březno – DC Louny 8 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Velké Březno – DC Červený Újezd 4 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- pivovar Velké Březno – DC Ústí nad Labem 45 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- DC Červený Újezd - DC Louny 3 x měsíčně vozidlo typu Standard,
- DC Červený Újezd - DC Ústí nad Labem 7 x měsíčně vozidlo typu Tandem.

4.3 Výpočetní experimenty s metodou Morgaya a Vanderbecka

Algoritmus z kapitoly 3.5 bude implementován pro relaci pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem s použitím návěsů Standard a Lowdeck. Návěs Lowdeck má větší kapacitu pro vratné obaly, čímž lze redukovat počet jízd a získat úsporu. Tabulka 21 obsahuje hodnoty současného stavu pro trasu pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem.

Označení trasy	Trasa	Četnost	Typ jízdy	km	Cena za 1 jízdu	Typ vozidla / [palet]
I	KPK - ÚL	6 x týdně	2way	214	342	Standard / 33

Tabulka 21 Současný stav trasa KPK – ÚL

V současném stavu se při zásobování DC Ústí nad Labem z pivovaru Krušovice a následném svozu obalu používá vozidlo typu Standard, kapacitu vozidla při rozvozu zboží k zákazníkovi je 33 palet, kapacitu vozidla při svozu vratných obalů je 33 palet. Cena za 1 jízdu činí 342 pj, při úvaze 22 pracovních dnů za 1 měsíc vozidlo vykoná 26 jízd. Celková cena za přepravu měsíčně na dané relaci činí 8 892 pj. Zásobování probíhá pouze v pracovních dnech 6 x týdně, tzn., pondělí 2 x denně, úterý – pátek 1 x denně.

Význam jednotlivých symbolů pro trasu pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem je definován následovně:

$N = \{0, 1\}$ – množina zákazníků, kde symbol 0 udává pivovar Krušovice, 1 DC Ústí nad Labem,

$M = \{1, 2\}$ – množina vozidel, kde 1 udává vozidlo typu Lowdeck, 2 vozidlo typu Standard,

Q_{01} – požadavek DC Ústí nad Labem na produkci pivovaru Krušovice je 858 palet měsíčně,

Q_{10} – požadavek pivovaru Krušovice na vratné obaly z DC Ústí nad Labem je 858 palet měsíčně,

f_{01} – tok produkce pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem,

f_{10} – tok vratných obalů DC Ústí nad Labem – pivovar Krušovice,

$C_{1(33,59)}$ – kapacita vozidla Lowdeck, při rozvozu produkce vozidlo má kapacitu 33 palet, při svozu obalu kvůli lepším technickým parametrům má vozidlo kapacitu 59 palet,

$C_{2(33,33)}$ – kapacita vozidla Standard, v obou směrech má kapacitu 33 palet,

$k_{C_{1(33,59)}}$ – počet obousměrných jízd vozidla typu Lowdeck s kapacitou $C_{1(33,59)}$,

$k_{C_{2(33,33)}}$ – počet obousměrných jízd vozidla typu Standard s kapacitou $C_{2(33,33)}$,

$k_{0 \rightarrow 1 C_{2(33,33)}}$ – počet jednosměrných jízd z pivovaru do DC vozidlem typu Standard, pro jednosměrné jízdy je k dispozici pouze vozidlo typu Standard,

$k_{1 \rightarrow 0 C_{2(33,33)}}$ – počet jednosměrných jízd z DC do pivovaru vozidlem typu Standard,

$p_{0 \leftrightarrow 1}(1)$ – cena za obousměrnou jízdu vozidlem typu Lowdeck, která činí 342 pj,

$p_{0 \leftrightarrow 1}(2)$ – cena za obousměrnou jízdu vozidlem typu Standard, která činí 342 pj,

$p_{0 \rightarrow 1}(2)$ – cena za jednosměrnou jízdu vozidlem typu Standard, která činí 260 pj,

S_1 – rozvrh zásobování pro pivovar Krušovice a DC Ústí nad Labem.

Algoritmus začíná fází, ve které se řeší požadavky pivovaru Krušovice na vratné obaly

- vybereme vozidlo s maximální kapacitou pro odvoz prázdných palet, tím je vozidlo typu Lowdeck s kapacitou 59 prázdných palet $C_{m(a, \max b)} = C_{1(33,59)} \Rightarrow k_{C_{1(33,59)}} = \frac{Q_{10}}{k_{C_{1(33,59)}}} = \frac{858}{59} = 14,54$, jízd, tzn., že po zaokrouhlení dolů dostáváme hodnotu 14 jízd,

2. počet prázdných palet odvezených z DC Ústí nad Labem $f_{10} = 14 \times 59 = 826 \Rightarrow$ z DC Ústí nad Labem není odvezeno $Q'_{10} = 858 - 826 = 32$ palet,
3. tok ložených palet z pivovaru Krušovice do DC Ústí nad Labem činí při návratu těchto vozidel po vykládce prázdných obalů $f_{01} = 14 \times 33 = 462$ palet,
4. nevykrytý požadavek DC Ústí nad Labem činí $Q'_{01} = 858 - 462 = 396$ palet,
5. Pro výpočet jednosměrných jízd z pivovaru Krušovice do DC Ústí nad Labem platí $C_{m(\max a,b)} = 33 \Rightarrow k_{0 \rightarrow 1 C_2(33,33)} = \frac{396}{33} = 12$ jízd, tzn., že dostáváme celočíselný podíl s hodnotou 12 jednosměrných jízd vozidlem typu Standard,
6. K celkovému počtu obousměrných jízd $k_{C_2(33,59)}$ se přidá 1 jízda, která se odečte z $k_{0 \rightarrow 1 C_2(33,33)}$, z počtu jednosměrných jízd z pivovaru Krušovice do DC Ústí nad Labem, tím dostáváme celkem 15 obousměrných jízd vozidlem typu Lowdeck, 11 jednosměrných jízd vozidlem typu Standard,
7. Celková cena na přepravu činí $k_{C_1(33,39)} \times p_{0 \leftrightarrow 1}(1) + k_{0 \rightarrow A C_2(33,33)} \times p_{0 \rightarrow 1}(2) = 15 \times 342 + 11 \times 260 = 7\,990$ pj,
8. změna rozvhu zásobování S_1 je v příloze 2.

Po ukončení algoritmu se vypočítají celkové toky a celková cena za přepravu (celkové náklady):

- celková nabízená kapacita pro tok produkce z pivovaru Krušovice do DC Ústí nad Labem (ložený směr) $k_{C_1(33,39)} \times C_1(33) + k_{0 \rightarrow 1 C_2(33,33)} \times C_2(33) = 15 \times 33 + 11 \times 33 = 858$ palet,
- celková nabízená kapacita pro tok vratných obalů z DC Ústí nad Labem do pivovaru Krušovice je $k_{C_1(33,59)} \times C_1(59) = 15 \times 59 = 885$ palet,
- celková cena na přepravu produkce a vratných obalů činí $k_{C_1(33,39)} \times p_{0 \leftrightarrow 1}(1) + k_{0 \rightarrow A C_2(33,33)} \times p_{0 \rightarrow 1}(2) = 15 \times 342 + 11 \times 260 = 7\,990$ pj.

Výsledky použité metody jsou uvedeny v tabulce 22.

Návrh

Označení trasy	I
Trasa	KPK - ÚL
Počet obousměrných jízd	15
Počet jednosměrných jízd	11
Cena za obousměrnou jízdu	342
Cena za jednosměrnou jízdu	260
Kapacita Standard zboží	33
Kapacita Standard vratné obaly	33
Kapacita Lowdeck zboží	33
Kapacita Lowdeck vratné obaly	59
Celkem cena za přepravu	7 990
Počet újetých km	3 526
Celkem palet zboží	858
Celkem palet vratné obaly	885

Tabulka 22 Návrh s použitím návěsů Standard a Lowdeck

5 Hodnocení dosažených řešení

Po transformaci sestavených modelů do textu programu v jazyce Mosel, se kterým pracuje optimalizační software Xpress-IVE a zadáním zvolených vstupních hodnot (konstant) byla získána úspora v obou variantách řešení pro Jihomoravský kraj a v obou variantách řešení pro Ústecký a Středočeský kraj.

Porovnání výsledků vzdálenostní varianty optimalizace se současným stavem v Jihomoravském kraji je uvedeno v tabulce 23.

	Současný stav	Vzdálenostní varianta	Rozdíl	Rozdíl v %
Celkový tok palet v síti	8 611	8 611	0	0
Z toho se překládá v DC Brno	959	890	-69	-7,19
Ujetá vzdálenost km	29 504	29 248	-256	-0,87
Celková cena za přepravu	75 506	74 948	-558	-0,74
Z toho náklady přes DC Brno	15 505	12 921	-2 548	-16,67
Počet jízd za měsíc	290	288	-2	-0,69

Tabulka 23 Porovnání výsledků vzdálenostní varianty optimalizace se současným stavem

Porovnání výsledků cenové varianty optimalizace se současným stavem v Jihomoravském kraji je uvedeno v tabulce 24.

	Současný stav	Cenová varianta	Rozdíl	Rozdíl v %
Celkový tok palet v síti	8 611	8 611	0	0
Z toho se překládá v DC Brno	959	35	-924	-96,35
Ujetá vzdálenost km	29 504	29 136	-368	-1,25
Celková cena za přepravu	75 506	71 334	-4 172	-5,53
Z toho náklady přes DC Brno	15 505	1 177	-14 328	-92,41
Počet jízd za měsíc	290	262	-28	-9,66

Tabulka 24 Porovnání výsledků cenové varianty optimalizace se současným stavem

Porovnání výsledků vzdálenostní varianty optimalizace se současným stavem v Ústeckém a Středočeském kraji je uvedeno v tabulce 25.

	Současný stav	Vzdálenostní varianta	Rozdíl	Rozdíl v %
Celkový tok palet v síti	9 307	9 357	+50	+0,54
Ujetá vzdálenost km	30 866	29 560	-1 306	-4,23
Celková cena za přepravu	80 067	80 374	+307	+0,38
Počet jízd za měsíc	284	270	-14	-4,93

Tabulka 25 Porovnání výsledků vzdálenostní varianty optimalizace se současným stavem

Kladný rozdíl hodnot celkové ceny za přepravu mezi současným stavem a vzdálenostní variantou optimalizace pro Ústecký a Středočeský kraj je způsoben použitím vozidla typu Tandem, cena za 1 obousměrnou jízdu tohoto typu vozidla je větší, než cena za 1 obousměrnou jízdu vozidla typu Standard, které se používá při rozvozu produkce a svozu prázdných obalů v současném stavu. Nicméně, v nabízeném řešení byla zkrácena celková ujetá vzdálenost za měsíc, navíc ve vozidlech vznikne nevyužitá kapacita o velikosti 50 palet za měsíc, kterou společnost může využít pro mimořádné situace vyskytující se během sezóny

Porovnání cenové varianty optimalizace se současným stavem v Ústeckém a Středočeském kraji je uvedeno v tabulce 26.

	Současný stav	Cenová varianta	Rozdíl	Rozdíl v %
Celkový tok palet v síti	9 307	9 345	+38	+0,41
Ujetá vzdálenost km	30 866	30 330	-536	-1,74
Celková cena za přepravu	80 067	79 944	-123	-0,15
Počet jízd za měsíc	284	281	-3	-1,06

Tabulka 266 Porovnání výsledků cenové varianty optimalizace se současným stavem

V cenové variantě optimalizace rozdíl mezi hodnotou celkového toku palet v současném stavu a celkovou nabízenou kapacitou činí 38 palet. Tento počet palet lze využít pro uspokojení nepředvídatelných požadavků distribučních center v špičkovém období.

Návrh vypočítaný metodou Morgaya a Vanderbecka nezpůsobí vznik samostatných jízd za účelem přepravy palet s vratnými obaly z distribučního centra do pivovaru. Naopak, ve vozidlech vznikne nevyužitá kapacita pro vratné obaly o velikosti 27 palet za měsíc. Tuto nevyužitou kapacitu lze využít pro mimořádné situace vyskytující se během sezóny. Celková úspora při použití metody Morgaya a Vanderbecka činí 902 pj. Porovnání současného stavu a navrženého řešení pro trasu pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem je uvedeno v tabulce 27.

	Současný stav	Návrh
Označení trasy	I	I
Trasa	KPK - ÚL	KPK - ÚL
Počet obousměrných jízd	26	15
Počet jednosměrných jízd	0	11
Cena za obousměrnou jízdu	342	342
Cena za jednosměrnou jízdu	260	260
Kapacita Standard zboží	33	33
Kapacita Standard vratné obaly	33	33
Kapacita Lowdeck zboží	33	33
Kapacita Lowdeck vratné obaly	33	59

Celkem cena za přepravu	8 892	7 990
Počet ujetých km za měsíc	4 472	3 526
Celkem palet zboží	858	858
Celkem palet vratné obaly	858	885
Rozdíl		
Úspora v pj	0	902
Úspora v km	0	946
Celkem palet zboží	0	0
Celkem palet vratné obaly	0	-27

Tabulka 27 Porovnání současného stavu a navrženého řešení pro trasu pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem

Výsledky získané heuristickou metodou pro rozvoz produkce z pivovaru Krušovice do DC Ústí nad Labem a svoz prázdných obalů z DC Ústí na Labem zpět do pivovaru Krušovice nelze porovnávat s výsledky, které nabízí exaktní metoda pro stejnou trasu v rámci řešení optimalizační úlohy pro Ústecký a Středočeský kraj. Společnost Heineken Česká republika, a.s. totiž poskytla neúplná vstupní data, konkrétně, společností nebyly poskytnuty ceny za jednosměrné jízdy pro jednotlivé typy vozidel dle každé existující relace v síti. Kdyby taková data byla k dispozici, výsledky výpočetních experimentů pro Jihomoravský, Ústecký a Středočeský kraj by se lišily od těch, které jsou uvedeny v předložené diplomové práci. Původním záměrem aplikace heuristické metody byla snaha ukázat, jak použití speciálních typů návěsů může ovlivnit stávající toky produkce a vratných obalů v rámci primární distribuce společnosti Heineken Česká republika a.s.

Závěr

Diplomová práce se zabývá optimalizací rozvozu hotových výrobků a svozu prázdných obalů mezi pivovary a distribučními centry v rámci primární distribuce společnosti Heineken Česká republika, a.s. Hlavním cílem práce byla aplikace teoretických znalostí na praktické úloze. Veškeré potřebné informace o měsíčních požadavcích distribučních center, jízdách jednotlivých vozidel, smluvních cenách za přepravu s dopravci za období 01.05 – 01.06.2017 byly poskytnuty společnosti Heineken Česká republika, a.s. Na základě získaných informací bylo možno řešený problém přiřadit klasifikovat jako úlohu o optimalizaci kyvadlových jízd s heterogenním vozidlovým parkem.

Klíčovými kapitolami diplomové práce jsou kapitoly 3 a 4, které obsahují návrh a zpracování čtyř variant matematických modelů založených především na exaktních optimalizačních přístupech. Matematické modely řešených úloh v nich vytvořené a aplikované byly vytvořeny na míru. Kapitola 3 je věnována využití exaktních optimalizačních metod a sestavení matematických modelů, kapitola obsahuje dále podrobný postup převodu úlohy lineárního programování do textu programu v software Xpress – IVE do podoby vyžadované programovacím jazykem MOSEL. V kapitole 4 pomocí výpočetních experimentů byla prověřena efektivita současného stavu vybraných částí distribučního systému společnosti Heineken Česká republika a.s. Výpočetní experimenty byly za účelem ověření funkčnosti provedeny u všech navržených matematických modelů. Pro takové výpočty je žádoucí poskytovat přesná data, protože zkrácené výsledky nemají potřebnou vypovídací schopnost. Např. v optimalizačních výpočtech pro Jihomoravský kraj nejsou zohledněny náklady na překládku v DC Brno, započítání nákladů na překládku palet by mohlo výrazně zvýhodnit přímé relace, tedy relace, které nevedou přes DC Brno.

Pro zvýšení efektivity přepravy a snížení nákladů byla na vybrané trase pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem také použita heuristická metoda, kterou navrhli Mourgaya a Vanderbeck. Heuristická metoda byla uvedena v předložené diplomové práci z důvodu ukázky, jak využití speciálních typů návěsů může ovlivnit stávající toky produkce a vratných obalů v rámci primární distribuce společnosti Heineken Česká republika a.s.

V kapitole 5 výsledky získané v obou variantách řešení pro Jihomoravský kraj a v obou variantách řešení pro Ústecký a Středočeský kraj poukázaly na fakt, že společnost Heineken Česká republika a.s. v rámci primární distribuce může získat úsporu při implementaci navržených změn.

Závěrem lze konstatovat, že se podařilo sestavit matematické modely pro organizaci jízd ve vybraných částech distribučního systému společnosti Heineken Česká republika a.s.

a následně najít příležitosti pro zvýšení efektivity dopravy. Všechny uvedené modely prokázaly jejich funkčnost z hlediska získaných hodnot optimalizovaných veličin a také z hlediska výpočetního času.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Výroční zpráva společnosti Heineken rok 2016. Heineken [online], 2017 [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: <http://www.theheinekencompany.com/media/media-releases/press-releases/2017/02/2078667>
- [2] Kdo jsme. Heineken [online]. Heineken Česká republika, 2017 [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: www.heinekenceskarepublika.cz/kdo-jsme
- [3] RAMANATHAN, Usha. Supply Chain Strategies, Issues and Models. London: Springer Science & Business Media, 2013. ISBN 9781447153511
- [4] COYLE, John J., Edward J. BARDI and John C. LANGLEY. Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective. 7. edition. Ohio: South-Western College, 2002. ISBN 9780324007510
- [5] ACHABAL, Dale D., Shelby H. MCINTYRE and Stephen A. SMITH. A decision support system for vendor managed inventory. Journal of Retailing, 2000, vol. 76, p. 430 – 454. ISSN 00224359
- [6] COELHO, Leonardo C., Jean-François CORDEAU and Gilbert LAPORTE. Mathematical methods for dynamic and stochastic inventory-routing. Computers & Operations Research, 2012, vol. 52, p. 55 – 67. ISSN 03050548
- [7] SCHMID Verena, Karl F. DOERNER, Gilbert LAPORTE. Rich routing problems arising in supply chain management. European Journal of Operational Research, vol. 224, 2013, p. 435 – 448. ISSN 03772217
- [8] TONNEAU, Quentin, Pierre DEJAX. Multimodal multi-flow problem with transformation: Application to waste supply chain. HAL archive [online], 2017 [cit. 2017-10-23]. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01621297/document>
- [9] TEICHMANN, Dušan. Optimalizace technologických procesů. Virtuální vzdělávání v dopravě [online], 2017 [cit. 2017-10-11]. Dostupné z: https://issuu.com/michdor/docs/m14_text
- [10] MOURGAYA, Magalie, Francois Vanderbeck. Problème de tournées de véhicules multipériodiques : classification et heuristique pour la planification tactique. Rairo Operations Research, vol. 40, 2006, p. 169 – 194. ISSN 0399-0559

Seznam obrázků

Obrázek 1 Regionální přehled, výroční zpráva rok 2015	10
Obrázek 2 Regionální přehled, výroční zpráva rok 2015	11
Obrázek 3 Transportní sudy typu KEG	12
Obrázek 4 Skleněné láhve	13
Obrázek 5 Plastové láhve PET	13
Obrázek 6 Plechovky Heineken	14
Obrázek 7 VMI model. Vizualizace toku informací a zboží	16
Obrázek 8 Funkce interstocku v dodavatelském řetězci	17
Obrázek 9 Dodavatelský řetězec společnosti Heineken	18
Obrázek 10 Společnost Heineken Česká republika, a.s.	19
Obrázek 11 Síť současných toků společnosti Heineken Česká republika, a.s.	20
Obrázek 12 Trasa Pivovar Starobrnno - DC Hájecká Brno	23
Obrázek 13 Trasa Pivovar Krušovice - DC Červený Újezd	24
Obrázek 14 Trasa Pivovar Velké Březno - DC Ústí nad Labem	24
Obrázek 15 Jednosměrné trasy, rozvoz PET láhví	25
Obrázek 16 Okružní jízdy, trasy přes 2 DC	26
Obrázek 17 Distribuční centra bez přímého zásobování z pivovarů	27
Obrázek 18 Optimalizační software Xpress – IVE	40
Obrázek 19 Současný stav organizace jízd v Jihomoravském kraji	48
Obrázek 20 Výsledky optimalizačního výpočtu pro vzdálenostní variantu	52
Obrázek 21 Výsledky optimalizačního výpočtu pro cenovou variantu	56
Obrázek 22 Současný stav organizace jízd v Ústeckém a Středočeském kraji	57

Seznam tabulek

Tabulka 1 Časový plán jízd, odjezdy vozidel	22
Tabulka 2 Ujetá vzdálenost v km za měsíc, Jihomoravský kraj.....	27
Tabulka 3 Cena za přepravu Jihomoravský kraj.....	28
Tabulka 4 Importní zboží, propagace, technický servis z DC Brno za měsíc v počtu palet	28
Tabulka 5 Požadavky DC a pivovarů za měsíc, včetně importního zboží, servisu a propagace v počtu palet.....	28
Tabulka 6 Požadavky DC a pivovarů za měsíc, včetně importního zboží, servisu a propagace v počtu palet.....	29
Tabulka 7 Importní zboží, propagace, technický servis z DC Červený Újezd za měsíc v počtu palet	29
Tabulka 8 Ujetá vzdálenost v km za měsíc, Ústecký a Středočeský kraj.....	29
Tabulka 9 Cena za přepravu Ústecký a Středočeský kraj	30
Tabulka 10 Požadavky DC a pivovarů za měsíc, Liberecký a Královéhradecký kraj v počtu palet.....	30
Tabulka 11 Kilometrické vzdálenosti pro každou okružní jízdu	30
Tabulka 12 Ujetá vzdálenost v km za měsíc, Liberecký a Královéhradecký kraj	31
Tabulka 13 Cena za přepravu Liberecký a Královéhradecký kraj	31
Tabulka 14 Výpočetní čas počítače při zvýšení počtu zákazníků	33
Tabulka 15 Hodnoty současného stavu, Jihomoravský kraj.....	49
Tabulka 16 Výsledky optimalizačního výpočtu pro vzdálenostní variantu.....	52
Tabulka 17 Výsledky optimalizačního výpočtu pro cenovou variantu	56
Tabulka 18 Hodnoty současného stavu pro Ústecký a Středočeský kraj.....	58
Tabulka 19 Výsledky optimalizačního výpočtu pro vzdálenostní variantu	60
Tabulka 20 Výsledky optimalizačního výpočtu pro cenovou variantu.....	62
Tabulka 21 Současný stav trasa KPK – ÚL	63
Tabulka 22 Návrh s použitím návěsů Standard a Lowdeck	66
Tabulka 23 Porovnání výsledků vzdálenostní varianty optimalizace se současným stavem.....	67
Tabulka 24 Porovnání výsledků cenové varianty optimalizace se současným stavem	67
Tabulka 25 Porovnání výsledků vzdálenostní varianty optimalizace se současným stavem	67
Tabulka 26 Porovnání výsledků cenové varianty optimalizace se současným stavem	68

Tabulka 27 Porovnání současného stavu a navrženého řešení pro trasu pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem	69
--	-----------

Seznam příloh

Příloha 1 Vnitrostátní celo-kamionová přeprava finálních výrobků a svozu obalů v rámci sítě skladů HEINEKEN ČR (současný stav).....	778
Příloha 2 Změna rozvrhu zásobování pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem.	
Porovnání současného rozvrhu s návrhem	79

Příloha 1 Vnitrostátní celo-kamionová přeprava finálních výrobků a svozu obalů v rámci sítě skladů HEINEKEN ČR (současný stav)

Vnitrostátní celo-kamionová přeprava finálních výrobků a svozu obalů v rámci sítě skladů HEINEKEN ČR (současný stav)

Označení trasy	Trasa	Četnost	Finální výrobek	Vratné obaly	Typ jízdy	Km	Cena za 1 jízdu [p]	Typ vozidla / [t] / [palet]
A	DC Brno - DC Těšetice (BR - TE)	5x týdně	sudy, láhve, plechovky, imp. zboží, propagače, tech. servis	ano	2way	148	320	Standard / 26 / 33
B	DC Brno - DC Kunovice (BR - KU)	2x týdně	sudy, láhve, plechovky, imp. zboží, propagače, tech. servis	ano	2way	148	326	Standard / 26 / 33
C	Přivovar Velké Březno - DC Kunovice (VB - KU)	1x za měsíc	sudy	ano	2way	748	1144	Standard / 26 / 33
D	Přivovar Krušovice - DC Kunovice (KP - KU)	2x za měsíc	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	710	1122	LWT / 28 / 33
E	Přivovar Krušovice - DC Brno (KP - BR)	5x týdně	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	568	870	LWT / 28 / 33
F	Přivovar Velké Březno - DC Brno (VB - KU)	3x týdně	sudy	ano	2way	634	966	LWT / 28 / 33
G	Přivovar Krušovice - DC Louny (KP - LN)	2x týdně	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	106	226	Standard / 26 / 33
H	Přivovar Velké Březno - DC Louny (VB - LN)	2x týdně	sudy	ano	2way	150	270	Standard / 26 / 33
I	Přivovar Krušovice - DC Ústí nad Labem (KP - UL)	6x týdně	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	214	342	Standard / 26 / 33
J	Přivovar Velké Březno - DC Červený Újezd (VB - ČU)	1x týdně	sudy	ano	2way	426	690	Standard / 26 / 33
K	Přivovar Krušovice - DC Hradec Králové - DC Turnov (KP - HK - TU)	1x za měsíc	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	236	394	Standard / 26 / 33
L	Přivovar Velké Březno - DC Hradec Králové - DC Turnov (VB - HK - TU)	1x týdně	sudy	ano	2way	408	676	Standard / 26 / 33
M	Přivovar Starobrnno - DC Hradec Králové - DC Turnov (STBR - UL)	1x týdně	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	450	776	Standard / 26 / 33
N	Přivovar Starobrnno - DC Ústí nad Labem (STBR - UL)	4x týdně	pet	ne	1way	304	685	Standard / 26 / 33
O	Přivovar Starobrnno - DC Louny (STBR - LN)	2x za měsíc	pet	ne	1way	280	574	Standard / 26 / 33
P	Přivovar Starobrnno - DC Červený Újezd (STBR - ČU)	10x týdně	pet	ne	1way	250	505	Standard / 26 / 33
R	DC Červený Újezd - DC Louny (DC ČU - DC LN)	3x za měsíc	imp. zboží, propagače	ano	2way	112	239	Standard / 26 / 33
S	DC Červený Újezd - DC Ústí nad Labem (DC ČU - DC UL)	2x týdně	imp. zboží, propagače	ano	2way	192	377	Standard / 26 / 33
1	Přivovar Starobrnno - DC Brno (STBR - BR)	10x denně	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	6	134	Standard / 26 / 33
2	Přivovar Krušovice - DC Červený Újezd (KP - ČU)	6x denně	sudy, láhve, plechovky	ano	2way	70	220	LWT / 28 / 33
3	Přivovar Velké Březno - DC Ústí nad Labem (VB - UL)	2x denně	sudy	ano	2way	18	150	Standard / 26 / 33

Příloha 2 Změna rozvrhu zásobování pivovar Krušovice – DC Ústí nad Labem.
Porovnání současného rozvrhu s návrhem

Rozvrh: použití 26 x Standard																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Četnost	Počet palet	Celkem cena	Rozdíl FG - RPM	Úspora	
Současný stav	Den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	26	858	8892	0		
	Vozidlo Standard (FG)	1	1	1	1	2	0	0	1	1	1	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1	1	26	858			
	Vozidlo Standard (RPM)	1	1	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0	1	1	26	858				
Rozvrh: použití 15 x Lowdeck + 11 x Standard																																					
Návrh	Den	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	15	363	7990	-27	902	
	Vozidlo Standard (FG)	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	11	363				
	Vozidlo Standard (FG)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Vozidlo Lowdeck (FG)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	15	495				
	Vozidlo Lowdeck (RPM)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	15	885					