



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Bohumil Vlček

**NÁVRH ŘEŠENÍ TRASOVÁNÍ MULTIMODÁLNÍCH
NÁKLADNÍCH PŘEPRAV**

Diplomová práce

2018

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. Bohumil Vlček

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Návrh řešení trasování multimodálních nákladních přeprav**

Název tématu (anglicky): Solution for Routing of the Multimodal Freight Transports

Zásady pro vypracování

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

- Multimodální přeprava - základní prvky, celosvětový význam, aktuální situace
- Analýza konkrétní společnosti zajišťující přepravu námořních zásilek
- Současný stav trasování zásilek
- Návrh řešení pro výběr trasy
- Odhad možného dalšího vývoje



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucí diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Novák R.: Námořní přeprava. 2. přeprac. vyd. Praha: ASPI, ISBN 80-7357-070-X, 2005.
Novák J.: Kombinovaná přeprava. 1. vyd. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s., ISBN 80-86530-32-9, 2006.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Denisa Mocková, 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 2018**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Bohumil Vlček
jméno a podpis studenta

V Praze dne 7. června 2018

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce, obzvláště bych pak chtěl poděkovat své vedoucí doc. Ing. Denise Mockové, Ph.D. za její odborné rady a podnětné připomínky k řešení úlohy i k celkovému formálnímu zpracování.

Za přínosné konzultace z prostředí praxe děkuji svým ochotným kolegům Tomášovi Drgovi a Tomášovi Kovandovi.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu po celou dobu studia na této fakultě.

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání 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).

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

V Praze dne 24. srpna 2018



.....
Bc. Bohumil Vlček

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

NÁVRH ŘEŠENÍ TRASOVÁNÍ MULTIMODÁLNÍCH NÁKLADNÍCH PŘEPRAV

Diplomová práce

srpen 2018

Bc. Bohumil Vlček

Abstrakt

Předmětem této diplomové práce je vytvoření praktické aplikace dynamického řešení v prostředí Microsoft Excel pro výběr nejvýhodnější trasy námořní importní kusové zásilky při zadaných aktuálních vstupních datech, parametrech sítě a dílčích výpočtech. Teoretickou část práce tvoří podrobný teoretický podklad o konceptu multimodální přepravy, námořních zásilkách a současném stavu trasování zásilek u existující společnosti organizující multimodální přepravy. Praktická část se zaměřuje na systematický postup návrhu řešení pro dosažení co nejefektivnějšího výsledného nástroje pro koncového uživatele s využitím poznatků z teorie grafů i z prostředí praxe. Závěr práce je věnován zhodnocení návrhu a diskusi o reálných podmínkách na trhu přeprav námořních zásilek.

Klíčová slova:

multimodální přeprava, dynamické řešení, trasování, NVOCC operátor, Floydův algoritmus, LCL zásilka

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

SOLUTION FOR ROUTING OF THE MULTIMODAL FREIGHT TRANSPORTS

Master's Thesis

August 2018

Bc. Bohumil Vlček

Abstract

The main task of this thesis is to design a dynamical solution on platform Microsoft Excel for evaluation and choice of the best available route for an import sea shipment according to current input data, network parameters and partial computations. The theoretical part of this thesis consists of detailed theoretical analysis about multimodal transport, sea shipments and an existing company providing multimodal transport services. Practical part of the thesis focuses on designing a systematical method for creating an effective solution that meets the user's requirements using knowledge of the graph theory and personal work experience. The ending is dedicated for the final evaluation of the solution and discussion about daily practice in the sea transport business.

Keywords:

multimodal transport, dynamical solution, routing, NVOCC, Floyd algorithm, LCL shipment

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk	8
Úvod	9
1 Multimodální přeprava	10
1.1 Úloha nákladní dopravy v hospodářství	10
1.2 Základní pojmy	14
1.3 Význam multimodální přepravy.....	15
1.4 Infrastruktura	17
1.4.1 Dopravní síť	17
1.4.2 Překladiště	20
1.4.3 Dopravní prostředky a přepravní jednotky.....	22
1.5 Subjekty v systému kombinované přepravy	26
1.5.1 Operátor kombinované přepravy.....	26
1.5.2 Dopravce.....	26
1.5.3 Zasiatel (speditér).....	27
1.5.4 Broker (agent rejdaře).....	27
1.5.5 NVOCC operátor	28
1.6 Obchodní podmínky.....	30
1.6.1 INCOTERMS 2010	30
1.6.2 Cenotvorba v KP.....	32
1.6.3 Nebezpečné zboží.....	33
1.7 Současný vývoj.....	34
2 Analýza společnosti Boxline UCL	35
2.1 Vývoj společnosti.....	35
2.2 Nabízené služby	36
2.2.1 Námořní zásilky	36
2.2.2 Železniční zásilky.....	37
2.2.3 Ostatní služby.....	37
3 Současný stav trasování zásilek	38
3.1 Síť přístavů odplutí pro importní zásilky	38
3.1.1 Přímý servis.....	38
3.1.2 Nepřímý servis	39

3.2	Pozemní část přepravy	41
4	Návrh řešení úlohy výběru vhodného trasování	43
4.1	Charakteristika úlohy	43
4.1.1	Požadavky na řešení.....	43
4.1.2	Vstupy a výstupy úlohy	44
4.2	Schéma postupu řešení	45
4.3	Vlastní řešení úlohy	46
4.3.1	Sběr dat.....	46
4.3.2	Konsolidace dat	52
4.3.3	Sestrojení modelu.....	53
4.3.4	Aplikace Floydova algoritmu.....	62
4.3.5	Prezentace výsledných dat	67
4.4	Vyhodnocení navrženého postupu.....	69
5	Odhad dalšího vývoje trhu námořních přeprav	71
	Závěr	72
	Použité zdroje	74
	Seznam obrázků	76
	Seznam tabulek.....	77

Seznam použitých zkratek

a.s.	akciová společnost
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
EUR	euro
d.o.o.	slovinský ekvivalent české zkratky „s.r.o.“
FCL	full container load
GmbH	německý ekvivalent české zkratky „s.r.o.“
ISO	International Organization for Standardization
LCL	less than container load
MTO	multimodal transport operator
n.p.	národní podnik
NVOCC	non-vessel operating common carrier
OWS	overweight surcharge
POD	port of discharge
POL	port of loading
POT	port of transshipment
s.p.	státní podnik
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
TEU	twenty-foot equivalent unit
USD	americký dolar

Úvod

Stabilní situace na globální politické scéně a rapidní pokrok v různých vědních oborech vytvářejí vhodné podmínky pro rozvoj infrastruktury jednotlivých států a životní úroveň obyvatelstva se i v rozvojových zemích rok od roku zlepšuje. Značný podíl na tomto pozitivním trendu má i mezinárodní obchod, který umožňuje dělbu práce na globální úrovni a využívá tak potenciál každého zúčastněného subjektu.

Neodmyslitelným spojovacím článkem pro materiálové a zbožové toky je nákladní doprava, na kterou jsou se vzrůstajícími objemy přeprav kladeny čím dál vyšší nároky z hlediska optimalizace trasování s minimalizací celkových peněžních i časových nákladů v celém systému. Efektivním řešením je v současné době koncepce multimodálních přeprav, která využívá pro každý charakteristický úsek dané přepravy nejvhodnější dopravní mód, přičemž důraz je kladen i na rychlou a levnou manipulaci standardizovaných přepravních jednotek, ve kterém jsou zbožové komplety uloženy.

Nejvýznamnějším dopravním módem je v globálním multimodálním přepravním řetězci bez pochyby námořní doprava, která se díky kontejnerizaci zásilek stává cenově dostupnou jak pro mezikontinentální, tak i pro interkontinentální přepravy s využitím obrovské plochy světového oceánu. Vzhledem k široké škále kombinací tras pro každou přepravu vzniká u operátorů zajišťujících tyto přepravy nutnost vhodného trasování a konsolidace zásilek pro uspokojení potřeb zákazníka, maximalizaci zisku a možnosti nabídky konkurenceschopných cen za tuto službu.

Smyslem této práce je návrh aplikace dynamického řešení pro rychlý výběr vhodného trasování zásilky z konkrétního přístavu s nepřímým napojením na cílový sklad, existují přitom různě časově i nákladově ohodnocené varianty směřování přes přístavy překládky i koncové evropské přístavy. Jedná se o aplikaci s přímým využitím v praxi, budou tedy vkládány reálné vstupní hodnoty veličin a důraz bude kladen především na rychlost a přehlednost zobrazení výstupních dat.

Teoretická část práce bude zahrnovat ucelený pohled na koncepci multimodální přepravy, tedy podrobný popis jejích nejdůležitějších prvků, hlavního významu i současného vývoje. Následně bude přiblíženo fungování konkrétní společnosti organizující přepravu námořních zásilek společně s analýzou výchozího stavu klíčového pro vznik úlohy.

Praktická část bude obsahovat kompletní souhrn požadavků na výsledné řešení a celkový návrh na realizaci s detailním popisem jednotlivých kroků. V závěru práce bude zvolený postup vyhodnocen a budou zde zmíněny i důležité faktory ovlivňující přesnost výsledků.

1 Multimodální přeprava

V této úvodní kapitole bude podán teoretický základ koncepce multimodální přepravy z hlediska infrastruktury, významu a současných ukazatelů.

1.1 Úloha nákladní dopravy v hospodářství

Společně s dopravou osobní hraje nákladní doprava velmi důležitou roli v lidských společnostech již od pradávna. Přepravní potřeby hospodářství vztahující se na materiál, výrobky, odpad aj. se zjednodušeně řečeno odvíjejí od prostorového uspořádání míst těžby materiálu, jeho zpracování, prodeje (distribuce) výrobků, jejich spotřeby a likvidace vzniklého odpadu.

Za účelem přepravy nákladu jsou postupem času neustále zdokonalovány všechny prvky dopravní infrastruktury a postupy řízení různých dopravních módů, přičemž k pravděpodobně nejsilnějšímu impulzu pro inovace došlo v době průmyslové revoluce, kdy díky mechanizaci pracovních úkonů a pokročilé specializaci vzrostl objem potřebného materiálu ke zpracování a tím i objem samotných výrobků k distribuci.

Nákladní doprava je důležitou součástí dělby práce v národním hospodářství a jako služba vytváří přidanou hodnotu zboží pro konečného zákazníka. Rozvoj udržitelné a integrované dopravní sítě by tedy měl být primárním cílem politiky jak jednotlivých států, tak i nadnárodních organizací. [1]

Každý ze základních módů dopravy se vyznačuje specifickými vlastnostmi, které je potřeba při jeho výběru pro danou přepravu zohlednit. Dopravu potrubní pro potřeby této práce zmiňovat nebudeme.

Hlavními kritérii pro výběr dopravního módu jsou obecně:

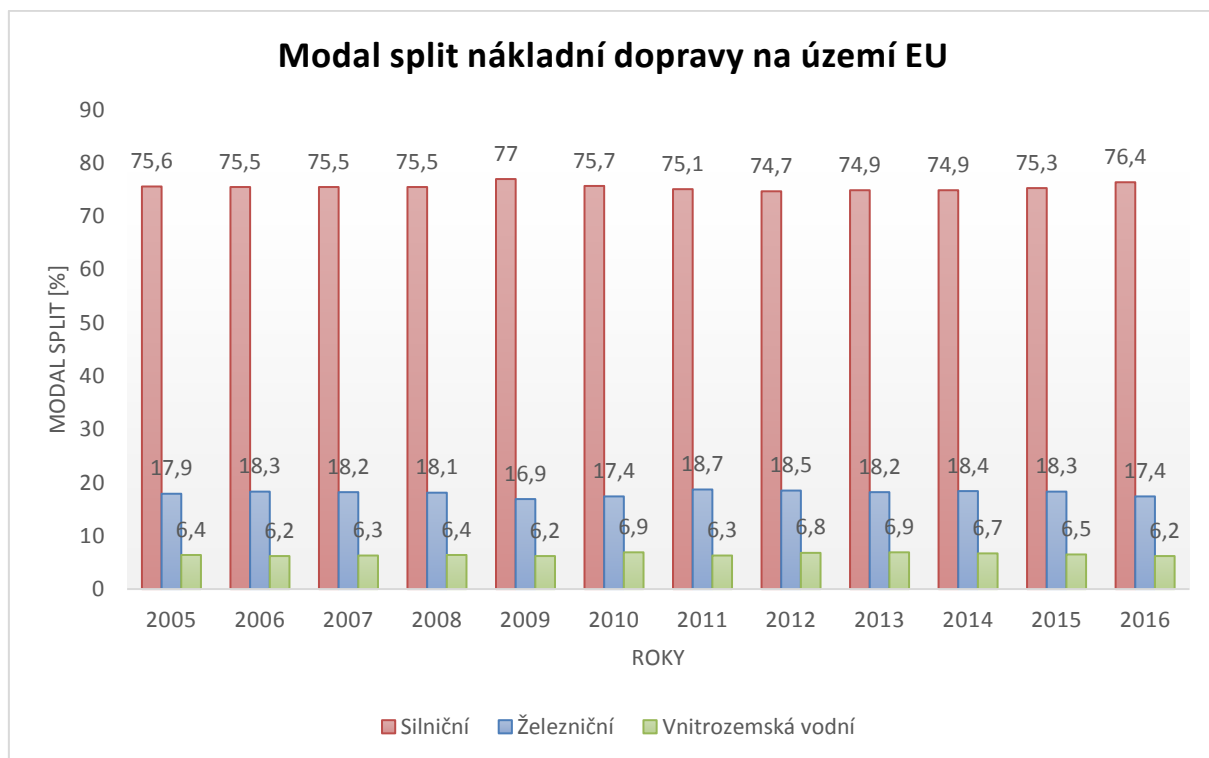
- **flexibilita** – schopnost propojení co největšího počtu míst v rozumném čase,
- **spolehlivost** – odolnost vůči vnějším vlivům a bezpečnost,
- **přepravní náklady** – rozhodující faktor pro cenotvorbu zboží,
- **rychlost** – odvíjí se od technických parametrů dopravního prostředku a kvality a průchodnosti dopravní cesty a uzlů.

V zájmu udržitelného rozvoje životního prostředí by měly pro politické organizace hrát důležitou roli i nezanedbatelné ekologické dopady plynoucí z produkce negativních externích nákladů dopravy (emise skleníkových plynů, zabor půdy, nehodovost, hluk, vibrace apod.), jelikož na komerční bázi se tyto vlivy prakticky nezohledňují.

Silniční doprava

Díky hustotě silniční sítě, na kterou jsou v rámci kontinentů napojena téměř všechna místa generující potřebu přepravy nákladu, je silniční doprava ze všech módů nejflexibilnější. Kvůli hustotě provozu a sdílení sítě s uživateli, kteří nejsou profesionálními řidiči, je zde ale zvýšené riziko nehody a tím i znehodnocení nákladu.

Z hlediska nákladů na přepravu se jedná o relativně levnou a rychlou variantu pro kratší vzdálenosti, kapacitně jsou ale vozidla značně omezena (dáno legislativou daného státu i technickými normami vozidla). Z důvodu geografických podmínek a nedostatečného zohlednění negativních externích nákladů plynoucích ze silniční dopravy je tento typ dopravy na území Evropské unie z hlediska dělby přepravní práce (*Modal split*) stabilně dominantní, jak se lze přesvědčit z vývoje v letech 2005-2016 na obrázku 1.



Obrázek 1 - Dělbá přepravní práce nákladní dopravy na území EU

Železniční doprava

Infrastruktura železniční dopravy poskytuje díky investicím do zabezpečovacího zařízení a budováním mimoúrovňových křížení se silniční sítí vysokou míru bezpečnosti a nízkou závislost na vlivu počasí.

Výstavba a provoz železniční dopravní cesty a seřadovacích nádraží však spolu s pořizovací cenou drážních vozidel tvoří vysoké fixní náklady, které musejí být kompenzovány nižšími variabilními náklady. Těch je možné dosáhnout díky vysoké přepravní kapacitě na vlakovou jednotku při středně dlouhé přepravní vzdálenosti a nízkému valivému odporu na styčných plochách soukolí s kolejnicemi. Z toho také vyplývá nižší negativní dopad na životní prostředí.

Z důvodu charakteru železniční sítě je prakticky vyloučeno napojení na každého potenciálního příjemce zboží, v poslední době bohužel rovněž zanikají železniční vlečky do výrobních podniků a nové vlečky do logistických center již většinou nevznikají.

Nutnost sestavování dlouhých vlakových kompletů a jejich následná dekompozice v seřadovacích nádražích je příčinou skutečnosti, že se často železniční doprava nedokáže té silniční vyrovnat časově ani cenově.

Letecká doprava

Značně omezená přepravní kapacita, požadavky na bezpečnostní nezávadnost zboží a vysoké variabilní náklady předurčují leteckou dopravu k využití primárně pro rychlou přepravu osob na středně dlouhé a dlouhé vzdálenosti.

Síť letišť je z hlediska hustoty poměrně omezená, podle typu letounu a vybavení daného letiště však mohou být varianty přímých spojení relativně flexibilní.

Statisticky se jedná o nejbezpečnější dopravní mód zcela nezávislý na ostatních dopravních sítích, provoz však může být omezen špatnými meteorologickými podmínkami.

Využití lze najít pro přepravu cenných nákladů na velkou vzdálenost, nákladů obtížně přepravitelných ostatními druhy dopravy nebo nákladů rychle podléhajících zkáze. Pro plné využití aktuální kapacity letounu lze rovněž touto cestou přepravit listovní a velmi malé kusové zásilky.

Dopady na životní prostředí jsou u letecké dopravy obzvlášť z hlediska poměru objemu produkce skleníkových plynů k přepravnímu výkonu enormní.

Vodní doprava

Přepravy v nákladních plavidlech lze uskutečnit jak v rámci mořských vodních cest (námořní doprava), tak i cest v říčních korytech a po jezerních vodních plochách (vnitrozemská vodní doprava).

Flexibilita je zde značně omezena sítí přístavů, které jsou schopny různě velká plavidla odbavit, z těchto přístavů je pak v drtivé většině případů nutnost náklad přepravit k příjemci pomocí minimálně jednoho dalšího dopravního módu.

Přepravní kapacita na jednu kontejnerovou loď se pohybuje v řádu desítek až stovek tisíc tun nákladu, variabilní náklady na přepravní výkon jsou tedy na dlouhé vzdálenosti nejnižší ze všech druhů dopravy. Takto obrovská kapacita je však vykoupena nejnižší přepravní rychlostí ze všech základních druhů dopravy.

Spolehlivost je u vodní dopravy sporná, jelikož je průběh přepravy do značné míry ovlivněn aktuálním počasím a omezenou kapacitou přístavů, kde často dochází ke kongescím právě z důvodu nepříznivých meteorologických podmínek. U vnitrozemní vodní dopravy hraje často významnou roli splavnost říčních koryt.

V tabulce 1 vidíme kompletní přehled vlastností jednotlivých druhů dopravy, které jsou vyjádřeny příslušnými barvami (*červená – špatné, žlutá – průměrné, zelená – dobré*).

Tabulka 1 - Přehled základních módů dopravy

	Silniční	Železniční	Letecká	Vodní
Flexibilita				
Spolehlivost				
Přepravní náklady				
Rychlost				
Ekologické dopady				
Přepravní vzdálenost				
Kapacita				
Využití v praxi	Přímé doručení menších zásilek na krátkou a střední vzdálenost.	Větší pozemní přepravy na střední a delší vzdálenost.	Přeprava cenného nebo zkazitelného nákladu na delší vzdálenost.	Přepravy na delší vzdálenost při nízkých nákladech + sypké a tekuté substance.

Zdroj: [9], autor

V důsledku globalizace tržního hospodářství a specializace výrobních podniků s levnou pracovní silou především v oblasti východní a jihovýchodní Asie je v obecném zájmu uspořádání logistických řetězců pro dělbu přepravní práce (tzv. *modal split*) s maximálním možným využitím výhod jednotlivých druhů dopravy pro co nejkonomičtější distribuci zboží po celém světě – multimodální přepravní systém.

1.2 Základní pojmy

Pro zajištění srozumitelného výkladu koncepce multimodální přepravy je nutné nejprve zmínit několik důležitých technických termínů a jejich definic, které vycházejí z české technické normy ČSN 26 9375 – *Terminologie kombinované dopravy*.

Obecně je třeba připomenout, že **dopravou** rozumíme pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách, odvětví národního hospodářství nebo technickou realizaci přepravy. **Přepřavou** potom rozumíme přemístění osob a věcí jako výsledek dopravy.

- **Intermodální přeprava** je přeprava zboží v jedné přepravní jednotce nebo v silničním vozidle, která postupně využije různých druhů dopravy bez manipulace s přepravovaným zbožím při překládkách (častěji se užívá pojem *intermodální doprava*).
- **Kombinovaná přeprava** je intermodální přeprava, u které je hlavní úsek realizován prostřednictvím železniční nebo vodní dopravy a počáteční/koncový úsek po silnici (silniční svoz/rozvoz) je nejkratší možný. Tento pojem má více různých definic, často se také používá pojem *kombinovaná doprava*.

Kombinovanou přepravu lze dělit na doprovázenou/nedoprovázenou podle toho, zda je nebo není součástí přepravy i tažné vozidlo se svou osádkou.

- **Multimodální přeprava** je obecně přeprava zboží nejméně dvěma různými druhy dopravy (používá se též pojem *multimodální doprava* nebo *lomená doprava*).
- **Zásilka kombinované přepravy** je přepravní jednotka a zboží v ní uložené nebo prázdná přepravní jednotka, která je podána k přepravě s příslušnými přepravními doklady a případně s dalšími doklady a dokumenty.
- **Příkazce** – osoba, podle jejíhož dopravního příkazu nebo uzavřené smlouvy zasílatel nebo dopravce obstará přepravu.

- **Zasílatel** (speditér) – právnická osoba, obstarávající vlastním jménem a na účet příkazce za provizi přepravu věcí z místa odeslání do místa určení.
- **TEU** – normalizovaná jednotka, která odpovídá kontejneru délky 20 stop. Používá se k počítání kontejnerů různé délky (např. 40 stop dlouhý kontejner ISO řady 1 se rovná 2 TEU) a pro jednodušší popis kapacity plavidel, ostatních dopravních prostředků a překladišť.

1.3 Význam multimodální přepravy

Primárním účelem zřízení koncepce multimodální, resp. kombinované přepravy, je optimalizace dělby přepravní práce (modal splitu) a přispění k trvale udržitelné globální mobilitě [1].

Zde je výchozí přehled důvodů pro zavedení a rozvoj multimodální přepravy:

- trvale rostoucí objem nákladní dopravy,
- soustavně rostoucí podíl silničních nákladních přeprav na celkovém objemu přeprav,
- zhoršující se stav životního prostředí,
- potřeba snížení energetické náročnosti dopravy. [1]

Ve vyspělých státech má kombinovaná přeprava za úkol především uvolnění přetížených silničních koridorů (v Evropě typicky alpské průsmyky) a obecně přesun co největšího množství přepravovaného nákladu ze silniční sítě na železniční nebo vodní dopravní cesty (tzv. *modal shift*), díky čemuž lze dosáhnout:

- 1) zvýšení kvality dopravy,
- 2) snížení nehodovosti a tím zvýšení bezpečnosti provozu,
- 3) snížení negativních dopadů na životní prostředí.

V době soustavné optimalizace projektování a řízení logistických řetězců je kvalitní multimodální přepravní systém také vhodným vylepšením komplexnosti poskytovaných služeb a umožněním tvorby konkurenceschopných cen, musí zde však existovat podpora investic do nákladné infrastruktury ze strany jednotlivých států a ekonomických unií.

Z technologického hlediska má tento způsob přepravy v ucelených jednotkách potenciál urychlit překládku a snížit riziko poškození nebo ztráty části zboží, z toho rovněž vyplývá redukce těžké ruční práce, prevence úrazů a zvýšení efektivity práce v místě překládky [1].

Ekologický aspekt implementace multimodální přepravy

Doprava se kromě převažujících pozitiv bohužel vyznačuje i produkcí tzv. *negativních externalit* neboli nákladů, které namísto provozovatele dopravy hradí celá společnost. Kromě přímých vlivů na zdraví populace (hluk, vibrace a dopravní nehody) se jedná o dopady na životní prostředí, které ve výsledku rovněž uškodí celé společnosti (exhalace, kyselý déšť, skleníkové plyny, znečištění spodní vody, zábor půdy a fragmentace krajiny).

Minimalizace těchto negativních vlivů lze prakticky dosáhnout volbou vhodného dopravního módu v rámci multimodálních přeprav i pro jednotlivé přepravy (převážně v osobní dopravě).

Aby však vznikla motivace modal shift provést, je nutné jednak zefektivnit ekologičtější druhy dopravy, ale rovněž narovnat ekonomické podmínky provozovatelů tzv. *internalizací externích nákladů*, což je zjednodušeně řečeno vyčíslení externích nákladů a jejich převedení na provozovatele dopravy podle logiky *PPP – Polluter Pays Principle* (znečišťovatel platí).

Evropská komise již průběžně zpracovává objektivní kalkulaci těchto nákladů, která bude sloužit jako podklad k vyčíslení poplatků za užití různých druhů dopravní infrastruktury, v době psaní této práce bylo nejnovější vydání příručky pro výpočet externích nákladů z dopravy publikováno v lednu 2014. Zástupci *Mezinárodní unie silniční dopravy (IRU)* však varují před ztrátou konkurenceschopnosti evropského hospodářství a prosazují jiný princip *CCAP – Cheapest Cost Avoider Principle* (zvýhodňován má být subjekt, který eliminuje externality s minimálními náklady). [10], [11]

1.4 Infrastruktura

Systém multimodálních přeprav všeobecně využívá stávajících dopravních cest, dopravních prostředků vhodně upravených pro přepravu ucelených jednotek a speciálně vybavených překladišť, která fungují jako spojovací články mezi jednotlivými dopravními módy.

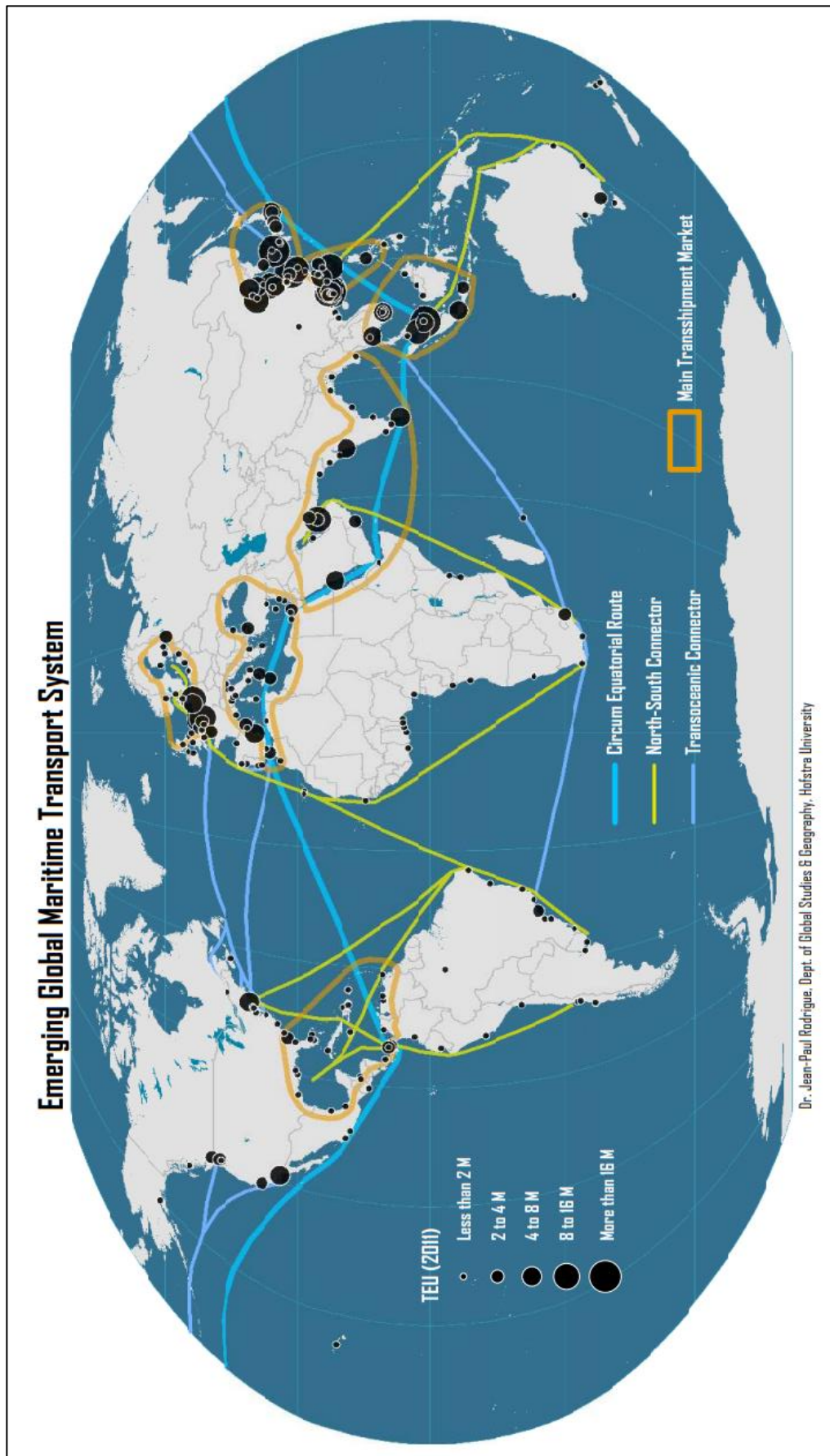
1.4.1 Dopravní síť

Pokud nebudeme uvažovat pro multimodální dopravu ne příliš prakticky využitelnou síť leteckých koridorů, tvoří základní kostru globálního multimodálního přepravního systému hlavní námořní dopravní trasy, které vidíme schematicky znázorněné na obrázku 2 na následující straně.

Globální námořní dopravní systém můžeme charakterizovat těmito komponenty [11], [12]:

- 1) **Hlavní trasa podél rovníku** (na obrázku tyrkysově) – díky uměle vybudovaným průplavům (Suezský a Panamský) lze pomocí tohoto koridoru s nákladní lodí proplout kolem celé planety. Neustálý růst objemu nákladních přeprav vyvolal nutnost zkapacitnění obou těchto úzkých hrdel – Suezský průplav je od roku 2015 rozšířen na obousměrný provoz a Panamský průplav umožňuje od roku 2016 proplutí lodí s velmi velkou tonáží. Tato trasa je důležitá zejména pro toky zboží mezi Asií a EU.
- 2) **Spojnice sever-jih** (na obrázku zeleně) – tyto trasy spojují kontinenty napříč oběma polokoulemi ve směru poledníků, namísto kontejnerových přeprav zde ale narážíme ve větší míře na toky surovin jako ropa, minerály a případně zemědělské plodiny. Úzkým hrdlem je zde opět Panamský průplav, případně kanál La Manche.
- 3) **Transoceánské spojnice** (na obrázku modře) – důležitost těchto tras vedoucích napříč oceány spočívá především v tocích zboží mezi Asií a Severní Amerikou a mezi Severní Amerikou a Evropou. Jelikož se jedná o transoceánské koridory, na úzká hrdla zde kromě samotných přístavů nenarazíme.

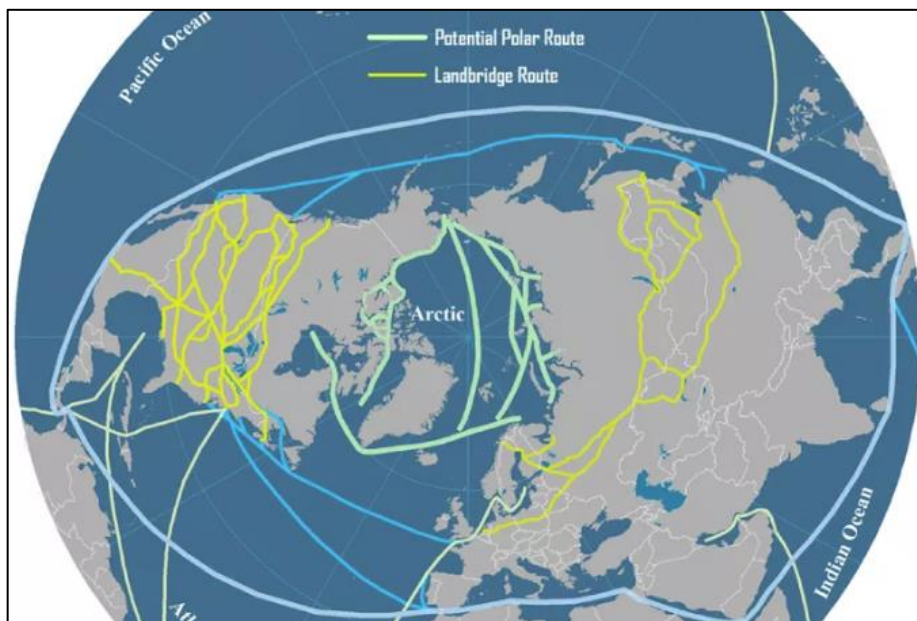
Na obrázku dále vidíme oranžově vyznačené hlavní oblasti sběrných tras pro obousměrnou přepravu nákladu z menších přístavů do přístavů na hlavních koridorech a zpět, černými kolečky je znázorněn objem přeprav v hlavních přístavech v jednotkách TEU za rok 2011.



Obrázek 2 - Globální systém námořní přepravy

Zdroj: [12]

Globální námořní dopravní systém je na severní polokouli doplněn o transkontinentální železniční síť vyznačenou žlutě na obrázku 3, z čehož pro trh mezi EU a Asií existuje funkční spojení pro železniční přepravu ucelených jednotek, zatím je ale pro tento trh stále preferována doprava námořní. Na obrázku 3 jsou rovněž zeleně zakresleny možné polární námořní trasy, které by v letních měsících vzhledem k ustupujícímu arktickému ledu mohly být zajímavou a rychlejší alternativou pro některá stávající spojení.



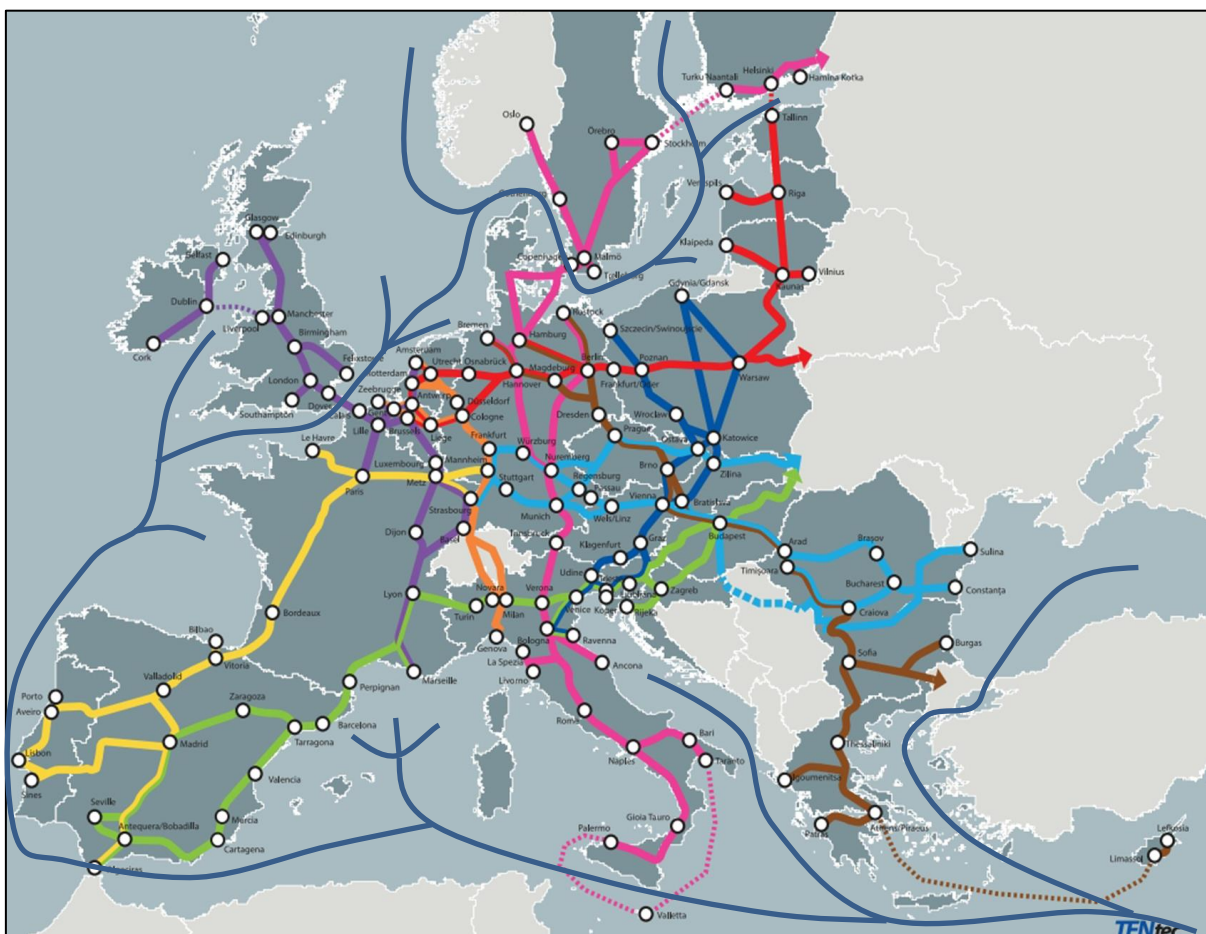
Obrázek 3 - Transkontinentální železniční koridory

Zdroj: [13]

Na území Evropské unie je soustavně budována transevropská dopravní síť v rámci projektu *TEN-T*, pod který zahrnujeme i z dlouhodobého hlediska jistě perspektivní projekty pro přesun nákladních přeprav ze silnic na vodní dopravní cesty:

- 1) **NAIADES II** – cílem projektu je rozšíření vnitrozemských vodních cest a vytvoření kvalitních napojení na multimodální terminály pro maximální integraci těchto tras k přepravě ucelených jednotek dále do vnitrozemí [14].
- 2) **Motorways of the Sea** (případně *Short Sea Shipping*) – tyto projekty mají do přepravního systému v rámci Evropy integrovat námořní dopravu, v plánu je do roku 2030 tímto redukovat objem silničních přeprav až o 30% a snížit tak výsledný skleníkový efekt až o 60% do roku 2050 [15].

Na obrázku 4 jsou barevně vyznačeny hlavní koridory transevropské dopravní sítě v rámci projektu *TEN-T*, v rámci vodních ploch je tmavě modrou barvou zakresleno přibližné schéma systému *Motorways of the Sea*.



Obrázek 4 - Evropská dopravní síť *TEN-T*

Zdroj: [16], autor

1.4.2 Překladiště

Systém přepravního řetězce s využitím nejméně dvou dopravních módů s sebou nese nutnost propojení těchto článků pomocí zařízení s dostatečným vybavením a kapacitou pro rychlou a efektivní překládku ucelené přepravní jednotky z jednoho typu dopravního prostředku na jiný, tedy systém *překladišť multimodální (kombinované) přepravy*.

Častěji se také lze v souvislosti s mezinárodním názvoslovím setkat s pojmem *terminál kombinované přepravy* nebo *multimodální terminál*, podle nejrozšířenějšího typu přepravní jednotky také *terminál kontejnerové přepravy*. Obecně se pod pojmem *terminál* rozumí místo soustředění a zpracování nákladu bez ohledu na dopravní mód [1].

Kategorie překladišť KP

Překladiště multimodální přepravy lze kategorizovat dle několika hledisek, pro účely této práce bude nejdůležitější rozdělení dle umístění v přepravním řetězci:

- 1) **Námořní překladiště** – jedná se o zdaleka největší a nevykonnější druh překladišť, jsou součástí velkých námořních přístavů, kde zajišťují hlavně překládku ucelených kontejnerových jednotek z kontejnerových lodí na železniční nebo silniční dopravní prostředky, téměř výhradně jsou to tedy *trimodální* překladiště.

V tabulce 2 nalezneme přehled deseti nejvytíženějších světových námořních přístavů z hlediska objemu přeložených kontejnerů v TEU za rok 2017. Téměř všechny zmíněné přístavy se nacházejí v oblasti Asie, na území Evropy jsou pak největšími přístavy Rotterdam (13,74 mil. TEU), Antverpy (10,45 mil. TEU) a Hamburg (8,82 mil. TEU) [17].

Tabulka 2 – Seznam deseti globálně největších námořních přístavů

	Název	Stát	Region	Roční objem TEU (2017)
1	Shanghai	Čína	Asie	40 233 000
2	Singapore	Singapur	Asie	33 667 000
3	Shenzen	Čína	Asie	25 209 000
4	Ningbo – Zhoushan	Čína	Asie	24 607 000
5	Hong Kong	Čína	Asie	20 770 000
6	Busan	Jižní Korea	Asie	20 493 000
7	Guangzhou	Čína	Asie	20 356 000
8	Qingdao	Čína	Asie	18 310 000
9	Dubai	SAE	Střední východ	15 368 000
10	Tianjin	Čína	Asie	15 069 000

Zdroj: [17]

- 2) **Vnitrozemská překladiště** – jsou umístěna ve významných dopravních uzlech ve vnitrozemí, zpravidla tedy mluvíme o *bimodálních* terminálech umožňujících překládku ucelených jednotek mezi silniční a železniční dopravou, v případě napojení na vnitrozemskou vodní dopravu se jedná o trimodální překladiště. Největší takové vnitrozemské překladiště světa se nachází v německém Duisburgu na řece Rýn (4,10 mil. TEU za rok 2017) [18].

Požadavky na překladiště:

Za hlavní kvalitativní požadavky na překladiště ze strany zákazníka můžeme považovat tyto:

- **Dostatečná provozní kapacita** – klíčový parametr pro co nejrychlejší odbavení ucelené přepravní jednotky, jelikož překladiště tvoří v logistickém řetězci úzká hrdla.
- **Standardizované provozně-technické vybavení** – nutné pro manipulaci a skladování všech typů standardizovaných ucelených jednotek.
- **Široké spektrum nabízených služeb** – souvisí s celkovou kvalitou služeb poskytovaných na logistickém řetězci.

Kromě základní nabídky služeb, mezi které řadíme překládku a deponování ucelených jednotek, svoz/rozvoz nebo podání nové kontejnerové zásilky, se nabídka již od druhé poloviny 90. let minulého století rozšiřuje např. i o tyto druhy servisu:

- 1) **Celní služby** – zajištění komplexního celního odbavení s garancí celního dluhu, případně zajištění veterinární či *FYTO* kontroly.
- 2) **Speditérské služby** – místenkování vlakových spojů, překládka zboží mezi jednotlivými ucelenými jednotkami, pronájem a prodej přepravních jednotek, paletizace zboží, pojištění, zajištění dokumentace.
- 3) **Logistické a skladovací služby** – kompletace zásilek, sledování zásilek, poradenství, uskladnění zboží ve veřejných (i celních) skladech. [1]

1.4.3 Dopravní prostředky a přepravní jednotky

Pro potřeby konceptu multimodální přepravy se využívají speciálně upravené dopravní prostředky, které musejí být dle daných norem plně technicky kompatibilní s přepravovanými ucelenými jednotkami.

Námořní plavidla – nákladní obchodní lodě, konkrétně plavidla pro suchý náklad (*Dry Cargo Vessels*), v kombinované přepravě se v dnešní době jedná v drtivé většině o kontejnerové lodě sloužící výhradně k přepravě kontejnerů. Přepravní kapacita těchto plavidel se pohybuje v řádu tisíců TEU (v době psaní této práce maximálně 11 000 TEU). V menší míře se také používají lodě *Ro/Ro* (*Roll on / Roll off*) určené pro nakládku a vykládku zásilek na železničních nebo silničních podvozcích. [2]

Vnitrozemská plavidla – po vnitrozemských vodních cestách se přepravují výhradně kontejnery převážně pomocí tlačných člunů bez vlastního pohonu (manipulaci a pohon zajišťuje 1 nebo více speciálních plavidel, tzv. *remorkérů*) s kapacitou v řádu desítek TEU [1].

Železniční nákladní vozy – mají speciálně upravené podvozky pro přepravu různých druhů kontejnerů, výměnných nástaveb, silničních návěsů, přívěsů, tahačů nebo jízdních souprav. Kapacita takového vozu bývá typicky od 1 do 2 TEU.

Silniční nákladní vozidla – kromě kontejnerů se zvláště v západní Evropě hojně přepravují výměnné nástavby. Tažným vozidlem je tahač, který má možnost připojení kontejnerového návěsu, výměnné nástavby, nebo přívěsu, kapacita těchto vozidel je obdobně jako u železnice 1 až 2 TEU.

Jak je již zřejmé z výčtu dopravních prostředků, nejvyužívanějším typem ucelené přepravní jednotky je kontejner, pro vnitrozemské přepravy je ale často užívána i výměnná nástavba, případně i návěsy nebo celá silniční vozidla.

Kontejnery

Nejrozšířenější druh tvoří kontejnery normy ISO řady 1, které jsou uzpůsobeny pro přepravu v lodních plavidlech i v dopravních prostředcích pozemní dopravy, od jejichž norem (průjezdny profil a max. zatížení) se odvíjejí technické parametry kontejnerů.

Hlavními důvody globální oblíbenosti využívání kontejnerů jsou dle zdrojů [1], [19]:

- **Snadná manipulace a rychlost překládky** – namísto překládky stovek menších kusů zásilky se manipuluje s jediným kusem.
- **Redukce těžké ruční práce** – kontejnery jsou vzhledem k rozměrům a hmotnosti manipulovány výhradně mechanickými zařízeními.
- **Úspora obalových materiálů** – odpadá paletizace a foliování zásilek, u kterých to není nezbytně nutné (kontejnery musí splňovat požadavek na vodotěsnost).
- **Snadné skladování a stohování** – maximalizace využití prostoru v plavidlech a skladovacích prostorách.
- **Nízká hmotnost ucelené jednotky** – ve srovnání se silničními návěsy a jízdními soupravami.
- **Nedoprovázená přeprava** – nevznikají zbytečné náklady plynoucí z doprovodu jednotky řidičem tahače.

Mezi nevýhody využívání kontejnerů řady ISO 1 bychom mohli zařadit nutnost vybavení koncových úseků přepravního řetězce technikou pro vertikální překládku, při rozšíření tohoto typu ucelených jednotek ve vyspělých státech by toto však již nemělo představovat zásadní problém, jelikož po vykládce zákazníkem se prázdné kontejnery běžně svážejí zpět do kontejnerových terminálů.

Nejrozšířenějšími typy kontejnerů pro přepravu zboží jsou kontejnery pro všeobecné použití o délce 20 nebo 40 stop (objem 1 nebo 2 TEU), tedy 20'GP (*General Purpose*) a 40'GP, a také 40 stop dlouhé kontejnery o 1 stopu vyšší, tj. 40'HC (*High Cube*). Kromě typu GP se využívají např. chladicí kontejnery RF (*Reefer*), plošinové kontejnery s otevřeným stropem OT (*Open-Top*) nebo plošinové kontejnery se sklopnými bočními čely FR (*Flat Rack*).

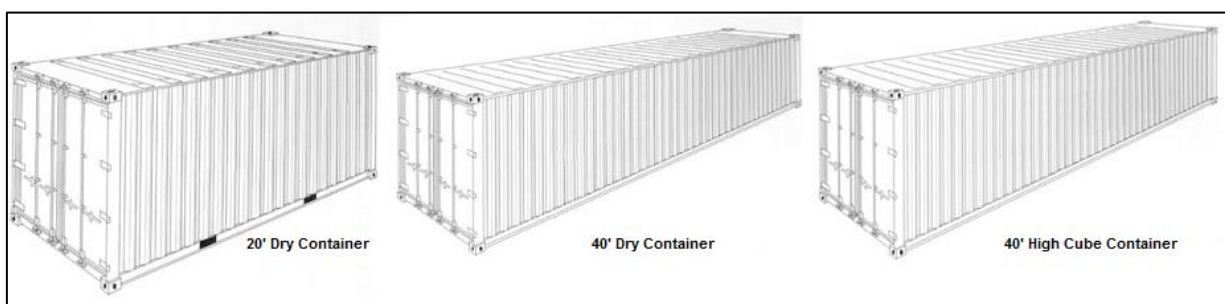
V tabulce 3 vidíme přehled rozměrů a kapacitních limitů zmíněných nejrozšířenějších typů kontejnerů. *Tara* kontejneru rozumíme jeho prázdnou hmotnost, základna europalety (EPAL) je 1 200 x 800 mm.

Tabulka 3 - Rozměry a kapacitní limity kontejnerů

Typ	Max. objem	Vnitřní rozměry	Rozměry nákl. dveří	Max. hmotnost	Max. EPAL
20'GP	33 m ³	délka 5 898 mm šířka 2 352 mm výška 2 393 mm	šířka 2 340 mm výška 2 280 mm	28 160 kg (tara 2 230 kg)	11
40'GP	67 m ³	délka 12 035 mm šířka 2 352 mm výška 2 393 mm	šířka 2 340 mm výška 2 280 mm	26 760 kg (tara 3 700 kg)	25
40'HC	76 m ³	délka 12 035 mm šířka 2 352 mm výška 2 695 mm	šířka 2 340 mm výška 2 577 mm	26 750 kg (tara 3 800 kg)	25

Zdroj: [20]

Pro lepší představu čtenáře jsou nákresy těchto základních typů kontejnerů ilustrovány níže na obrázku 5.



Obrázek 5 - Ilustrace základních typů kontejnerů ISO 1

Zdroj: [21]

Kromě již zmíněných kontejnerů řady ISO 1 jsou v multimodálním přepravním řetězci důležité také tyto typy:

- 1) **Vnitrozemské kontejnery** – oproti námořním kontejnerům jsou rozměry uzpůsobené pro efektivnější přepravu zboží na europaletách v rámci vnitrozemské dopravní sítě.
- 2) **Odvalovací kontejnery** – překládka probíhá horizontálně, není zde tedy požadavek na velmi nákladnou manipulační techniku.

Výměnné nástavby

Jedná se o ucelenou jednotku určenou výhradně pro vnitrozemskou kombinovanou přepravu, v Evropě poměrně rozšířenou zejména v její západní části. Její hlavní výhodou oproti kontejnerům je nižší hmotnost a větší ložná míra, ve většině případů však nástavby nelze stohovat. Její součástí jsou také 4 výsuvné nohy, díky čemuž je možné po příjezdu k vykládkové rampě využít tahač a nosič k jiné činnosti a nedochází tak ke zbytným prostojům. Pro manipulaci s nimi je ale zapotřebí speciálního zařízení, tzv. *kleštin*. [1]

Základní druhy výměnných nástaveb spadají do těchto 3 tříd:

- **Třída A** – tyto výměnné nástavby (délka 12,19 – 13,60 m) mají nosnost max. 34 t a dle normy ISO jsou vybaveny dolními přídavnými prvky v podélné vzdálenosti 40 stop (pro upevnění na silničním nebo železničním podvozku) a taktéž prvky pro manipulaci kleštinami i závěsnými prostředky.
- **Třída B** – nejsou uvedeny v technických normách, v ČR de facto bez širšího využití.
- **Třída C** – výměnné nástavby této třídy (délka 7,15 – 7,82 m) o max. nosnosti 16 t jsou obdobně jako u kontejneru o délce 20 stop vybaveny spodními přídavnými prvky ve stejné podélné vzdálenosti, také jsou uzpůsobeny pro manipulaci kleštinami. Jedná se obecně o nejběžněji používaný typ. [1]

Bimodální návěsy

Využívá se silniční návěs speciálně upravený pro napojení na samostatný železniční podvozek (šasi), od dubna 2017 takto funguje bimodální systém operátora *RailRunner* mezi Bratislavou a německým Braunschweigem. Překládka návěsů probíhá horizontálně, využití levnější manipulační techniky tedy vede k zajímavým úsporám, železniční šasi je navíc možné manipulovat pomocí vysokozdvížného vozíku a stohovat je. [22]

1.5 Subjekty v systému kombinované přepravy

Společnosti operující na multimodálním řetězci můžeme obecně typově rozdělit na operátory kombinované přepravy (*MTO*) a dopravce (případně provozovatele překladišť), pro účely této práce ještě budou uvedeny některé další subjekty figurující na trhu námořních zásilek.

1.5.1 Operátor kombinované přepravy

Jedná se o společnost organizující přepravu ucelených jednotek kombinované přepravy od odesilatele k příjemci, spolupracuje při tom se zasílateli, dopravci a provozovatelem vlaků. Operátor KP může být zároveň i dopravcem, provozovatelem vlaků nebo provozovatelem překladišť, od čehož se eventuálně odvíjí nabídka poskytovaných služeb. [1]

Na území ČR působí v současnosti tito hlavní operátoři (seřazeno abecedně):

- **Advanced World Transport, a.s.** – funguje zároveň jako provozovatel vlaků KP a překladiště Paskov, patří do polské skupiny *PKP Cargo* [23].
- **Argo Bohemia, s.r.o.** – je navíc provozovatelem překladiště v Kopřivnici.
- **Bohemiakombi, s.r.o.** – největší tuzemský operátor kombinované přepravy.
- **METRANS, a.s.** – také provozovatel kontejnerových vlaků a husté sítě terminálů (na území ČR konkrétně Česká Třebová, Ostrava-Šenov, Plzeň-Nýřany, Praha-Uhřetěves, Ústí nad Labem a Zlín, na území Slovenska potom terminál Dunajská Streda a Košice) [24].
- **PCP Intermodal logistics, s.r.o.** – provozovatel terminálu v Plzni (Koterov).
- **Rail Cargo Operator – CSKD, s.r.o.** – je také provozovatelem vlaků PK a překladišť v Mělníku a Přerově. [25]

1.5.2 Dopravce

Úlohou dopravce v multimodálním přepravním řetězci je vlastní realizace přepravy zboží v rámci daného dopravního módu (případně i napříč módy). Na tomto základě je také možné rozdělení do jednotlivých kategorií, pro účely této práce uvedeme pouze tyto klíčové:

- **Železniční dopravce** – dle statistik podílu přepravních výkonů za první 2 kvartály 2018 je na území ČR hlavním nákladním dopravcem *ČD Cargo, a.s.* (65,5%), za ním následují *Advanced World Transport, a.s.* (7,8%), *METRANS Rail, s.r.o.* (7,52%), *Unipetrol Doprava, s.r.o.* (3,58%), *IDS Cargo, a.s.* (2,66%) a další. [26]

- **Silniční dopravce** – většinou se jedná o nástupnické organizace bývalých ČSAD *n.p.* nebo ČSAD *s.p.*, právnické nebo fyzické osoby s platnou koncesí, operátory KP nebo zasílatele (rovněž s platnou koncesí). [1]
- **Námořní dopravce (rejdař)** – v kombinované dopravě se převážně jedná o liniové rejdaře provozující pravidelné přepravy kontejnerů mezi určitými přístavy za předem daných tarifních sazeb a plavebních řádů (*sailing lists*) [2].

V tabulce 4 nalezneme přehled deseti současně největších liových rejdařů dle číselných dat z roku 2017:

Tabulka 4 - Největší linioví rejdaři

	Název společnosti	Počet lodí	Kapacita [TEU]	Podíl na globálním trhu
1	Maersk Line	621	3 201 871	16,0 %
2	Mediterranean Shipping Company	469	2 935 464	14,6 %
3	CMA-CGM	441	2 220 474	11,1 %
4	China Ocean Shipping Company	277	1 603 341	8,0 %
5	Hapag-Lloyd	180	1 038 483	5,2 %
6	Evergreen	186	995 147	5,0 %
7	Orient Overseas Container Line	107	666 558	3,3 %
8	Hamburg-Süd	116	594 008	3,0 %
9	Yang Ming	100	588 389	2,9 %
10	United Arab Shipping Company	56	546 220	2,7 %

Zdroj: [27]

1.5.3 Zasílatel (speditér)

Speditérská společnost odpovídá za přepravu zboží pro příkazce za úplaty, přičemž přepravu obstarává vlastním jménem (jako odesílatel je uvedena i v nákladním listu) a na účet příkazce na základě uzavření zasilatelské smlouvy. Kromě samotné přepravy patří do nabídky speditérských služeb i celní služby, skladování, manipulace, pojištění a jiné [3].

1.5.4 Broker (agent rejdaře)

Zásadní funkcí rejdařského agenta je zprostředkování jednání o nájmu lodního prostoru u rejdaře za účelem urychlení, usnadnění a zefektivnění tohoto procesu. [2]

Často tuto funkci plní *NVOCC operátoři* (viz dále), kteří zároveň odpovídají za efektivní konsolidaci kusových zásilek pro maximální využití prostor kontejneru.

1.5.5 NVOCC operátor

Nezávislý agent námořních liových společností (*non-vessel operating common carrier*, dále jen NVOCC operátor) působí na trhu jako dopravce a konsolidátor námořních zásilek a zajišťuje přepravu zejména kusových zásilek od odesilatele k příjemci.

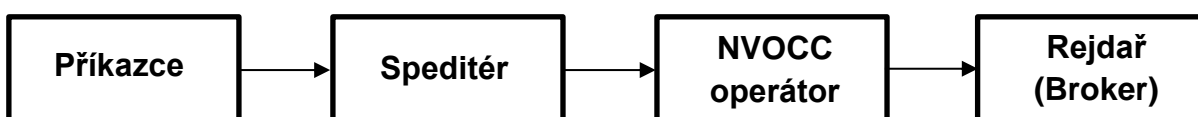
Vyznačuje se těmito charakteristickými prvky:

- 1) není vlastníkem ani provozovatelem jediného plavidla,
- 2) vystavuje vlastní přepravní dokumenty,
- 3) nese odpovědnost za přepravované zboží,
- 4) může provozovat vlastní či pronajaté kontejnery,
- 5) jeho klientelu tvoří převážně speditéři,
- 6) může pro speditéry vypisovat vlastní tarifní sazby. [7]

Hlavní přidanou hodnotou nabízených služeb NVOCC operátora je samotná možnost přepravy kusových zásilek LCL (*less than container load*) prostřednictvím námořní kontejnerové přepravy za přijatelnou cenu, jelikož pro menší zasílatele je u mnohých takovýchto zásilek problematické splnit minimální potřebný objem zboží pro soulad s tarifními podmínkami rejdařů nebo je výsledná přeprava příliš nákladná. [7]

Díky spolupráci s rejdaři a efektivní konsolidaci kusových zásilek (lze označit i jako provozování *sběrné námořní přepravy*) tedy může NVOCC operátor nabídnout klientům konkurenceschopné tarifní sazby a víceméně garantovaný plán lodění zásilek ze všech obsluhovaných přístavů včetně přibližných tranzitních časů námořní i pozemní části přepravy.

Na obrázku 6 vidíme názorné schéma spolupráce subjektů pro přepravu kusových námořních zásilek. Je z něj patrné, že NVOCC operátoři působí jako spojovací články mezi speditérskými společnostmi a rejdaři.



Obrázek 6 - Spolupráce jednotlivých subjektů námořních LCL zásilek Zdroj: [7]

NVOCC operátora v pravém slova smyslu nazveme neutrálním, jelikož realizuje přepravy pro speditéry, nikoliv přímo pro příkazce (většinou majitele zboží), čímž v podstatě menším a středním speditérským společností umožňuje v tomto segmentu přepravního trhu fungovat.

Na českém a slovenském trhu působí v době psaní této práce tyto hlavní NVOCC operátoři:

- **Austromar, s.r.o.** – tento operátor je součástí skupiny OSK a na českém i slovenském trhu působí od roku 1994. Kromě standardních námořních LCL a FCL (*full container load*) přeprav nabízí i vodní přepravy v rámci Evropy (*Shortsea*), konvenční lodění, nadrozměrné přepravy nebo železniční LCL a FCL servis z čínského Zhengzhou [28].
- **Boxline UCL, d.o.o.** – klíčová společnost této diplomové práce, na českém a slovenském trhu působí od podzimu 2016, na jaře 2018 pak došlo k akvizici konkurenčního operátora *FPS Famous Pacific Shipping, s.r.o.* a tím i k významnému rozšíření nabízeného servisu. Podrobnější informace v kapitole 2.
- **ECU Worldwide (CZ), s.r.o.** – jeden z největších globálních operátorů zajišťujících přepravy pro více než 500 destinací, na českém trhu působí od roku 2003. Nabízí hustou síť pro přepravu LCL i FCL zásilek, má rovněž dlouhodobé zkušenosti se zprostředkováním letecké nákladní přepravy. [29]
- **SACO Shipping GmbH** – německý operátor se základnou v Hamburgu a pobočkami v Brémách, Duisburgu, Vídni, Basileji, Praze, Bratislavě a Budapešti. Klientům nabízí 85 přímých spojení pro LCL i FCL zásilky, ve spolupráci se svými partnery se pak nabídka rozšiřuje až na cca 190 přímých spojení. [30]

Poměrně často dochází k případům, že status NVOCC operátora získají pro přepravy na relacích s dostatečným objemem nákladu i velké nadnárodní speditérské firmy, které si díky vlastnímu vyřízení celých kontejnerů (tzn. zásilky FCL) mohou objednat lodní kapacitu za výhodných podmínek přímo u rejdaře. Tím pochopitelně dosáhne určitých úspor nákladů z nevyužití služeb neutrálního NVOCC operátora a přímé rychlejší komunikace s rejdaři a pozemními dopravci. [7]

1.6 Obchodní podmínky

V této podkapitole jsou vysvětleny základy mezinárodních pravidel pro výklad obchodních doložek INCOTERMS a dále jsou zde taktéž uvedeny typy tarifů v kombinované přepravě.

1.6.1 INCOTERMS 2010

Při uzavření kupní smlouvy v mezinárodním obchodu lze narazit na poměrně zásadní problém, kterým jsou různé dodací podmínky (doložky) platné v jednotlivých státech, přičemž tyto podmínky slouží k určení povinnosti na straně prodávajícího a kupujícího, konkrétně:

- 1) okamžik, místo a způsob přechodu výloh a rizik spojených s přepravou z prodávajícího na kupujícího,
- 2) okamžik, místo a způsob předání zboží kupujícímu,
- 3) další povinnosti obou zúčastněných stran při zajišťování dopravy, nákladky a vykládky zboží, průvodních dokladů, pojištění, kontroly, celního odbavení apod. [4]

Za účelem sjednocení interpretace dodacích doložek pro mezinárodní přepravu zboží tedy byly v roce 1936 *Mezinárodní obchodní komorou v Paříži* vydány nezávazné univerzální dodací doložky INCOTERMS (*International Commercial Terms*), které jsou průběžně stejnou institucí zhruba každých 10 let aktualizovány. V době psaní této práce je používána verze INCOTERMS 2010 (vstoupila v platnost 1. ledna 2011) [31].


Dodací doložky INCOTERMS 2010 lze rozdělit do těchto základních skupin:

- **Skupina E** – minimální odpovědnost a riziko prodávajícího, předává zboží kupujícímu ve svém závodě nebo na jiném sjednaném místě (podmínka EXW).
- **Skupina F** – prodávající není odpovědný za sjednání přepravních podmínek a za úhradu hlavního přepravného (podmínky FCA, FAS a FOB).
- **Skupina C** – prodávající je odpovědný za sjednání přepravních podmínek a za úhradu přepravného, nenese však rizika spojená s touto přepravou (podmínky CFR, CIF, CPT a CIP).
- **Skupina D** – prodávající je odpovědný za dodání zboží, nese veškeré náklady a rizika spojená s přepravou do místa určení (podmínky DAP, DAT, DDP). [32]

Ze všech těchto jedenácti podmínek uvedených v závorkách jsou FAS, FOB, CFR a CIF určeny pro námořní a vnitrozemskou vodní přepravu, ostatní pravidla jsou vhodná pro jakýkoliv dopravní mód.

Kompletní přehled všech doložek INCOTERMS 2010 je uveden na obrázku 7, kde jsou barevně vyznačeny prvky, za které nese v daném úseku přepravy odpovědnost dodavatel (*seller*) nebo zákazník (*buyer*), směr přepravy je zde zleva doprava.

Význam barev: *světle modrá* – přepravní náklady, *žlutá* – rizika, *oranžová* – pojištění. Odpovědnost zákazníka za daný prvek je vždy označena *tmavě modře* bez ohledu na typ.



DESCRIPTION	SELLER		BUYER	
EXW Ex Works	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
FCA Free Carrier	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
CPT Carriage Paid to	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
CIP Carriage and Insurance Paid to	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
DAT Delivered at Terminal	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
DAP Delivered at Place	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
DDP Delivered Duty Paid	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
FAS Free Alongside Ship	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
FOB Free on Board	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
CFR Cost and Freight	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
CIF Cost, Insurance and Freight	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER
	SELLER			BUYER

Obrázek 7 - Kompletní přehled dodacích doložek INCOTERMS 2010

Zdroj: [33]

Na základě praktických zkušeností lze obecně říci, že většina importních LCL námořních zásilek objednaných speditéry je realizována na podmínce FOB, případně EXW a FCA. Pro občasné přepravy řešené po příplutí do evropského přístavu napřímo s přepravcem jsou nejčtenější doložky CFR a DAP.

Pro účely řešení úlohy v této práci budeme brát v potaz pouze podmínku FOB, tedy *Free on board* (vyplaceně k boku lodi), přičemž na dokumentech typu konosament nebo obchodní faktura se běžně používá ve spojení s místem doručení (např. *FOB Prague*).

Hlavními body podmínky FOB jsou:

- Kupující má povinnost zajistit přepravu a informovat prodávajícího o lodi, přístavu lodění a datu, dokdy musí zboží dodat do přístavu.
- Kupující musí taktéž zajistit na vlastní náklady a riziko všechny požadované dovozní licence.
- Prodávající musí dodat zásilku na palubu lodi, v tomto okamžiku přecházejí veškerá rizika i náklady spojené s přepravou na kupujícího. [32]

Celková sazba za přepravu se speditérské společnosti fakturuje standardně až po převzetí zboží koncovým zákazníkem.

1.6.2 Cenotvorba v KP

Trh multimodálních přeprav je plně liberalizován, ceny za nabízené služby jsou tedy smluvní a odvíjí se od aktuálních tarifních sazebníků jednotlivých subjektů.

Základní struktura celkové smluvní ceny za přepravu zásilky z místa odeslání do místa dodání vypadá zhruba takto:

- součet cen za přepravu jednotlivými dopravními módy,
- součet dalších poplatků a přírážek spojených s přepravou,
- součet překladištních a přístavních poplatků,
- součet poplatků za doplňkové služby (spediční, celní, logistické apod.),
- provize zasilatele a operátora KP. [1]

Časová platnost tarifních sazeb je značně variabilní v závislosti na subjektu řetězce KP. V případě námořních kusových zásilek lze z pohledu praxe platnost sazeb rozdělit takto:

- **rejdař nebo jeho agent** – platnost námořních sazeb zhruba 1 až 2 měsíce,
- **provozovatel překladiště (přístavu)** – platnost ceníků většinou 1 kvartál (3 měsíce),
- **provozovatel vlakové KP** – ceníky jsou platné standardně 1 rok,
- **provozovatel silniční nákladní dopravy** – zde jsou ceny zpravidla smluvní.

1.6.3 Nebezpečné zboží

Druhy přepravovaného zboží lze podle rizikovosti všeobecně rozdělit následovně:

- 1) **Běžný náklad** (*general cargo*) – zboží bez zvláštních vlastností ovlivňujících bezpečnost přepravy, dopravce nevyžaduje speciální dokumentaci.
- 2) **Citlivé zboží** (*sensitive goods*) – zboží vyžadující zvýšenou pozornost, pro přepravu je nutné dodání speciální dokumentace a schválení ze strany dopravce. Jedná se např. o baterie, různá léčiva, ředidla, sportovní zbraně apod.
- 3) **Nebezpečné zboží** (*dangerous goods – dále jen DG*) – zboží, které může svými fyzikálními, chemickými nebo jinými vlastnostmi ohrozit bezpečnost přepravy, zdraví osob a životní prostředí. Je nutné jej přepravovat, manipulovat i skladovat podle daných bezpečnostních norem. Obal zboží musí být zřetelně označen příslušným symbolem z unifikovaného seznamu tříd, je zde vyžadována speciální dokumentace.

Pro každý mód dopravy existují mezinárodní dohody o přepravě nebezpečného zboží, pro účely této práce zmíníme nejdůležitější z nich:

- **ADN** – mezinárodní předpisy pro přepravy *DG* po vnitrozemské dopravní cestě,
- **ADR** – evropská dohoda týkající se silničních přeprav *DG*,
- **IMDG** – mezinárodní předpis pro námořní přepravy *DG*,
- **RID** – řád pro mezinárodní přepravu *DG* po železniční dopravní cestě.

Doprovodce vyžaduje po příkazci pro přepravu nebezpečného zboží *bezpečnostní list* (neboli *MSDS – Material Safety Data Sheet*), kde musí být uvedeny informace týkající se zejména druhu a nebezpečnosti zboží, fyzikálních a chemických vlastností, způsobu zacházení se zbožím, opatřeními při úniku látek apod. [7]

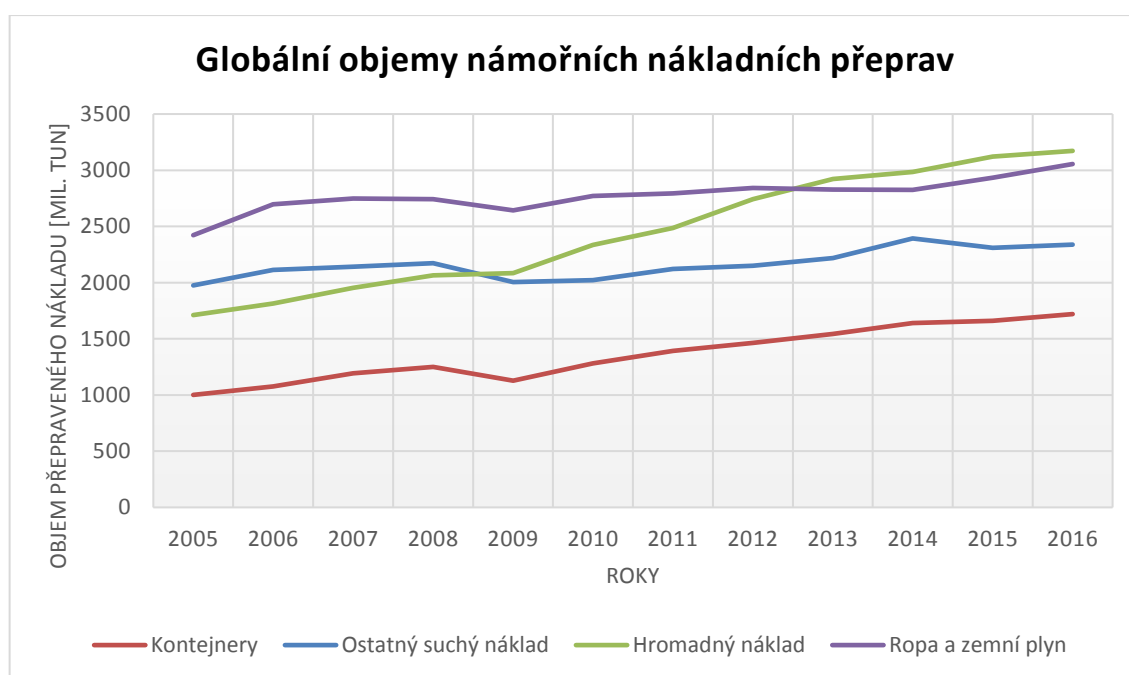
1.7 Současný vývoj

Aktuální dění na trhu multimodální přepravy všeobecně závisí na situaci na globálním trhu dané především rozvojem ekonomik jednotlivých regionů a tím i poptávkou po komoditách v různých místech výroby, zpracování nebo spotřeby.

Růst světového trhu pokračuje od poslední globální ekonomické krize v roce 2009 víceméně stabilním tempem, a i přes nedávné mírné zpomalení by se dle vyjádření *World Bank* měl během roku 2018 udržet na hodnotě 3,8 % a během následujících 2 let pozvolna opět zpomalit.

Mezi hlavní lídry na poli mezinárodního obchodu s komoditami podle aktuálních dat z *Eurostatu* stále patří v sestupném pořadí EU, Čína a USA, přičemž celkovému exportu dominuje Čína, importu pak USA. V případě mezinárodních obchodních aktivit EU (kromě vnitřního obchodu) je hodnota exportu i importu víceméně vyrovnaná.

Z hlediska vývoje nejvýznamnějšího článku globálního multimodálního přepravního řetězce, tj. námořní přepravy, dochází k nárůstu objemů přeprav u všech typů nákladů, nejvíce pak u těch hromadných (převážně uhlí, železná ruda apod.), což pravděpodobně souvisí se zvýšenou výrobou, významný nárůst však lze zaznamenat i u kontejnerových zásilek. Kompletní srovnání těchto hodnot mezi roky 2005 a 2016 je znázorněno na obrázku 8.



Obrázek 8 - Vývoj objemů námořních nákladních přeprav v letech 2005-2016

Zdroj: [27]

2 Analýza společnosti Boline UCL

Jako jeden ze čtyř NVOCC operátorů na českém a slovenském trhu zde organizační složka firmy *Boline United Cargo Link, d.o.o.* za své relativně krátké období působnosti zažívá poměrně dynamický vývoj a nabízí speditérským společnostem široké spektrum služeb spojených s multimodální přepravou importních a exportních LCL i FCL zásilek, především s využitím námořní dopravy.

2.1 Vývoj společnosti

Z hlediska historického vývoje situace vedoucí k rozšíření služeb na český a slovenský trh lze za dobu působení mateřské firmy *Boline UCL* na evropském trhu definovat následující důležité milníky:

- 1) **Založení společnosti** (1986) – firma byla založena v Miláně bratry *Carlo* a *Sandro Milani*, již od začátku vystupovala jako nezávislý agent námořních liniových rejdařů a zprvu byly její tržní aktivity směřovány zejména k organizaci přeprav celokontejnerových (FCL) zásilek. Hlavní centrála společnosti se nachází v Miláně, většina zásilek je směřována přes italský přístav *Janov*.
- 2) **Vznik druhé centrály společnosti** (2008) – v tomto roce byla založena sekundární kancelář ve slovinském městě Sežana v relativní blízkosti přístavu Koper, přes který v té době společnost *Boline UCL* začala jako první NVOCC operátor směřovat importní i exportní námořní zásilky pro zákazníky ve středovýchodní Evropě. [7]
- 3) **Založení pražské kanceláře pro český a slovenský trh** (2016) – v rámci postupného rozšiřování nabízeného servisu v zemích střední Evropy při stabilně rostoucí poptávce ze strany speditérů došlo po založení pobočky v sousedním Rakousku k vytvoření organizační složky (odštěpného závodu) slovinské centrály v Praze *Boline UCL, d.o.o.*, která má pokrývat potřeby českého a slovenského trhu.
- 4) **Fúze pražské pobočky s českou pobočkou FPS** (2018) – během jara tohoto roku došlo k fúzi s pobočkou konkurenčního NVOCC operátora *FPS Famous Pacific Shipping, s.r.o.*, díky čemuž má nyní společnost možnost širší spolupráce s agenty liniových rejdařů včetně nových linek pro import a export. Současně tím společnost přebírá většinu dosavadní klientely bývalé pobočky *FPS*, čímž skokově narostl objem přepravovaných námořních zásilek a vyžádal si tak personální i organizační změny.

2.2 Nabízené služby

Konkurenční prostředí tuzemského trhu tvořené nejen ostatními NVOCC operátory (*Austromar, ECU Worldwide a SACO Shipping*), ale i nadnárodními speditérskými společnostmi, které díky velkým objemům vlastních zásilek mohou objednávat celokontejnerové zásilky přímo u rejdařů, nutí pochopitelně i společnost *Boxline UCL* neustále rozšiřovat nabídku poskytovaných služeb a zlepšovat jejich kvalitu.

Pro speditérské společnosti na území ČR a Slovenska nabízí pražská pobočka *Boxline UCL, d.o.o* v době psaní této práce následující portfolio služeb:

2.2.1 Námořní zásilky

Hlavní obchodní aktivity společnosti tvoří přeprava námořních zásilek směřovaných importně i exportně, v největší míře jsou pak zastoupeny tyto druhy (sestupně):

- **Importní LCL námořní zásilky** – převážnou většinu z nich tvoří importní artikly z Číny, Indie a zemí jihovýchodní Asie. Díky dostatečnému týdennímu objemu zboží je lze z přístavů *Shenzen, Ningbo, Shanghai, Qingdao, Hong Kong* nebo *Kaohsiung* zasílat v přímých kontejnerech přes přístav Koper (případně Hamburg) na sklad v Praze nebo Brně, což v ideálním případě zkrátí tranzitní čas pozemní části přepravy. Z hlavních přístavů je u rejdařů využíván přímý servis s frekvencí 1x týdně převážně do přístavu Koper.
- **Exportní LCL námořní zásilky** – v nabídce je rovněž využívaný servis vývozních zásilek zahrnující 7 přímých spojení s frekvencí 1x týdně, a sice v relacích z přístavu Koper do přístavů *Alexandria, Ashdod, Singapore, Shanghai, Hong Kong a Nhava Sheva*, do dalších destinací je k dispozici nepřímý servis s nutností překládky.
- **Importní FCL námořní zásilky** – tento typ zásilek je zpravidla poptáván hlavně obchodními partnery (NVOCC operátory) z Indie a Číny. Jak už bylo řečeno, tuzemské nadnárodní i menší speditérské společnosti mohou přepravu FCL zásilek objednávat u rejdařů bez nutnosti zprostředkovatele, a tím v důsledku za nižší náklady.
- **Exportní FCL námořní zásilky** – jedná se víceméně o obdobný případ jako u importních FCL zásilek, síť možných přístavů zůstává stejná.

2.2.2 Železniční zásilky

Zajímavým doplňkem nejvyužívanějších přeprav importních zásilek z Číny je možnost přepravy železničních LCL i FCL zásilek z čínského nákladního terminálu *Zhengzhou* na terminál v německém Mnichově nebo v polské Varšavě s využitím transkontinentálního železničního koridoru vedoucího přes území Kazachstánu, Ruska, Běloruska, Polska a Německa. Frekvence železničních spojů je 1x týdně.

Hlavní výhodou oproti variantě s využitím námořní přepravy je kratší tranzitní čas, který činí z terminálu *Zhengzhou* na terminál v Mnichově pouhých 15-17 dní oproti 30-33 dnům z nejbližších čínských přístavů *Qingdao* nebo *Shanghai* do přístavu Koper, tranzitní čas na terminál v Praze / Brně / Bratislavě je následně 1 den [interní data].

2.2.3 Ostatní služby

Součástí samotné přepravy jsou u námořních zásilek také speditérské a celní služby spojené s překládkou v přístavu příplutí, následnou manipulací v cílovém terminálu a předplacenými skladovacími službami po dobu 5 dní od příjezdu zásilky.

- **Celní odbavení** – společnost disponuje možností celního odbavení při vstupu do ČR ve všech skladech (Praha, Brno, Ostrava, Bratislava) prostřednictvím smluvní celní deklarace. Tato služba zahrnuje vystavení tranzitního dokumentu *T1* na celní úřad dle preference zákazníka nebo kompletní vyclení do volného oběhu na doklad *JSD*. V případě clenění přes vlastní celní deklaraci je zákazníkovi k tomuto účelu předáno souhrnné celní prohlášení (*SCP*) k zásilkám dovezeným sběrnou pozemní dopravou z přístavu (nejčastěji ze Slovinska) s vyznačenou položkou.
- **Skladování a paletizace** – ve všech skladech smluvních partnerů jsou poskytovány skladovací, paletovací i balicí služby dle jednotného tarifu.
- **Přeprava nebezpečného zboží** – podle dané třídy zboží je nabízena i přeprava nebezpečných a citlivých položek, ve většině případů se jedná o baterie, barvy, ostatní chemické látky nebo airsoftové zbraně.
- **Přeprava leteckých kusových zásilek** – přestože není letecká doprava v multimodálních přepravách z důvodu vysokých nákladů příliš využívána, nabízí společnost Boxline UCL i tuto službu poptávanou tuzemskými i asijskými spedicemi.

3 Současný stav trasování zásilek

Společnost Boxline UCL od založení pražské organizační složky provozuje prostřednictvím svých smluvních partnerů celkem 4 sklady (Praha, Brno, Ostrava, Bratislava), v případě zásilek s většími rozměry beden má také možnost odbavení v záložním pražském skladu, který má k dispozici odpovídající technické prostředky.

Pro zákazníky ve střední a východní Evropě trasuje zásilky prioritně přes přístav Koper, na území ČR a Slovenska však lze po fúzi se společností *FPS* využít v určité míře i alternativní možnosti, a sice trasy vedoucí přes přístavy *Hamburg* a *Rotterdam*. Na sklad v Bratislavě jsou však vzhledem k nižším objemům zásilek a geografickému umístění terminálu zásilky trasovány standardně pouze přes Koper.

3.1 Síť přístavů odplutí pro importní zásilky

Soubor všech nabízených přístavů odplutí zde bude přehledně rozdělen do kategorií na hlavní přístavy s přímým trasováním přeprav do evropských přístavů a na přístavy ostatní, z nichž bude podrobněji popsána oblast zkoumání pro úlohu v této práci.

3.1.1 Přímý servis

Nabídka hlavních přístavů odplutí pro importní zásilky s přímým servisem do přístavů Koper, Hamburg nebo Rotterdam vypadá takto (tučně zvýrazněny přístavy s přímými kontejnery do ČR):

- 1) **Čína** – *Dalian, Foshan, Fuzhou, Guangzhou, **Hong Kong**, Huangpu, Jiangmen, Ningbo, Qingdao, Shanghai, Shantou, **Shenzen**, Shunde, Wenzhou, Xiamen, Xingang, Yantian, Zhongshan, Zu Hai.*
- 2) **Indie** – *Chennai, Delhi, Mumbai (Nhava Sheva), Cochin, Calcutta, Tuticorin.*
- 3) **Jižní Korea** – *Busan / Seoul.*
- 4) **Singapur** – Singapore.
- 5) **Tchaj-wan** – ***Kaohsiung** / Keelung.* [interní data]

3.1.2 Nepřímý servis

Přehled části ostatních přístavů odplutí bez přímého servisu je uveden zde:

- 1) **Blízký východ a příbřežní přepravy** – *Karachi, Bahrain, Haifa, Aqaba, Kuwait, Beirut, Doha, St. Petersburg, Jeddah, Istanbul, Dubai.*
- 2) **Severní a Jižní Amerika** – *Montreal, Toronto, Vancouver, Chicago, Houston, New York, Buenos Aires, Santos, Valparaiso, Cartagena, San Jose, Guayaquil, Altamira, Veracruz, Colon, Asuncion, Callao, Montevideo.*
- 3) **Afrika** – *Alexandria, Casablanca, Cape Town, Durban, Johannesburg.* [interní data]

Na závěr tohoto přehledu bude podrobněji rozepsána nejpočetnější množina přístavů s nepřímým servisem, a sice přístavy z oblasti jihovýchodní a východní Asie a Austrálie, které jsou seřazeny abecedně v tabulce 5 včetně názvu příslušného státu, ve kterém se nacházejí.

Tabulka 5 - Přehled přístavů odplutí z oblasti Austrálie, jihovýchodní a východní Asie

	Přístav	Stát		Přístav	Stát
1	AUCKLAND	Nový Zéland	18	MELBOURNE	Austrálie
2	BALI	Indonésie	19	NAGOYA	Japonsko
3	BANGKOK	Thajsko	20	OSAKA	Japonsko
4	BELAWAN	Indonésie	21	PASIR GUDANG	Malajsie
5	BRISBANE	Austrálie	22	PENANG	Malajsie
6	CEBU	Filipíny	23	PHNOM PENH	Kambodža
7	DANANG	Vietnam	24	PORT KELANG	Malajsie
8	FREMANTLE	Austrálie	25	SEMARANG	Indonésie
9	HAIPHONG	Vietnam	26	SIBU	Malajsie
10	HO CHI MINH	Vietnam	27	SIHANOUKVILLE	Kambodža
11	CHITTAGONG	Bangladéš	28	SURABAYA	Indonésie
12	INCHON	Jižní Korea	29	SYDNEY	Austrálie
13	JAKARTA	Indonésie	30	TAICHUNG	Tchaj-wan
14	KOBE	Japonsko	31	TOKYO	Japonsko
15	KOTA KINABALU	Malajsie	32	YANGON	Barma
16	KUCHING	Malajsie	33	YOKOHAMA	Japonsko
17	MANILA	Filipíny			

Zdroj: Interní data

Na obrázku 9 je znázorněno geografické uspořádání všech 33 přístavů ze zmíněné oblasti, každý z nich je zde označen příslušným číslem uvedeným v tabulce 5.

Červenou barvou jsou zvýrazněny přístavy překládek, přes které je možné prostřednictvím 4 rejsdařských agentů tyto zásilky směřovat do evropských přístavů:

- **Hong Kong (HKG)** – z tohoto přístavu je možné trasování přímého kontejneru do ČR přes *Hamburg (Agent 1)* nebo kontejneru do přístavu *Koper (Agent 2)*.
- **Singapore (SIN)** - trasování kontejneru do přístavu *Koper (Agent 3)*.

Rejsdařský Agent 4 nabízí tarify s různým trasováním přímo do přístavu *Rotterdam (RTM)*.



Obrázek 9 - Prostorové uspořádání přístavů oblasti Austrálie, JV a V Asie

3.2 Pozemní část přepravy

V závislosti na objemu zásilek směřovaných na sklady v ČR a na Slovensku ze všech 3 dostupných přístavů příplutí jsou provozovány pravidelné i nepravidelné linky kamionové nebo vlakové nákladní dopravy:

- **Hamburg** (Německo) - rejdař realizující přepravu do tohoto přístavu nabízí cenově relativně výhodnou možnost svozu celého kontejneru na terminál v Praze nebo Brně prostřednictvím smluvního provozovatele vlakové KP s frekvencí 1 spoj týdně pro každou z variant. Pro tento přístav však také platí omezení z důvodu zákazu importu zbraní a střeliv na území Německa, rejdařský *Agent 1* navíc neumožňuje přepravu baterií, pro tyto typy nákladu je tedy nutné trasování přes zbylé 2 přístavy.
- **Rotterdam** (Nizozemsko) – zde dochází k dekompozici kontejnerů a tvorbě kompletů zásilek podle cílové země, 1x týdně je odtud vypraven spoj kamionové dopravy na sklad v Praze bez ohledu na objem nashromážděných zásilek v kompletu. V případě, že většina zásilek v kompletu je směřována do Brna, je možné tento kamion přesměřovat přímo na příslušný sklad, v praxi je to však spíše výjimečná situace.
- **Koper** (Slovinsko) – tento přístav je hlavní branou pro zásilky do střední a východní Evropy, v sekundární centrále společnosti (město *Sežana*) tedy probíhají dekompozice kontejnerů, podle objemu zásilek do příslušného cílového skladu je poté vypravován 1 až 2 spoje kamionové dopravy do hlavních skladů (Praha, Brno, Bratislava) týdně, v občasných případech většího množství zásilek určených do Ostravy a okolí je spoj do Brna prodloužen až na ostravský sklad (v úloze ho však z důvodu malého obrátu zásilek nebudeme brát na zřetel). Přes tento přístav jsou rovněž trasovány přímé kontejnery do ČR ze zmíněných hlavních přístavů východní Asie, a sice s využitím služeb provozovatele vlakové KP, který dle aktuální dostupné kapacity nabízí 1 až 2 vlakové spoje týdně.
- **Sběrná doprava v rámci ČR** – jelikož jsou zásilky z přímých kontejnerů do ČR v drtivé většině případů směřovány i na jiný než cílový sklad kontejneru, vznikla zde při velkých objemech zásilek nutnost zřízení pravidelných svozů těchto zásilek mezi sklady Praha a Brno s frekvencí 2 spoje týdně. Tyto přepravy jsou realizovány s využitím nákladního automobilu s kapacitou 18 EPAL / 9 t, v naší úloze má smysl uvažovat pouze směr Praha -> Brno zejména pro zásilky trasované přes přístav Rotterdam.

Na obrázku 10 jsou znázorněny silniční nebo železniční spoje zajišťující svoz námořních zásilek z přístavů příplutí na sklady společnosti *Boxline UCL* a mezi hlavními sklady v ČR. (Význam užitých zkratk: RTM – Rotterdam, HAM – Hamburg, KOP – Koper, PRG – Praha, BRN – Brno, BTS – Bratislava, OVA – Ostrava)



Obrázek 10 - Schéma pozemní části přepravy námořních zásilek

Zdroj: Google Maps, autor

Jak vyplývá z poznatků a ilustrací v této kapitole, ani pro zkušeného zaměstnance není snadným úkolem vybrat pohotově pro přepravu z jednoho ze 33 přístavů odplutí do daného skladu vhodnou variantu trasování z hlediska minimalizace přepravních a manipulačních nákladů nebo celkového tranzitního času. Uvážíme-li kromě množství alternativ také dynamický vývoj tarifních sazeb rejdařských agentů, které jsou aktualizovány zpravidla každý měsíc a vzhledem k relativně vyrovnaným cenovým nabídkám napříč konkurenčními agenty mohou i drobné změny vést ke zcela odlišnému výsledku podoby nejvýhodnější trasy.

Smyslem této práce tedy bude konstruktivní návrh řešení takto vzniklého problému zaměřené zejména na rychlost a jednoduchost provedení, přičemž musí zohlednit časté aktualizace tarifů i případné budoucí změny ve struktuře celé této sítě.

4 Návrh řešení úlohy výběru vhodného trasování

Stěžejní úlohou této diplomové práce je vytvoření nástroje pro rychlé vyhodnocení nejlevnější nebo nejrychlejší varianty trasování námořní LCL zásilky z oblastí východní a jihovýchodní Asie a Austrálie (z přístavů bez přímého servisu do ČR) na vybraný sklad společnosti Boxline UCL v Praze, Brně a Bratislavě.

Vhodná varianta bude vybrána na základě výpočtu dle upraveného souboru relevantních vstupních dat a několika omezujících podmínek, přičemž výstupem bude rozpis vhodného trasování zásilky přes konkrétní přístavy nebo sklady, odpovídající náklady (časové nebo peněžní) a rejdařský agent, přes kterého bude přeprava objednána.

4.1 Charakteristika úlohy

Hlavními důvody, které v závislosti na nedávno uskutečněnou akvizici české pobočky *FPS Famous Pacific Shipping, s.r.o.* vyvolaly potřebu vzniku tohoto řešení, jsou:

- rozšíření globální nabídky importních i exportních námořních přeprav a možností trasování přes další evropské přístavy (Hamburg a Rotterdam),
- skokový nárůst objemů přeprav a zvýšení nároků na lidské zdroje,
- potřeba racionalizace trasování LCL zásilek s nepřímým servisem za účelem zachování konkurenceschopných tarifních sazeb,
- zdlouhavý proces ručního porovnávání variant pro každou poptávanou přepravní relaci při poměrně častých změnách hodnot proměnných,
- vzájemná vyrovnanost tarifních sazeb různých rejdařských agentů znemožňuje rychlý kvalifikovaný odhad vhodné varianty trasování.

4.1.1 Požadavky na řešení

S přihlédnutím k náplni práce a celkovému pracovnímu vytížení uživatele lze definovat tyto základní požadavky na výsledné řešení:

- uživatelsky přívětivé prostředí, nejlépe platforma, se kterou uživatel pracuje na denní bázi a dobře se v ní orientuje,
- přehlednost vstupních datových souborů a možnost jejich rychlé aktualizace,
- snadná editace řešení v případě strukturních změn sítě možných tras,

- rychlý a přehledný rozpis nejvýhodnějších variant trasování umožňující uživateli objektivní vyhodnocení situace a případně i výběr vhodnějšího přístavu odplutí a cílového skladu dle specifických podmínek zásilky.

Pro tyto potřeby se jako vhodnou platformou pro řešení této úlohy jeví tabulkový kalkulátor *Microsoft Excel*, pro který není u zaměstnance třeba speciálního školení, vstupní data lze snadno editovat přímo v tabulce, kde je rovněž možnost matematického či logického provázání jednotlivých buněk a vytvoření grafického rozhraní dle vlastní potřeby.

Programová část úlohy (výpočet pomocí algoritmu) bude realizována v podobě skriptu (*makra*) v jazyku *Visual Basic for Applications (VBA)*, který je vloženo součástí této platformy. Uveden bude i alternativní přístup k řešení bez užití programovacího jazyka.

4.1.2 Vstupy a výstupy úlohy

Vstupními daty budou hlavní složky nákladů na přepravu LCL zásilky s dodací podmínkou FOB, tzn. námořní tarifní sazba za úsek z přístavu odplutí do přístavu, kde dojde k překládce do jiného kontejneru, manipulační poplatky za překládku, námořní sazba za úsek do evropského přístavu, opět manipulační poplatky a posléze vlaková nebo silniční tarifní sazba na přepravu z přístavu do jednoho ze tří vnitrozemských skladů. Všechny sazby budou vloženy v jednotné měně USD (*americký dolar*), hodnoty budou vztaženy na přepravní jednotku 1 metrickou tunu (t) nebo kubický metr (*cbm*), tzn. *W/M (weight or measure)*, v úvahu se bere vždy větší z těchto hodnot. Pro výpočet celkové ceny za přepravu se taktéž zadávají konkrétní rozměry zásilky. Časové údaje budou značit tranzitní časy pro překonání každého z úseků a čas potřebný na překládku, základní jednotkou budou dny.

Omezující podmínky spočívají v druhu zboží (určité typy nebezpečného zboží nebudeme trasovat přes území Německa) a ve velikosti zásilky (záruka minimální velikost zásilky 1 cbm a zajištění přepravy jako FCL zásilku při překročení hodnoty 25 cbm nebo 10 tun).

Výstupem úlohy bude množina všech aktuálně časově a nákladově nejvhodnějších tras z každého výchozího přístavu do každého ze tří vnitrozemských skladů, přičemž uživateli se na základě výběru výchozího přístavu zobrazí pouze příslušné možnosti pro tento přístav včetně jednotkových nákladů a vybraného rejdařského agenta, podle zadaných rozměrů zásilky se rovněž zobrazí celková orientační cena za přepravu.

4.2 Schéma postupu řešení

Autorem navržený postup konstrukce a řešení úlohy se skládá z těchto dílčích kroků:

- 1) **Sběr dat** – definice všech relevantních prvků systému (množina přístavů, skladů, rejdařských agentů a nabízených tras), výběr vhodného souboru vstupních dat a přepočítání přepravních tarifů na jednotkovou cenu v USD za W/M .
- 2) **Konsolidace dat** – redukce množiny prvků systému, tzn. objektivní vyloučení zjevně neekonomických nebo nesmyslných variant úseků, popřípadě přístavů s výhodnější alternativní možností lodění. Následně uspořádání aktuálních tarifních sazeb do přehledných tabulek vhodných pro aplikaci dalšího kroku úlohy.
- 3) **Sestrojení modelu** – konstrukce zjednodušeného orientovaného grafu reprezentujícího síť uzlů a existujících tras, přičemž do grafu vyznačíme časové a nákladové ohodnocení uzlů i hran, které je spojují. Poté následuje vytvoření 2 separátních matic (nákladů a tranzitních časů) zobrazujících existenci orientované hrany mezi jednotlivými vrcholy a její ohodnocení.

V tomto kroku také dochází k přepočtu ohodnocení grafů a tím i matic, konkrétně přičtení příslušných hodnot z daného uzlu k hodnotám každé hrany z něj vycházející, po aplikaci omezující podmínky týkající se nebezpečnosti zboží máme připravené 2 matice pro aplikaci vybraného algoritmu pro výpočet nejkratších vzdáleností (resp. nejnižších časových nebo peněžních nákladů) z každého uzlu do všech ostatních.

- 4) **Aplikace Floydova algoritmu** – pro hlavní výpočetní část úlohy byl vybrán Floydův algoritmus, který vygeneruje 2 tzv. *distanční matice*, ze kterých zpětně určí trasy od jednotlivých výchozích uzlů do těch koncových, výstupem tedy budou 2 množiny všech vhodných tras dle daného parametru a jejich jednotkové nebo časové náklady. Výsledný soubor tras je nutné takto přepočítat po každé relevantní změně vstupních dat a při aplikaci omezující podmínky dle nebezpečnosti zboží.
- 5) **Prezentace výsledných dat** – na základě výběru přístavu odplutí se uživateli zobrazí výčet všech vhodných tras na vnitrozemské sklady dle obou hledisek včetně daných nákladů a vybraného rejdařského agenta dle jednoduché logické podmínky. Podle zadaných rozměrů se rovněž vypočte orientační cena celé přepravy nebo program upozorní uživatele na velikost zásilky vhodnou pro FCL přepravu.

4.3 Vlastní řešení úlohy

Obsahem této podkapitoly bude podrobný popis jednotlivých kroků postupu řešení této úlohy včetně grafické dokumentace.

4.3.1 Sběr dat

V tabulce 6 vidíme základní kategorizaci prvků figurujících v této úloze, v případě většího počtu prvků zde pro přehlednost a integritu tabulky nejsou uvedeny všechny.

Tabulka 6 - Kategorizace prvků úlohy

Úroveň 1	Úroveň 2	Úroveň 3	Konkrétní prvky	
UZLY	PŘÍSTAVY	PŘÍSTAVY ODPLUTÍ (<i>POL</i>)	33 přístavů	
		PŘÍSTAVY PŘEKLÁDKY (<i>POT</i>)	Hong Kong (<i>HKG</i>)	
			Singapore (<i>SIN</i>)	
		PŘÍSTAVY PŘIPLUTÍ (<i>POD</i>)	Hamburg (<i>HAM</i>)	
			Koper (<i>KOP</i>)	
	Rotterdam (<i>RTM</i>)			
	SKLADY	NA ÚZEMÍ ČR	Praha (<i>PRG</i>)	
			Brno (<i>BRN</i>)	
		NA ÚZEMÍ SLOVENSKA	Bratislava (<i>BTS</i>)	
SPOJNICE UZLŮ (HRANY)	NÁMOŘNÍ DOPRAVNÍ CESTY	Z <i>POL</i> DO <i>POT</i>	37 možností do <i>HKG</i> , 32 možností do <i>SIN</i>	
		Z <i>POL</i> DO <i>POD</i>	28 možností do <i>RTM</i>	
		Z <i>POT</i> DO <i>POD</i>	<i>SIN</i> / <i>HKG</i> => <i>KOP</i> <i>HKG</i> => <i>HAM</i>	
	VNITROZEMSKÉ DOPRAVNÍ CESTY	Z <i>POD</i> DO VNITROZEMSKÉHO SKLADU	<i>HAM</i> => <i>PRG</i> / <i>BRN</i>	
			<i>KOP</i> => <i>PRG</i> / <i>BRN</i> / <i>BTS</i>	
		ZE SKLADU DO SKLADU	<i>RTM</i> => <i>PRG</i> <i>PRG</i> => <i>BRN</i>	
	REJDAŘSTÍ AGENTI	NVOCC OPERÁTOŘI	PŘES <i>HKG</i> DO <i>HAM</i>	Agent 1
			PŘES <i>HKG</i> DO <i>KOP</i>	Agent 2
PŘES <i>SIN</i> DO <i>KOP</i>			Agent 3	
Z <i>POL</i> DO <i>RTM</i>			Agent 4	
OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY	DRUH ZBOŽÍ	BEZPEČNÉ	Bez omezení	
		NEBEZPEČNÉ	Zákaz trasy přes <i>HAM</i>	
	ROZMĚRY	MENŠÍ NEŽ 1 CBM / 1 T	Zaokrouhlení na 1 cbm	
		VĚTŠÍ NEŽ 25 CBM / 10 T	Objednat jako FCL přepravu	
		OSTATNÍ ROZMĚRY	Bez omezení	

Zdroj: Autor

Množina 33 možných přístavů odplutí obsahuje tyto přístavy z oblasti východu a jihovýchodu Asie a dále z oblasti Austrálie a Oceánie (podrobněji rozepsáno a znázorněno již v předchozí kapitole):

Auckland, Bali, Bangkok, Belawan, Brisbane, Cebu, Danang, Fremantle, Haiphong, Ho Chi Minh, Chittagong, Inchon, Jakarta, Kobe, Kota Kinabalu, Kuching, Manila, Melbourne, Nagoya, Osaka, Pasir Gudang, Penang, Phnom Penh, Port Kelang, Semarang, Sibiu, Sihanoukville, Surabaya, Sydney, Taichung, Tokyo, Yangon, Yokohama [interní data].

Překládky v přístavech

Jak již bylo zmíněno v podkapitole 4.1, výběr trasy budeme provádět na základě nejčastěji zvolené dodací podmínky FOB, manipulační poplatky tedy započítáme jen v přístavech překládky a přístavech příplutí.

Tarifní sazby pro překládku LCL zásilky se uvádějí v daném ceníku rejdařských agentů v USD nebo EUR za jednotku W/M (přístavy Singapore, Hong Kong a Rotterdam), do zbývajících 2 přístavů (Hamburg, Koper) jsou ale našimi smluvními rejdaři přepravovány celé kontejnery společně s dalšími zásilkami, příslušné manipulační poplatky je tedy nutné nejprve převést na ty jednotkové.

Nejčastěji přepravovaný kontejner typu 40'HC má kapacitu 76 cbm a 26,75 t (kompletní přehled v tabulce 3 v podkapitole 1.4.3). Využití této kapacity je předmětem značné variability dle aktuálního objemu zásilek shromážděných v přístavu a s přihlédnutím k různým rozměrům a hmotnostem palet, kartonů nebo beden je nepravděpodobné, že by se podařilo dlouhodobě tyto kontejnery vytížit v rámci horních mezí jejich kapacity.

Pro přepočítání sazeb za celý kontejner 40'HC určíme hypotetický bod zvratu, konkrétně objem zásilky, při kterém se jednotkové náklady na překládku rovnají cenám nabízeným spedičním společností. Systém bude počítat s hodnotou 55 cbm, je však potřeba si uvědomit, že v případě zásilek o vysokých hmotnostech a malých objemech je tato hodnota zavádějící, výslednou cenu potom vyrovnává příplatek za vysokou hmotnost zásilky *OVS (overweight surcharge)*.

Aktuální cena překládky kontejneru 40'HC činí dle tarifních sazeb příslušných rejdařů pro přístav Koper 140 EUR, v přístavu Hamburg 230 EUR. Po vydělení poplatku objemem 55 cbm a převodem na měnu USD tedy získáme výsledné jednotkové náklady.

Délka překládky ve všech přístavech byla vzhledem k týdenní frekvenci většiny lodních, silničních a železničních spojů určena kvalifikovaným odhadem na hodnotu 5 dní, v přístavu Singapore je však vzhledem k jeho vytíženosti zvýšené riziko kongesce, navíc se zde při překládce často provádějí dodatečné celní kontroly, které mohou při špatném časovém sledu zásilku zdržet i o další týden. Z těchto důvodů zde započítáme 2 dny navíc.

Přehled všech jednotkových sazeb přepočtených na USD dle aktuálního kurzu (1 EUR = 1,20 USD) a délek překládek v jednotlivých přístavech se nachází v tabulce 7.

Tabulka 7 - Manipulační poplatky a délka překládky v přístavech

Přístav	Cena za překládku kontejneru [EUR]	Jednotková cena [EUR x W/M]	Jednotková cena [USD x W/M]	Délka překládky [počet dní]
Singapore	-	-	4,00	7
Hong Kong	-	-	5,00	5
Hamburg	230	4,18	5,02	5
Koper	140	2,55	3,05	5
Rotterdam	-	25,00	30,00	5

Zdroj: Interní data

Důvod výrazně vyššího jednotkového manipulačního poplatku v přístavu Rotterdam je dán strategií tarifních podmínek daného rejského agenta (*Agent 4*), který takto s nejvyšší pravděpodobností kompenzuje nižší nabízené námořní sazby.

Cena za překládku jednotky *W/M* zboží je ve smluvních vnitrozemských skladech společnosti *Boxline UCL* stanovena na výši 4,20 EUR, tedy 5,04 USD. Dobu překládky zaokrouhlíme nahoru na hodnotu 1 den.

Námořní tarifní sazby

U tohoto typu nákladů budeme opět vycházet jak z ceníků rejských agentů pro přepravu z přístavů odplutí do přístavů překládek a Rotterdamu, tak ze sazeb za přepravu celého kontejneru z přístavů překládek do přístavů příplutí, které přepočteme na jednotkové sazby obdobně jako v předchozím případě.

V tabulce 8 vidíme barevně vyznačený přehled tarifních sazeb a tranzitních časů TT (*transit time*) pro LCL přepravy ze všech 33 přístavů odplutí do přístavů uvedených v závorce vedle označení agenta, přičemž *Agent 4* tuto nabídku vztahuje na přepravy až do evropského přístavu Rotterdam. Jak již bylo zmíněno dříve, na první pohled téměř podezřele nízké sazby tohoto agenta jsou posléze kompenzovány vyššími manipulačními poplatky v Rotterdamu.

Tabulka 8 - Námořní sazby a tranzitní časy z přístavů odplutí

Přístav odplutí	Sazba za W/M	TT [dne]	Sazba za W/M	TT [dne]	Sazba za W/M	TT [dne]	Sazba za W/M	TT [dne]
	Agent 1 (HKG)		Agent 2 (HKG)		Agent 3 (SIN)		Agent 4 (RTM)	
AUCKLAND	-	-	-	-	\$ 71,00	16	\$ 71,00	46
BALI	-	-	-	-	\$ 55,00	5	-	-
BANGKOK	\$ 28,00	6	\$ 28,00	5	\$ 25,00	4	\$ 14,00	28
BELAWAN	-	-	-	-	\$ 85,00	3	\$ 44,00	24
BRISBANE	\$ 47,00	11	-	-	\$ 45,00	12	\$ 53,00	43
CEBU	-	-	-	-	\$ 45,00	5	\$ 30,00	30
DANANG	-	-	\$ 32,00	3	\$ 55,00	5	\$ 40,00	30
FREMANTLE	\$ 65,00	16	-	-	\$ 35,00	8	\$ 51,00	31
HAIPHONG	\$ 23,00	3	\$ 25,00	3	\$ 20,00	6	\$ 28,00	27
HO CHI MINH	\$ 23,00	3	\$ 20,00	3	\$ 20,00	4	\$ 15,00	27
CHITTAGONG	-	-	\$ 60,00	25	\$ 25,00	5	\$ 29,00	30
INCHON	\$ 28,00	6	\$ 30,00	5	-	-	-	-
JAKARTA	\$ 23,00	6	\$ 20,00	5	\$ 20,00	4	\$ 21,00	28
KOBE	\$ 26,00	5	\$ 26,00	5	\$ 30,00	11	\$ 22,00	29
KOTA KINABALU	-	-	-	-	\$ 60,00	7	-	-
KUCHING	-	-	-	-	\$ 55,00	5	-	-
MANILA	\$ 20,00	2	\$ 20,00	2	\$ 20,00	4	\$ 34,00	31
MELBOURNE	\$ 47,00	15	\$ 50,00	16	\$ 45,00	14	\$ 51,00	34
NAGOYA	\$ 26,00	5	\$ 38,00	5	\$ 35,00	10	\$ 22,00	31
OSAKA	\$ 26,00	5	\$ 26,00	5	\$ 30,00	13	\$ 22,00	29
PASIR GUDANG	-	-	\$ 40,00	6	\$ 25,00	1	\$ 23,00	26
PENANG	\$ 28,00	7	\$ 30,00	7	\$ 25,00	4	\$ 23,00	26
PHNOM PENH	-	-	-	-	\$ 35,00	3	\$ 30,00	24
PORT KELANG	\$ 28,00	6	\$ 22,00	5	\$ 22,00	1	\$ 17,00	20
SEMARANG	-	-	-	-	\$ 25,00	4	\$ 31,00	24
SIBU	-	-	-	-	\$ 55,00	12	-	-
SIHANOUKVILLE	-	-	-	-	\$ 25,00	3	\$ 27,00	29
SURABAYA	-	-	-	-	\$ 25,00	3	\$ 31,00	24
SYDNEY	\$ 47,00	16	\$ 50,00	16	\$ 40,00	15	\$ 51,00	41
TAICHUNG	\$ 20,00	2	\$ 32,00	2	\$ 31,00	8	\$ 12,00	27
TOKYO	\$ 26,00	5	\$ 26,00	4	\$ 35,00	8	\$ 22,00	29
YANGON	-	-	-	-	\$ 25,00	6	\$ 36,00	26
YOKOHAMA	\$ 26,00	5	\$ 26,00	5	\$ 35,00	9	\$ 22,00	30

Zdroj: Interní data

Z přístavů překládky (Hong Kong a Singapore) pokračuje přeprava LCL zásilky do přístavů příplutí dle tarifních podmínek smluvních rejdařů za přepravu celého kontejneru 40'HC, výpočet na jednotkové sazby za W/M tedy opět provedeme pro objem 55 cbm, při kterém hypoteticky nastává bod zvratu vzhledem k nabízeným cenám.

Přepočet nákladů a přehled tranzitních časů pro jednotlivé relace je uveden v tabulce 9.

Tabulka 9 - Námořní sazby a tranzitní časy z přístavů překládky

Přístav překládky	Přístav příplutí	Sazba za přepravu kontejneru 40'HC [USD]	Jednotková cena [USD x W/M]	Tranzitní čas [počet dní]
Hong Kong	Hamburg	1 400	25,45	32
	Koper	1 500	27,27	28
Singapore		1 500	27,27	19

Zdroj: Interní data

Geograficky výhodné umístění přístavu Singapore a tím i zvýšená poptávka po jeho využití jako centrály (*hubu*) pro konsolidaci přímých kontejnerových zásilek je pravděpodobnou příčinou relativně vyšších námořních sazeb, v našem případě je sazba shodná se sazbou z poměrně výrazně vzdálenějšího Hong Kongu. Tato skutečnost nám dává možnost prověřit výhodnost různých tras přes oba tyto přístavy společně s variantou přímo do Rotterdamu.

Vnitrozemské tarifní sazby

Jak již bylo popsáno v předchozí kapitole, z přístavů příplutí existují pro pozemní přepravu zásilek na vnitrozemské sklady již nyní užívané alternativy, jejichž rozsah je dán výhodností a charakterem přepravních proudů zásilek:

- 1) **Hamburg** – z tohoto přístavu nabízí smluvní provozovatel vlakové KP kapacitu v rámci 1 spoje týdně na terminál v Praze a v Brně. Přepravuje se kontejner jako celek, ve většině případů však pouze do Prahy.
- 2) **Rotterdam** – jednou týdně je odtud vypravován silniční tahač s návěsem na terminál v Praze, přepravují se všechny LCL zásilky z různých kontejnerů, které přípluly do přístavu během uplynulého týdne.

- 3) **Koper** – společnost disponuje skladovým areálem v přilehlém městě *Sežana*, kde se uskutečňuje dekompozice kontejnerů se zásilkami do různých cílových zemí, podle objemu zásilek určených na sklad v Praze, Brně nebo Bratislavě se do těchto skladů následně vypravuje silniční tahač s návěsem zhruba 1-2x týdně. V případě příplutí kontejneru složeného pouze ze zásilek do těchto skladů lze tento kontejner přepravit napřímo prostřednictvím smluvního provozovatele vlakové KP.

Podle převládajícího typu použité přepravní jednotky (kontejner nebo návěs) vypočítáme jednotkové přepravní náklady opět pomocí objemu zásilky při bodu zvratu. Tento objem bude u kontejneru stejně jako v předchozích případech 55 cbm, u přepravy klasickým návěsem s kapacitou 34 EPAL (24 t / 90 cbm) to bude hodnota 50 cbm. Přepočítání na USD proběhne opět podle aktuálního kurzu 1 EUR = 1,20 USD.

Přehled jednotkových nákladů a tranzitních časů pozemních přeprav je uveden v tabulce 10.

Tabulka 10 - Jednotkové přepravní sazby a tranzitní časy pozemní dopravy

Přístav	Sklad	Přepravní sazba za návěs [EUR]	Přepravní sazba za kontejner [EUR]	Jednotková cena [EUR x W/M]	Jednotková cena [USD x W/M]	TT [dny]
Hamburg	Brno	-	727	13,22	15,86	2
	Praha	-	592	10,76	12,92	2
Rotterdam		1 250	-	25,00	30,00	2
Koper		-	1 200	-	24,00	28,80
	Brno	980	-	19,60	23,52	2
	Bratislava	850	-	17,00	20,40	2

Zdroj: Interní data

Do úlohy ještě pro zásilky směřované přes Rotterdam zahrneme možnost přepravy sběrnou službou z Prahy do Brna za sazbu 180 EUR pro 18 EPAL, zde budeme vzhledem k interní povaze přepravy (nelze spolehlivě určit bod zvratu) počítat s průměrným přepravovaným objemem zhruba 25 cbm, tzn. jednotková sazba za W/M bude 7,20 EUR, resp. 8,64 USD.

Tranzitní čas bude vzhledem k frekvenci spojů 3x týdně zaokrouhlen na 2 dny.

Omezující podmínky

Z důvodu velmi přísných omezení týkajících se dovozu zbraní a střeliv na území Německa a nemožnosti přepravy baterií prostřednictvím *Agenty 1* přidáme do úlohy podmínku vyloučení trasy přes Hamburg v případě nebezpečného zboží těchto typů.

Doplňující podmínkou budou rozměry zásilky, přičemž u rozměrů menších než 1 t / 1 cbm se hodnota pro výpočet zaokrouhlí na 1 cbm, při rozměrech větších než 10 t nebo 25 cbm program upozorní na výhodnější možnost objednání přepravy jako FCL zásilku.

4.3.2 Konsolidace dat

Smyslem tohoto kroku bude redukce množiny prvků úlohy, pro které již existuje výhodnější trasa nebo které nemá smysl do úlohy zařazovat z jiných důvodů. Ve druhé fázi kroku dojde k přehlednému uspořádání zbylých dat.

Množinu přístavů odplutí zredukujeme na základě těchto kritérií:

- 1) **Existuje blízký výhodnější přístav odplutí** – přístavy *Inchon* (alternativou je *Busan*) a *Taichung* (alternativou je *Kaohsiung*).
- 2) **Z daného přístavu existuje pouze 1 trasa do každého ze skladů** – přístavy *Sibu*, *Kuching*, *Kota Kinabalu* a *Bali*.

Z tabulky námořních tarifů z přístavů odplutí vyškrtáme objektivně nesmyslnou variantu trasování zásilky z přístavu Chittagong přes Hong Kong, ostatní varianty přeprav však již takto jednoznačně vyřadit nelze.

Nyní je vhodné všechny tabulky s tarify včetně údajů k přepravě mezi tuzemskými sklady přehledně vložit do jednoho listu v programu *MS Excel*, přepočty tarifů na měnu USD by měly být provázány s buňkou, kam se bude vkládat aktuální kurz EUR / USD.

Tabulku s námořními tarifními sazbami ze zbylých 27 přístavů odplutí upravíme pro potřeby následujícího kroku úlohy tímto způsobem:

- 1) **Rozdělení na 2 tabulky dle typu dat** – v jedné z tabulek budou pouze tarify, ve druhé pouze tranzitní časy.
- 2) **Úprava prázdných polí** – v případě, že daná varianta trasy do daných přístavů neexistuje, nahradíme v příslušných polích pomlčku (-) číselnou hodnotou 999.

4.3.3 Sestrojení modelu

Pro lepší orientaci ve struktuře celého systému vytvoříme jeho grafickou reprezentaci v podobě orientovaného hranově ohodnoceného grafu, jehož vzájemné propojení prvků vyjádříme pro matematický výpočet prostřednictvím matice pro každý z typů nákladů.

Model grafu

Grafem v pojetí vědecké disciplíny *teorie grafů* (součást *operačního výzkumu*) rozumíme množinu vrcholů, hran a incidenčního zobrazení množiny hran do množiny všech dvojic vrcholů (to zjednodušeně řečeno vyjadřuje napojení hran na jednotlivé vrcholy). Orientovaný graf (*digraf*) obsahuje orientované hrany, které jednoznačně určují směr průchodu touto hranou z jednoho vrcholu do druhého.

Vzhledem ke značné velikosti a provázanosti grafu reprezentujícího celou síť (35 vrcholů, 96 hran) bude vhodné pro lepší přehlednost vytvořit zjednodušený graf s obecným počátečním vrcholem *POL*, který značí umístění jednoho z 27 možných přístavů odplutí.

Z důvodu souběhu 2 odlišně vedoucích tras v přístavu Hong Kong rozdělíme vrchol na 2 vrcholy *HKG1* a *HKG2*. Celkový graf tak bude mít 36 vrcholů, zjednodušený 10 vrcholů.

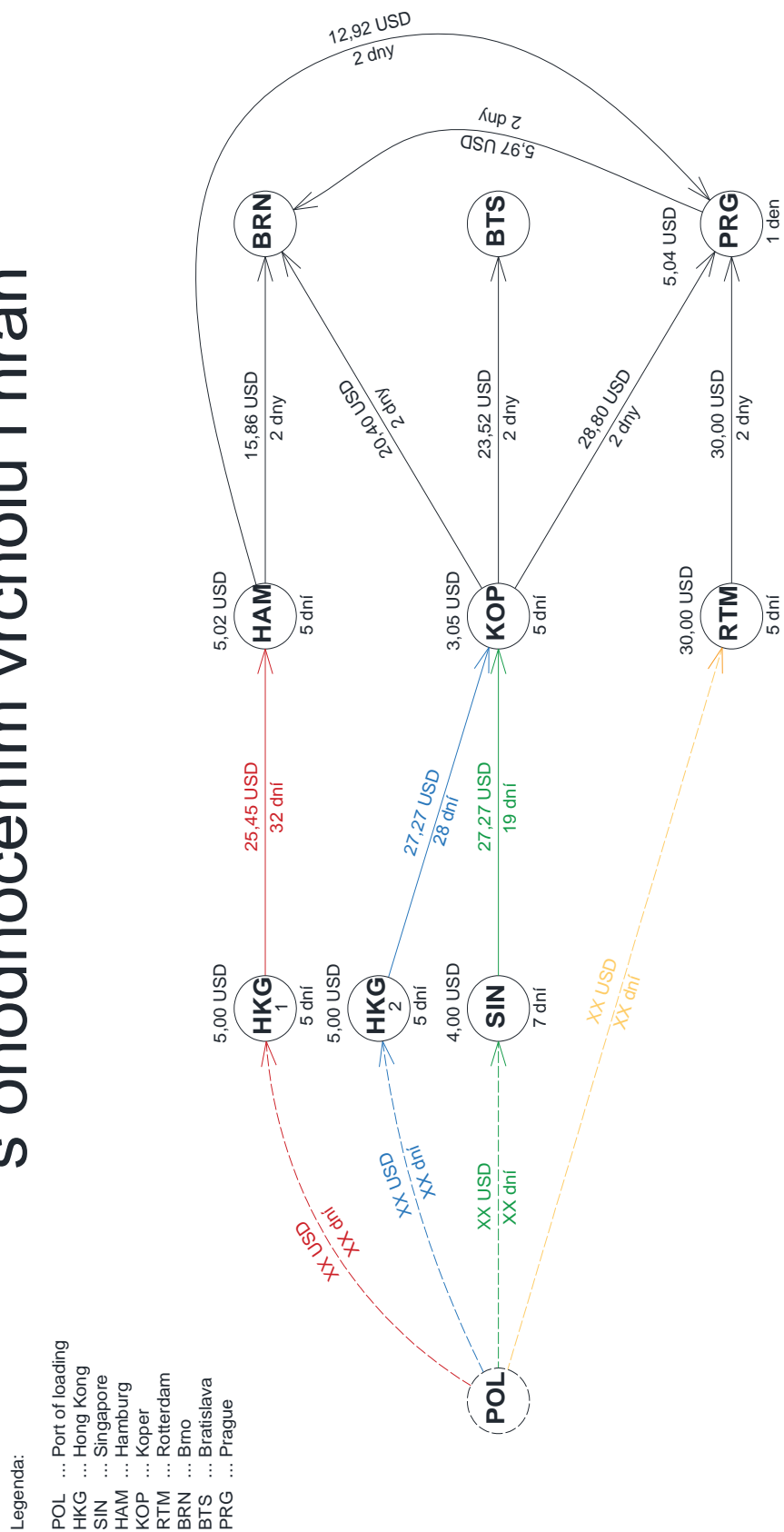
Ve vzniklém zjednodušeném grafu přiřadíme každé hraně (kromě hran vycházejících z vrcholu *POL*) binární, tedy peněžní i časové ohodnocení získané z předchozí kapitoly, pro úplnost takto ohodnotíme i všechny vrcholy, pro které jsme určili čas a náklady na manipulaci. Pro následný výpočet však bude nutné přičíst hodnoty z těchto vrcholů k ohodnocení všech hran, které z daného vrcholů vystupují.

Formálně zde nastává problém, jelikož některé z přístavů odplutí nejsou obsluhovány rejdaři všech čtyř zmíněných agentů, bude tedy vhodné vytvořit zjednodušené grafy v jednotlivých kategoriích dle skladby nabízených přeprav z daného přístavu odplutí.

Analýzou tarifů z těchto přístavů v tabulce 8 odvodíme 4 možné kategorie těchto grafů, budeme je odlišovat názvy *Kategorie A, B, C a D*. Pro potřeby výpočtu pomocí vybraného algoritmu však budeme pracovat s modelem celého grafu, který zde ze zmíněných důvodů není možné vykreslit v přijatelné míře přehlednosti.

Na následujících stranách vidíme postupně jednotlivé grafy. Na obrázku 11 je zjednodušený *obyčejný digraf* s ohodnocením hran i vrcholů, na obrázcích 12, 13, 14 a 15 potom vidíme zjednodušené digrafy čtyř zmíněných kategorií s přepočteným ohodnocením hran.

Zjednodušený obyčejný digraf s ohodnocením vrcholů i hran

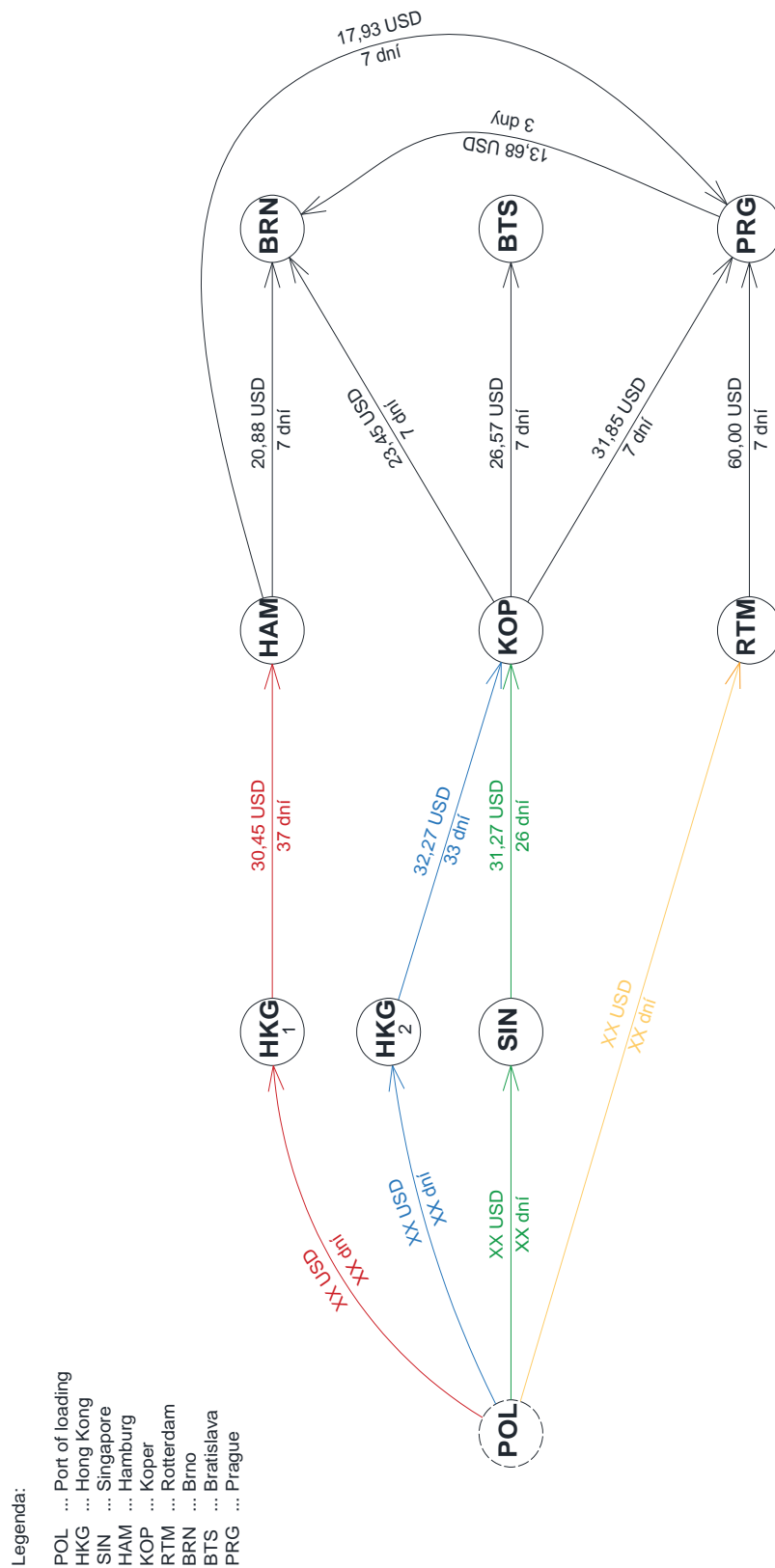


Obrázek 11 – Zjednodušený obyčejný digraf s ohodnocením vrcholů i hran

Zdroj: Autor

Zjednodušený hranově ohodnocený digraf

Kategorie A



Obrázek 12 - Zjednodušený digraf kategorie A

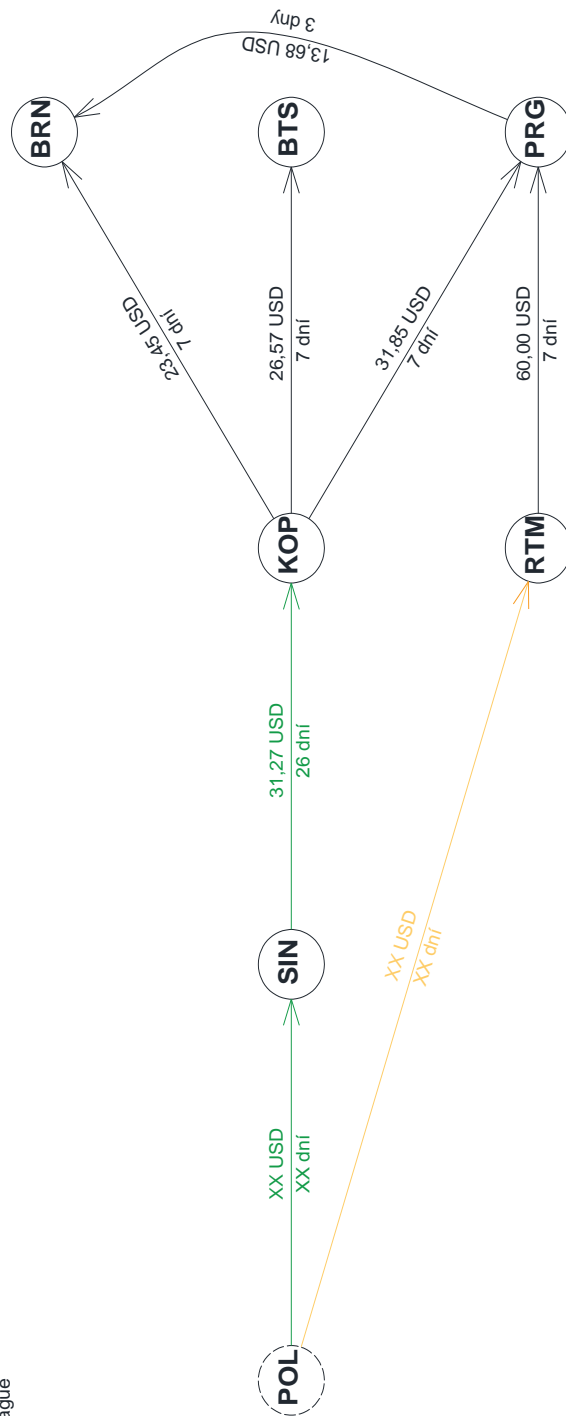
Zdroj: Autor

Zjednodušený hranově ohodnocený digraf

Kategorie B

Legenda:

POL ... Port of loading
HKG ... Hong Kong
SIN ... Singapore
HAM ... Hamburg
KOP ... Koper
RTM ... Rotterdam
BRN ... Brno
BTS ... Bratislava
PRG ... Prague



Obrázek 13 - Zjednodušený digraf kategorie B

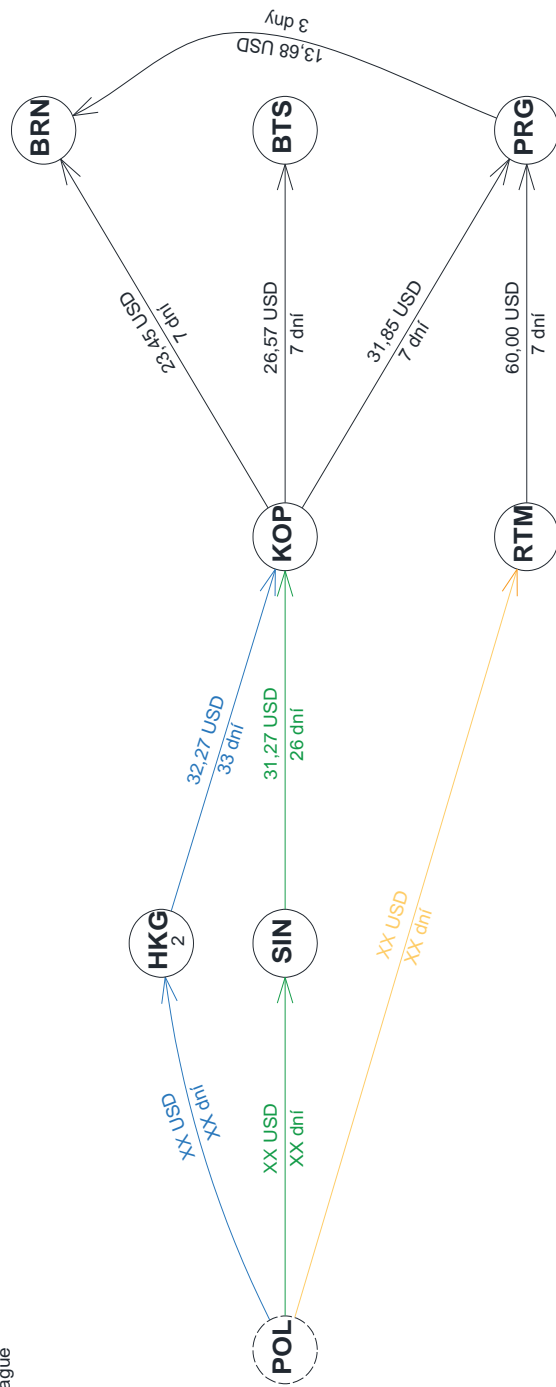
Zdroj: Autor

Zjednodušený hranově ohodnocený digraf

Kategorie C

Legenda:

- POL ... Port of loading
- HKG ... Hong Kong
- SIN ... Singapore
- HAM ... Hamburg
- KOP ... Koper
- RTM ... Rotterdam
- BRN ... Brno
- BTS ... Bratislava
- PRG ... Prague

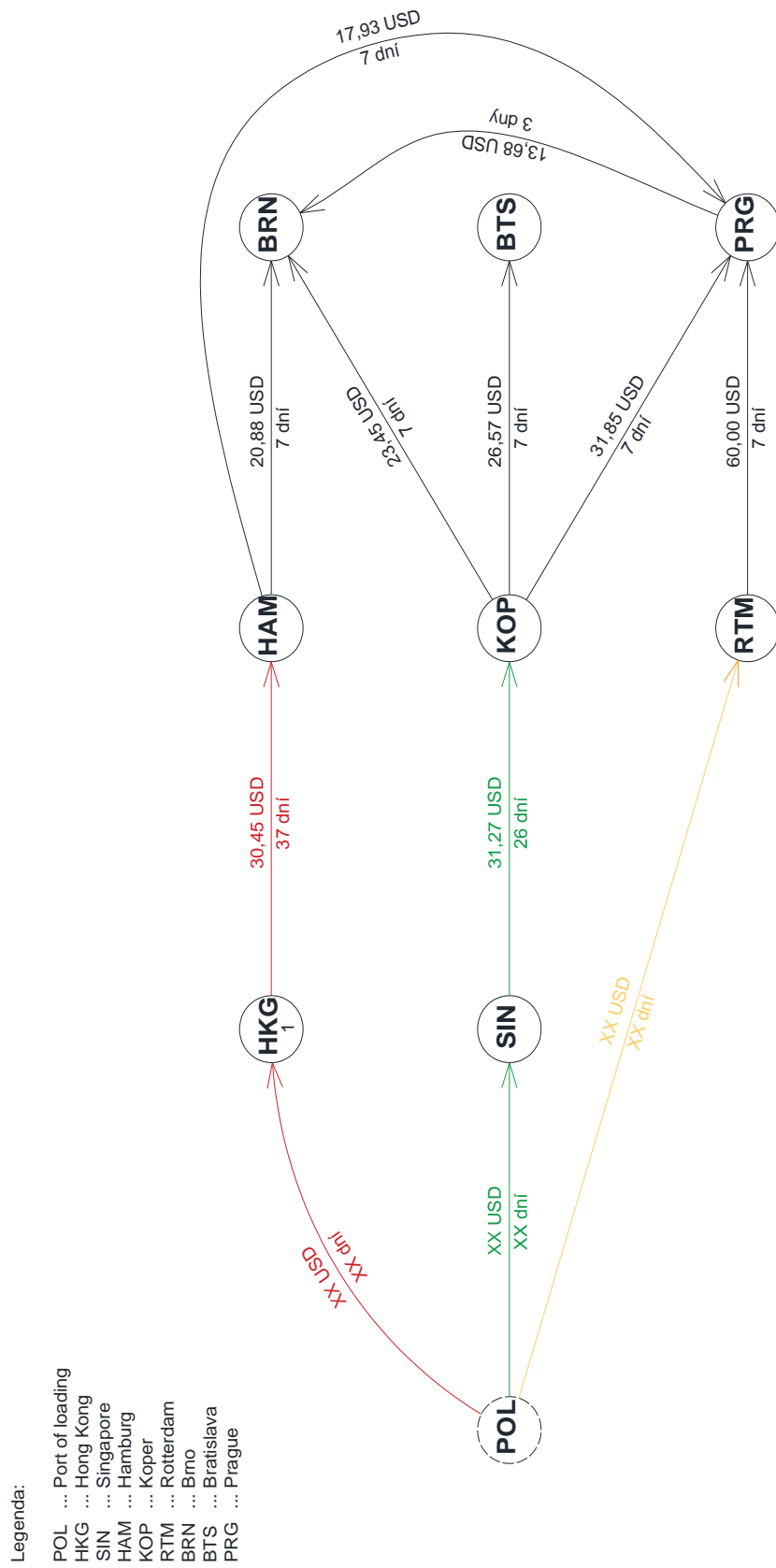


Obrázek 14 - Zjednodušený digraf kategorie C

Zdroj: Autor

Zjednodušený hranově ohodnocený digraf

Kategorie D



Obrázek 15 - Zjednodušený digraf kategorie D

Zdroj: Autor

Pro úplnost zde ještě uvedeme přehled přístavů odplutí v každé z kategorií:

- **Kategorie A** – *Bangkok, Haiphong, Ho Chi Minh, Jakarta, Kobe, Manila, Melbourne, Nagoya, Osaka, Penang, Port Kelang, Sydney, Tokyo, Yokohama.*
- **Kategorie B** – *Auckland, Belawan, Cebu, Chittagong, Phnom Penh, Semarang, Sihanoukville, Surabaya, Yangon.*
- **Kategorie C** – *Danang, Pasir Gudang.*
- **Kategorie D** – *Brisbane, Fremantle.*

Matice přímých vzdáleností

Jako další krok řešení úlohy vytvoříme číselnou reprezentaci celkového grafu sítě prostřednictvím dvou tzv. *matic přímých vzdáleností* podle typu ohodnocení hran.

Hodnoty v jednotlivých buňkách matice kompletního grafu typu 36x36 budou vyjadřovat vždy délku hrany jdoucí z vrcholu v řádku do vrcholu v příslušném sloupci. Pokud taková hrana neexistuje, hodnota bude nekonečně veliká, pro naše účely však stačí dosadit např. již zmíněné číslo 999. Na hlavních diagonálách matic budou hodnoty 0.

Pro dynamickou funkci tohoto řešení je nutné buňky matice v programu *MS Excel* provázat s buňkami, do kterých jsme vkládali nebo vypočítali jednotlivé náklady, přičemž ohodnocení vrcholů zde můžeme přímo přičíst k následným hranám.

Na buňku reprezentující hranu jdoucí z vrcholu HKG1 do vrcholu HAM aplikujeme omezující podmínku pro nebezpečné zboží (binární hodnota pro volbu ANO – 1, NE – 0, k ohodnocení hrany v matici přičteme součin aktuální binární hodnoty s velkým číslem, např. opět 999).

Z ceníků jednotlivých agentů je zřejmé, že v této síti z 27 uvedených přístavů odplutí neexistuje spojení mezi nimi navzájem. Submatice o rozměru 27x27 obsahující v řádcích a sloupcích přístavy odplutí bude mimo hodnot 0 na diagonále obsahovat v ostatních buňkách pouze hodnoty 999.

Část *matic přímých vzdáleností* pro tarify USD neobsahující tuto submatici vidíme na další straně v tabulce 11, obdobně část druhé matice obsahující tranzitní časy je na další straně v tabulce 12. V tomto případě se nejedná o nebezpečné zboží.

Tabulka 11 - Část matice přímých vzdáleností s tarify v USD

		...	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		...	HKG 1	HKG 2	SIN	RTM	KOP	HAM	PRG	BRN	BTS
1	AUCKLAND	...	999,00	999,00	71,00	71,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
2	BANGKOK	...	28,00	28,00	25,00	14,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
3	BELAWAN	...	999,00	999,00	85,00	44,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
4	BRISBANE	...	47,00	999,00	45,00	53,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
5	CEBU	...	999,00	999,00	45,00	30,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
6	DANANG	...	999,00	32,00	55,00	40,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
7	FREMANTLE	...	65,00	999,00	35,00	51,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
8	HAIPHONG	...	23,00	25,00	20,00	28,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
9	HO CHI MINH	...	23,00	20,00	20,00	15,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
10	CHITTAGONG	...	999,00	999,00	25,00	29,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
11	JAKARTA	...	23,00	20,00	20,00	21,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
12	KOBE	...	26,00	26,00	30,00	22,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
13	MANILA	...	20,00	20,00	20,00	34,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
14	MELBOURNE	...	47,00	50,00	45,00	51,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
15	NAGOYA	...	26,00	38,00	35,00	22,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
16	OSAKA	...	26,00	26,00	30,00	22,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
17	PASIR GUDANG	...	999,00	40,00	25,00	23,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
18	PENANG	...	28,00	30,00	25,00	23,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
19	PHNOM PENH	...	999,00	999,00	35,00	30,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
20	PORT KELANG	...	28,00	22,00	22,00	17,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
21	SEMARANG	...	999,00	999,00	25,00	31,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
22	SIHANOUKVILLE	...	999,00	999,00	25,00	27,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
23	SURABAYA	...	999,00	999,00	25,00	31,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
24	SYDNEY	...	47,00	50,00	40,00	51,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
25	TOKYO	...	26,00	26,00	35,00	22,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
26	YANGON	...	999,00	999,00	25,00	36,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
27	YOKOHAMA	...	26,00	26,00	35,00	22,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00
28	HONG KONG 1	...	0,00	999,00	999,00	999,00	999,00	30,45	999,00	999,00	999,00
29	HONG KONG 2	...	999,00	0,00	999,00	999,00	32,27	999,00	999,00	999,00	999,00
30	SINGAPORE	...	999,00	999,00	0,00	999,00	31,27	999,00	999,00	999,00	999,00
31	ROTTERDAM	...	999,00	999,00	999,00	0,00	999,00	999,00	60,00	999,00	999,00
32	KOPER	...	999,00	999,00	999,00	999,00	0,00	999,00	31,85	23,45	26,57
33	HAMBURG	...	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	0,00	17,93	20,88	999,00
34	PRAGUE	...	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	0,00	13,68	999,00
35	BRNO	...	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	0,00	999,00
36	BRATISLAVA	...	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	999,00	0,00

Zdroj: Autor

Tabulka 12 - Část matice přímých vzdáleností s počty dní tranzitních časů

		...	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		...	HKG 1	HKG 2	SIN	RTM	KOP	HAM	PRG	BRN	BTS
1	AUCKLAND	...	999	999	16	46	999	999	999	999	999
2	BANGKOK	...	6	5	4	28	999	999	999	999	999
3	BELAWAN	...	999	999	3	24	999	999	999	999	999
4	BRISBANE	...	11	999	12	43	999	999	999	999	999
5	CEBU	...	999	999	5	30	999	999	999	999	999
6	DANANG	...	999	3	5	30	999	999	999	999	999
7	FREMANTLE	...	16	999	8	31	999	999	999	999	999
8	HAIPHONG	...	3	3	6	27	999	999	999	999	999
9	HO CHI MINH	...	3	3	4	27	999	999	999	999	999
10	CHITTAGONG	...	999	999	5	30	999	999	999	999	999
11	JAKARTA	...	6	5	4	28	999	999	999	999	999
12	KOBE	...	5	5	11	29	999	999	999	999	999
13	MANILA	...	2	2	4	31	999	999	999	999	999
14	MELBOURNE	...	15	16	14	34	999	999	999	999	999
15	NAGOYA	...	5	5	10	31	999	999	999	999	999
16	OSAKA	...	5	5	13	29	999	999	999	999	999
17	PASIR GUDANG	...	999	6	1	26	999	999	999	999	999
18	PENANG	...	7	7	4	26	999	999	999	999	999
19	PHNOM PENH	...	999	999	3	24	999	999	999	999	999
20	PORT KELANG	...	6	5	1	20	999	999	999	999	999
21	SEMARANG	...	999	999	4	24	999	999	999	999	999
22	SIHANOUKVILLE	...	999	999	3	29	999	999	999	999	999
23	SURABAYA	...	999	999	3	24	999	999	999	999	999
24	SYDNEY	...	16	16	15	41	999	999	999	999	999
25	TOKYO	...	5	4	8	29	999	999	999	999	999
26	YANGON	...	999	999	6	26	999	999	999	999	999
27	YOKOHAMA	...	5	5	9	30	999	999	999	999	999
28	HONG KONG 1	...	0	999	999	999	999	37	999	999	999
29	HONG KONG 2	...	999	0	999	999	33	999	999	999	999
30	SINGAPORE	...	999	999	0	999	26	999	999	999	999
31	ROTTERDAM	...	999	999	999	0	999	999	7	999	999
32	KOPER	...	999	999	999	999	0	999	7	7	7
33	HAMBURG	...	999	999	999	999	999	0	7	7	999
34	PRAGUE	...	999	999	999	999	999	999,00	0	3	999
35	BRNO	...	999	999	999	999	999	999	999	0	999
36	BRATISLAVA	...	999	999	999	999	999	999	999	999	0

Zdroj: Autor

4.3.4 Aplikace Floydova algoritmu

Cestou v teorii grafů rozumíme sled po sobě jdoucích vrcholů a hran, ve kterém se neopakují žádný vrchol ani hrana, přičemž tento sled začíná i končí ve vrcholu.

Délkou cesty je součet ohodnocení všech hran na této cestě, minimální cesta z vrcholu A do vrcholu B je cesta o minimální délce. [5]

Abychom určili minimální cestu z každého přístavu odplutí do všech 3 vnitrozemských skladů, jeví se jako nejjednodušší variantou nejprve výpočet tzv. *distanční matice*, kde hodnota v buňce vždy vyjadřuje délku minimální cesty mezi vrcholem v řádku a vrcholem v daném sloupci. Pokud tato cesta neexistuje, bude zde opět hodnota 999, na diagonále zůstávají hodnoty 0. Výpočet provedeme pomocí exaktní metody *Floydova algoritmu* (autorem je americký informatik *Robert Floyd*), z výsledné distanční matice následně rekurzivně určíme vrcholy ležící na minimální cestě vždy mezi určenými dvěma vrcholy.

Podstata Floydova algoritmu

Princip funkce tohoto algoritmu je možné dle literatury [5], [6] popsat v následujících krocích:

- 1) Sestrojíme *matici přímých vzdáleností* typu $n \times n$ (n je počet vrcholů grafu), kde pro existující hranu vedoucí z jednoho vrcholu do druhého je hodnota v příslušném poli matice rovna ohodnocení této hrany, při neexistenci hrany je tato hodnota rovna ∞ (*nekonečno*), v polích na diagonále jsou hodnoty 0.
- 2) Konstruujeme postupně n matic, přičemž vždy v k -té matici C^k ($k = 1, \dots, n$) prověřujeme, zda cestu z vrcholu v i -tém řádku do vrcholu v j -tém sloupci nelze zkrátit přes vrchol v k -tém řádku / sloupci.

Do každé buňky c_{ij}^k (v k -té matici) kromě buněk v k -tém řádku a sloupci tedy vkládáme hodnotu:

$$\min \left\{ c_{ij}^{(k-1)}; c_{ik}^{(k-1)} + c_{kj}^{(k-1)} \right\} \quad (1)$$

První matice C^0 (pro $k = 1$) je *matice přímých vzdáleností*.

- 3) Výsledná matice C^n je *distanční maticí* grafu.

V této konkrétní úloze není možné zkrátit ani jednu cestu přes výchozích 27 vrcholů (přistavů odplutí) z důvodu neexistence hran, které by do nich vstupovaly, matice C^1 až C^{27} tedy budou v obou variantách nákladů totožné s danou maticí přímých vzdáleností.

Pokud bychom v dohledné době nepočítali se strukturálními změnami sítě, existuje tedy kromě varianty zápisu algoritmu v jazyku VBA ještě možnost přímého vykreslení devíti matic C^{28} až C^{36} v sešitě MS Excel, v každém poli by byla daná hodnota určena podle vzorce (1) pomocí funkce MIN. Distanční matice tak může být neustále přepočítávána v reálném čase.

Vybrané části obou distančních matic s výslednými hodnotami jsou zobrazeny v tabulce 13.

Tabulka 13 – Sloučené části obou distančních matic s výslednými relevantními daty

		...	Jednotkové tarify [USD za W/M]			...	Celkové TT [dny]		
			34	35	36		34	35	36
		...	PRG	BRN	BTS	...	PRG	BRN	BTS
1	AUCKLAND	...	131,00	125,73	128,85	...	49	49	49
2	BANGKOK	...	74,00	79,33	82,85	...	35	37	37
3	BELAWAN	...	104,00	117,68	142,85	...	31	34	36
4	BRISBANE	...	95,39	98,33	102,85	...	45	45	45
5	CEBU	...	90,00	99,73	102,85	...	37	38	38
6	DANANG	...	96,13	87,73	90,85	...	37	38	38
7	FREMANTLE	...	98,13	89,73	92,85	...	38	41	41
8	HAIPHONG	...	71,39	74,33	77,85	...	34	37	39
9	HO CHI MINH	...	71,39	74,33	77,85	...	34	37	37
10	CHITTAGONG	...	88,13	79,73	82,85	...	37	38	38
11	JAKARTA	...	71,39	74,33	77,85	...	35	37	37
12	KOBE	...	74,39	77,33	84,85	...	36	39	44
13	MANILA	...	68,39	71,33	77,85	...	37	37	37
14	MELBOURNE	...	95,39	98,33	102,85	...	41	44	47
15	NAGOYA	...	74,39	77,33	92,85	...	38	41	43
16	OSAKA	...	74,39	77,33	84,85	...	36	39	45
17	PASIR GUDANG	...	83,00	79,73	82,85	...	33	34	34
18	PENANG	...	76,39	79,33	82,85	...	33	36	37
19	PHNOM PENH	...	90,00	89,73	92,85	...	31	34	36
20	PORT KELANG	...	76,39	76,73	79,85	...	27	30	34
21	SEMARANG	...	88,13	79,73	82,85	...	31	34	37
22	SIHANOUKVILLE	...	87,00	79,73	82,85	...	36	36	36
23	SURABAYA	...	88,13	79,73	82,85	...	31	34	36
24	SYDNEY	...	95,39	94,73	97,85	...	48	48	48
25	TOKYO	...	74,39	77,33	84,85	...	36	39	41
26	YANGON	...	88,13	79,73	82,85	...	33	36	39
27	YOKOHAMA	...	74,39	77,33	84,85	...	37	40	42
...

Určení vrcholů ležících na minimální cestě

V tomto kroku již zbývá pouze zpětně určit průběh každé minimální cesty z přístavu odplutí na daný sklad v ČR. V každé z matic hledáme postupně posloupnost vrcholů pro minimální cesty z vrcholů 1 až 27 do vrcholů 34, 35 a 36, celkem tedy pro 2 x 81 hodnot.

Sestrojení minimálních cest provedeme pro každou distanční matici pomocí tohoto postupu volně interpretovaného z literatury [5], [6]:

- 1) V matici přímých vzdáleností změňme všechny hodnoty větší než 900 na hodnotu 0 (vztahuje se tím pádem i na buňku s omezující podmínkou, kde není přesně 999).
- 2) Pro první minimální cestu z vrcholu 1 do vrcholu 34 hledáme předchůdce x vrcholu 34, přičemž musí platit rovnost:

$$c_{1 \rightarrow 34}^D = c_{1 \rightarrow x}^D + c_{x \rightarrow 34}^{UPV} \quad (2)$$

tedy délka minimální cesty z vrcholu 1 do vrcholu 34 se musí rovnat součtu délky minimální cesty z vrcholu 1 do hledaného vrcholu x a přímé vzdálenosti z hledaného vrcholu x do vrcholu 34 (D – distanční matice, UPV – upravená matice přímých vzdáleností).

Popis proměnných:

$c_{1 \rightarrow 34}^D$...	hodnota v 1. řádku a 34. sloupci distanční matice (131,00),
$c_{1 \rightarrow x}^D$...	hodnota v 1. řádku a x -tém sloupci distanční matice,
$c_{x \rightarrow 34}^{PV}$...	hodnota v x -tém řádku a 34. sloupci matice UPV .

- 3) Prověříme pro všechna x od 1 do 36 kromě prvku 34 (došlo by k zacyklení výpočtu).
- 4) Hodnota x , pro kterou rovnost (2) platí, zapíšeme do trasy a opakujeme postup od kroku 2, přičemž nyní prověřujeme minimální cestu z vrcholu 1 do vrcholu x , kterého jsme určili jako předchůdce vrcholu 34. Pokud bude rovnost platit pro více hodnot x , existuje více těchto cest o minimální délce.
- 5) Po zapsání vrcholu 1 již máme určenou celou trasu z vrcholu 1 do vrcholu 34.
- 6) Tento postup aplikujeme obdobně pro popis každé z minimálních cest.

Na základě uvedeného postupu je dobré vytvořit algoritmus v jazyku *VBA*, který bude spuštěn v návaznosti na výpočet *Floydovým algoritmem*, přičemž obojí je nutné spustit při každé změně vstupních dat včetně omezující podmínky nebezpečnosti zboží.

Pokud však nepředpokládáme výraznější změny ve struktuře sítě, je možné navrhnout řešení tohoto kroku i bez užití jazyka *VBA* díky omezenému počtu předchůdců vrcholů v síti, vynecháme-li samotné přístavy odplutí.

V případě kombinace s výpočtem distanční matice bez využití jazyka *VBA* se veškeré hodnoty v programu budou přepočítávat v reálném čase, není tedy nutné při každé změně spouštět výpočetní algoritmus.

Alternativní postup tohoto spočívá ve vytvoření 3 tabulek tras z každého přístavu odplutí do jednoho ze 3 skladů a definování řady možných předchůdců v logickém pořadí:

- **Prague** – předchůdci *POL, HKG1, HAM, HKG2, SIN, KOP, RTM* (7 sloupců),
- **Brno** – předchůdci *POL, HKG1, HAM, HKG2, SIN, KOP, RTM, PRG* (8 sloupců),
- **Bratislava** – předchůdci *POL, HKG2, SIN, KOP* (4 sloupce).

Pro efektivnější práci se zadáváním vzorců do buněk je dobré umístit všechny 3 tabulky pod sebe a ponechat stejný rozměr maxima 8 sloupců, ke každé z nich ještě doplníme 4 sloupce pro výběr agenta. Každá z takto vzniklých matic tedy bude typu 27x12.

V buňkách matic vytvoříme následující pravidla:

- 1) Hodnota ve sloupci *POL* bude vždy zkratka názvu přístavu odplutí v daném řádku.
- 2) Pro buňky předchůdců daného skladu aplikujeme rozhodovací pravidlo – bude-li platit rovnice (2), v buňce bude název daného vrcholu, jinak zde bude mezera („“).
- 3) Pro předchůdce vrcholů v bodě 2) aplikujeme stejné pravidlo, s rovností však musí současně platit, že v buňce následného vrcholu v bodě 2) je obsažen daný název a vrchol je tedy zařazen do trasy.

V buňkách sloupců s označením agentů aplikujeme tyto podmínky:

- je-li v příslušné buňce hodnota „HAM“ => **Agent 1** (jinak „“),
- je-li v příslušné buňce hodnota „HKG2“ => **Agent 2** (jinak „“),
- je-li v příslušné buňce hodnota „SIN“ => **Agent 3** (jinak „“),
- je-li v příslušné buňce hodnota „RTM“ => **Agent 4** (jinak „“).

Výsledné matice tedy budou v každém řádku zobrazovat pouze přístavy, které leží na minimální cestě z přístavu odplutí na daný sklad a číslo nebo název příslušného agenta. Stejně matice vytvoříme i pro hodnoty tranzitních časů.

Příklad tabulky pro minimální trasy z hlediska peněžních nebo časových nákladů do skladu Brno je na obrázku 16.

BRN	POL	HKG1	HAM	HKG2	SIN	KOP	RTM	PRG	AGENTI		
AUCKLAND	AUC				SIN	KOP					3
BANGKOK	BKG	HKG1	HAM						1		
BELAWAN	BEL						RTM	PRG			4
BRISBANE	BRI	HKG1	HAM						1		
CEBU	CEB				SIN	KOP					3
DANANG	DAN			HKG2		KOP				2	
FREMANTLE	FRE				SIN	KOP					3
HAIPHONG	HAI	HKG1	HAM						1		
HOCHIMINH	HCM	HKG1	HAM						1		
CHITTAGONG	CHIT				SIN	KOP					3
JAKARTA	JAK	HKG1	HAM						1		
KOBE	KOB	HKG1	HAM						1		
MANILA	MAN	HKG1	HAM						1		
MELBOURNE	MEL	HKG1	HAM						1		
NAGOYA	NAG	HKG1	HAM						1		
OSAKA	OSA	HKG1	HAM						1		
PASIR GUDANG	PAS				SIN	KOP					3
PENANG	PEN	HKG1	HAM						1		
PHNOM PENH	PHN				SIN	KOP					3
PORT KELANG	PKL				SIN	KOP					3
SEMARANG	SEM				SIN	KOP					3
SIHANOUKVILLE	SIH				SIN	KOP					3
SURABAYA	SUR				SIN	KOP					3
SYDNEY	SYD				SIN	KOP					3
TOKYO	TOK	HKG1	HAM						1		
YANGON	YAN				SIN	KOP					3
YOKOHAMA	YOK	HKG1	HAM						1		

Obrázek 16 - Alternativní určení minimálních tras a daných agentů

Zdroj: Autor

Tyto tabulky tvoří datovou základnu pro přiřazení hodnot v daném řádku pro přístav odplutí vybraný v uživatelském rozhraní aplikace, při zvolení výpočtu pomocí algoritmu v jazyku VBA tedy můžeme zvolit obdobnou výslednou tabulku s vyšším počtem sloupců pro případné další tranzitní vrcholy v síti.

4.3.5 Prezentace výsledných dat

Uživatelské rozhraní bude pro jednoduchost a přehlednost obsahovat pouze tyto prvky:

- určení nebezpečnosti zboží (rozevírací seznam *ANO/NE*),
- zadání rozměrů zásilky v jednotkách *kg* a *cbm*,
- výběr přístavu odplutí (rozevírací seznam 27 přístavů),
- výslednou tabulku s popisem nejlevnější a nejrychlejší trasy do každého skladu,
- seznam agentů.

Ve výsledných tabulkách budou k buňkám přiřazeny hodnoty z tabulek v předchozím kroku na základě daného řádku a sloupce, přičemž číslo sloupce je fixní a číslo řádku je vybráno na základě shody názvu přístavu odplutí v poli matice a v poli výběru v uživatelském rozhraní (funkce *SVYHLEDAT*). V případě, že bude existovat více než jedna nejlevnější nebo nejrychlejší trasa, zobrazí se v daném řádku všechny alternativy tras i příslušných agentů.

K daným 3 nejlevnějším trasám (včetně agenta), které se pro vybraný přístav a příslušný sklad takto zobrazí, přidáme pole s výpočtem celkových nákladů na danou přepravu podle zadaných rozměrů. Pro tento výpočet již byla omezující podmínkou určena vstupní hodnota pro rozměry (maximum z obou zadaných rozměrů, přičemž hodnoty menší než 1 jsou zaokrouhleny na číslo 1).

Jednotlivé agenty je vhodné pro rychlejší identifikaci rozlišit dle barevného schématu v tabulce s příslušnými tarify.

V blízkosti tabulky s vkládáním rozměrů zásilky bude ve vybrané buňce aplikována omezující podmínka pro překročení rozměrů LCL zásilky, pokud tedy bude rozměr větší než 25 cbm nebo 10 000 kg, zobrazí se upozornění na možnost změny knihování jako pro FCL zásilku.

Pokud bude výpočet realizován spuštěním algoritmu v jazyku *VBA*, bude uživatelské rozhraní rovněž obsahovat ovládací prvek (tlačítko) pro spuštění výpočtu a upozornění, že při změně hodnoty v buňce týkající se nebezpečnosti zboží je nutný přepočtení výsledků.

Na obrázku 17 na následující straně vidíme ukázkou uživatelského rozhraní. Byla zde záměrně vložena hodnota objemu zásilky 25,20 cbm pro zobrazení zmíněného upozornění na knihování přepravy jako FCL zásilku.

VÝBĚR VHODNÉ TRASY PRO LCL ZÁSILKU:

Zadejte prosím údaje o zásilce:

Nebezpečné zboží? -> v případě změny hodnoty spustit VÝPOČET

Rozměry zásilky:

7400,00	kg
25,20	cbm

Přístav lodění:

Knihovat jako FCL zásilku!

VÝPOČET

SKLAD URČENÍ	NEJLEVNĚJŠÍ TRASA	CENA ZA W/M	CENA CELKEM	AGENT
PRAGUE	BKG RTM	\$ 74,00	\$ 1 864,80	4
BRNO	BKG HKG1 HAM	\$ 79,33	\$ 1 999,23	1
BRATISLAVA	BKG SIN KOP	\$ 82,85	\$ 2 087,75	3

NEJRYCHLEJŠÍ TRASA	TT (dni)	AGENT
BKG RTM	35	4
BKG SIN KOP	37	3
BKG SIN KOP	37	3

AGENT 1	CharterLink
AGENT 2	Penanshin
AGENT 3	Lucky
AGENT 4	FPS

Obrázek 17 - Uživatelské rozhraní výsledného řešení

Zdroj: Autor

4.4 Vyhodnocení navrženého postupu

Jak vyplývá z předchozí podkapitoly, podařilo se jednotlivými systematickými kroky s pomocí kvalifikovaně upravených reálných dat a vhodně zvoleného výpočetního nástroje vytvořit dynamické komplexní řešení splňující původní požadavky budoucího uživatele včetně předem definovaných omezení.

K výpočetní části úlohy bylo možné přistupovat dvěma zmíněnými způsoby, které můžeme zjednodušeně porovnat dle náročnosti provedení, flexibility řešení a jeho výsledného přínosu v tabulce 14.

Tabulka 14 - Porovnání jednotlivých přístupů k výpočetní části úlohy

Kritérium	Algoritmus v jazyku VBA	Tabulkový výpočet pro aktuální síť
Náročnost tvorby	náročnější, ale jednorázová konstrukce algoritmu	intuitivnější řešení bez nutné znalosti programovacího jazyka VBA
Flexibilita	nezávislost na struktuře sítě	při strukturálních změnách sítě jsou nutné manuální úpravy výpočtu
Hlavní výhoda	použitelnost na síť o různých parametrech	automatické přepočítávání výsledků v reálném čase
Hlavní nevýhoda	nutnost manuálního spuštění výpočtu při každé změně vstupních dat	nutnost manuální úpravy vzorců při změně struktury sítě

Zdroj: Autor

Výsledné řešení nabízí více možných praktických aplikací:

- rychlý přehled nejvhodnějších tras z vybrané destinace do všech skladů dle rozhodujícího kritéria (cena / čas),
- možnost analýzy dopadů hypotetických změn vstupních dat na výsledné přepravní sazby a strukturu vhodných tras,
- odhad možného prostoru pro individuální slevu k ceně poptávané přepravy,
- nástroj k optimalizaci vlastního tarifního sazebníku,
- racionalizace trasování a konsolidace přeprav dle dané situace na trhu.

Jelikož se však již z počáteční definice jedná spíše pouze o nástroj pro rychlou podporu rozhodování, nikoliv o exaktní výpočetní program, je potřeba identifikovat některé poznatky a nezanedbatelné vnější vlivy figurující v reálném prostředí trhu námořních zásilek.

Hodnocení přesnosti číselných dat

Pravděpodobně nejslabší stránka navrženého postupu řešení spočívá ve značně zjednodušených vstupních datech a zanedbání některých důležitých faktorů v prostředí multimodálních přeprav, což může v určitých případech zkreslovat vyhodnocené výsledky.

V prostředí praxe hovoříme zejména o následujících faktorech:

- 1) **Sezónnost poptávky** – prudký nárůst poptávky po námořních přepravách převážně v období zhruba 2 měsíce před Vánocemi a následně cca měsíc před čínským novým rokem značně komplikuje možnosti plánování konsolidace a přepravy zásilek z důvodu přetížených přístavů i spojů KP.
- 2) **Aktuální vytížení kontejnerů** – z důvodu nemožnosti spolehlivé prognózy poptávky přeprav z daného místa v určitém čase bývají ucelené kontejnery různě vytížené, nelze tak určit konkrétní náklady na každý nadcházející spoj.
- 3) **Vnější vlivy prostředí** – námořní doprava je přirozeně citlivá zejména na působení negativních meteorologických jevů, nejčastější problém vzniká při bouřích a nárazech větru, kdy z důvodu vysokých vln v přístavu nelze bezpečně provést překládku.
- 4) **Omezená kapacita dopravních prostředků** – v závislosti na výkyvech poptávky nebo hromadění zásilek v přístavu z důvodu kongesce může při nedostatku dopravních prostředků vzniknout delší prostoje v překladišti.
- 5) **Úzká hrdla v přepravním řetězci** – z geografického hlediska existují mnohé mořské úžiny nebo průplavy, ve kterých může při výkyvech v poptávce nebo vlivem špatného počasí docházet ke kongescím. To stejné platí i pro vytížená překladiště KP.
- 6) **Lidský faktor** – i přes plošné využívání moderních technologií je zde relativně velký prostor pro chyby zejména v komplikovaných administrativních a celních procesech. Nesrovnalosti v dokumentaci nebo prodlevy v dodání dokumentace mohou způsobit blokádu kontejneru v přístavu spolu se všemi ostatními zásilkami uvnitř.

5 Odhad dalšího vývoje trhu námořních přeprav

Na základě současného postupně se zmírňujícího růstu globální ekonomiky a značného rozvoje námořní kontejnerové přepravy lze téměř s určitostí odhadnout, že bez vzniku zásadních neočekávaných událostí (světová krize, energetická krize, válečné konflikty, živelné pohromy atd.) by tento rozvoj měl s nevelkými výkyvy pokračovat v aktuálním trendu.

Podle dlouhodobých prognóz společnosti *DNV GL* budou celkové přepravní výkony námořní nákladní dopravy růst do roku 2030 průměrným ročním tempem 2,2 %, do roku 2050 poté již pouze rychlostí 0,6 % za rok, přičemž za toto období (2030-2050) by měl výrazně narůst objem kontejnerizovaných zásilek na úkor ostatních druhů přepravovaného nákladu (hromadný náklad, ropné produkty apod.). Celkový objem kontejnerových přeprav by se měl do roku 2050 zvýšit odhadem až o 143 % oproti stávajícím hodnotám.

S neustálým růstem objemu přeprav však opět narážíme na posílení efektu produkce již zmiňovaných negativních externalit přepravního řetězce jako celku, navíc při stále větší spotřebě komodit produkují lidská společenství narůstající množství odpadu, který v mnohých zemích světa končí v korytech říčních toků nebo přímo ve vodních masách světového oceánu.

K redukci vytváření negativních externalit má přispět další vývoj pohonů plavidel, který by měl směřovat k hybridním konfiguracím a širšímu využití zkapalněného zemního plynu jako paliva, dále pochopitelně musí dojít ke zpřísnování povolených limitů exhalací toxických látek do atmosféry i oceánu. Mimo inovace technických prvků přepravního řetězce zde mají značný potenciál i logistické technologie zaměřené na efektivnější organizaci materiálových toků a redukci zbytných nákladů i emisí skleníkových plynů. Jisté zlepšení teoreticky nabízí i navržené řešení v této práci, působí zde ale více vlivů zmíněných v předchozí kapitole.

Požadavky domácího trhu po námořních přepravách zatím zde působící NVOCC operátoři pokrývají dostatečně, nelze však vyloučit vstup nového hráče na tento trh při stále se zvyšující kupní síle obyvatel a tím i rostoucí poptávce po různých importních komoditách.

Zvýšená poptávka po námořních přepravách spolu s aktuálním nedostatkem pracovní síly v ČR však může vést k nemalému zvýšení celkových tarifních sazeb, na čemž mohou mít značný podíl také vznikající velké rejdářské aliance, které budou trhu námořní kontejnerové přepravy v blízké budoucnosti dominovat.

Závěr

Výsledkem této diplomové práce je kromě vytvoření uceleného pohledu na teoretický aspekt multimodálních a námořních přeprav i náhled do reálné každodenní praxe fungování NVOCC operátora včetně poznatků z průběhu přeprav importních námořních zásilek.

Hlavním cílem však zůstává demonstrace systematického přístupu k návrhu řešení daného komplexního problému s cílem vytvoření nástroje pro podporu rozhodování s předem definovanými vlastnostmi podle požadavků cílového uživatele.

Z navrženého postupu je zřejmá důležitost hloubkové analýzy výchozího systému a konsolidace všech dostupných relevantních dat pro zachování odpovídající kvality řešení.

Grafické zobrazení prvků celé přepravní sítě včetně vzájemných vazeb ohodnocených pomocí agregovaných vstupních dat napomáhá snadnější mentální vizualizaci problému a provedení dodatečných úprav před vytvořením modelu vhodného ke strojovému zpracování.

Následný výběr postupu pro zpracování dat je v tomto případě podmíněn teoretickou znalostí optimalizačních algoritmů operačního výzkumu, konkrétně těch z oboru teorie grafů, přičemž pro tento typ úlohy byl za nejefektivnější metodu autorem považován Floydův algoritmus, který určí matematicky optimální soubor minimálních délek cest mezi všemi páry vrcholů sítě, ze kterého se zpětným logickým postupem prověří směřování každé hledané cesty.

Uživatelské rozhraní výsledného řešení je navrženo s důrazem na maximální přehlednost zobrazených souborů dat pro jejich rychlé vyhodnocení a objednání přepravy u daného rejdařského agenta. Zobrazení výsledků i aktualizace vstupních dat jsou realizovány v uspořádané soustavě tabulek.

Součástí popisu matematické části úlohy jsou 2 alternativní přístupy k řešení, které se liší zejména v užití, resp. nevyužití programovacího jazyku *VBA* pro samotný výpočet. Podrobnější srovnání je k dispozici v kompletním vyhodnocení celkového postupu.

V závislosti na objemu zásilek určených k prověření má výsledné řešení potenciál ke značným úsporám plynoucích jak ze zkrácení času pro vyhodnocování oproti ručnímu výpočtu, tak ze samotného trasování podle nejlevnější dostupné varianty konkrétní přepravy. Jak bylo ale zmíněno v závěru řešení úlohy, je velmi obtížné zajistit přesná vstupní data v daném čase z důvodu variability podmínek v reálném provozu, která je posílena zejména působením špatně předvídatelných vnějších vlivů.

Závěrečná kapitola této práce je věnována komentáři k možnému krátkodobému i dlouhodobému budoucímu vývoji na trhu námořní dopravy, jsou zde rovněž uvedeny konkrétní oficiální prognózy až do roku 2050, ty ale víceméně příliš nepočítají s možnými negativními událostmi, které mohou pokrýt vývoj globální ekonomiky.

Autor práce by v rámci své stávající praxe rád pokračoval v řešení podobných logistických úloh, které vyplynou z daného vývoje procesů operativního řízení společnosti Boxline UCL.

Použité zdroje

Literatura:

- [1] Novák J.: *Kombinovaná přeprava*. 1. vyd. Pardubice: Institut Jana Pernera, o.p.s., ISBN 80-86530-32-9, 2006.
- [2] Novák R.: *Námořní přeprava*. 2. přeprac. vyd. Praha: ASPI, ISBN 80-7357-070-X, 2005.
- [3] Stejskal P.: *Tarify, ceny, daně a poplatky v dopravě*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, ISBN 978-80-01-05362-1, 2013.
- [4] Machková H. a kol.: *Mezinárodní obchodní operace*. 5. vyd. Praha: Grada Publishing, ISBN 8024732378, 9788024732374, 2010.
- [5] Mocková D.: *Základy teorie dopravy - úlohy*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-03791-1, 2007
- [6] Volek, J., Linda, B.: *Teorie grafů – aplikace v dopravě a veřejné správě*. 1.vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-225-9, 2012
- [7] Viktorová J.: *Strategie rozvoje firmy Boxline UCL na českém a slovenském trhu*. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta dopravní.

Internetové zdroje:

- [8] Eurostat: *Modal split of freight transport* [online]. 2016 [cit. 2018-06-29]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_rk320&plugin=1
- [9] Logistics Cluster: *Transport Logistics - Operational Guide* [online]. 2015 [cit. 2018-06-29]. Dostupné z: <http://dlca.logcluster.org/display/LOG/Transport>
- [10] Dopravní noviny: *Evropská komise vydala příručku pro výpočet externích nákladů* [online]. 2008 [cit. 2018-06-30]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/Dopravni-politika/Evropska-komise-vydala-prirucku-pro-vypocet-externich-nakladu-3515>
- [11] Ricardo-AEA: *Update of the Handbook on External Costs of Transport* [online]. 2014 [cit. 2018-06-30]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/handbook_on_external_costs_of_transport_2014_0.pdf
- [12] Dr. Jean-Paul Rodrigue: *Emerging Global Maritime Freight Transport System* [online]. 2012 [cit. 2018-06-30]. Dostupné z: https://transportgeography.org/?page_id=4750
- [13] Dr. Jean-Paul Rodrigue: *Circum-Hemispheric Rings of Circulation* [online]. 2009 [cit. 2018-07-10]. Dostupné z: https://transportgeography.org/?page_id=7257
- [14] European Commission, Mobility and Transport: *NAIADES II* [online]. 2018 [cit. 2018-07-10]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/modes/inland/promotion/naiades2_en
- [15] European Commission - Mobility and Transport: *Motorways of the Sea* [online]. 2018 [cit. 2018-07-10]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/motorways_sea_en

- [16] European Commission - Mobility and Transport: *Infrastructure - TEN-T - Connecting Europe* [online]. 2018 [cit. 2018-07-10].
Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure_en
- [17] Hong Kong Marine Department: *Ranking of Container Ports of the World* [online]. 2018 [cit. 2018-07-23].
Dostupné z: https://www.mardep.gov.hk/en/publication/pdf/portstat_2_y_b5.pdf
- [18] The Port of Duisburg: *Port Information* [online]. 2018 [cit. 2018-07-23].
Dostupné z: <https://www.duisport.de/en/port-information.html>
- [19] ČVUT Fakulta dopravní: *Multimodální přepravní systémy* [online]. 2009 [cit. 2018-07-24].
Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/projects/k612x1mp/kps.html>
- [20] Star Shipping: *Typy přepravních kontejnerů* [online]. 2009 [cit. 2018-07-24].
Dostupné z: http://www.star-shipping.cz/uploaded/filemanager/typy_kontejneru_CZ.pdf
- [21] GO Shipping line: *Container Specifications – Dry Containers* [online]. 2016 [cit. 2018-07-25].
Dostupné z: <http://mvgoamerica.com/services/container-specifications/>
- [22] RailRunner Europe: *RailRunner – bimodální systém a spojení č.1 (Bratislava – Braunschweig)* [online]. 2017 [cit. 2018-07-26]. Dostupné z: https://zlz.sk/wp-content/uploads/2017/11/RailRunner_Odborn%C3%A1_konference_ZLZ_SR_2017.pdf
- [23] AWT: *Kombinovaná doprava* [online]. 2018 [cit. 2018-07-29].
Dostupné z: <https://www.awt.eu/co-delame/kombinovana-doprava>
- [24] METRANS: *Multimodal services* [online]. 2018 [cit. 2018-07-29].
Dostupné z: <https://www.metrans.eu/intermodal-services/>
- [25] Rail Cargo Operator – CSKD, s.r.o.: *Nabídka služeb* [online]. 2018 [cit. 2018-07-29].
Dostupné z: <https://railcargo.sluzby.cz/>
- [26] SŽDC: *Podíl jednotlivých dopravců na výkonech v osobní a nákladní dopravě* [online]. 2018 [cit. 2018-07-29].
Dostupné z: <https://www.szdc.cz/provozovani-drahy/dopravci/podil-vykonu.pdf>
- [27] UNCTAD: *Review of maritime transport 2017* [online]. 2017 [cit. 2018-07-29].
Dostupné z: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2017_en.pdf#page=45
- [28] Austromar: *Austromar* [online]. 2018 [cit. 2018-08-05]. Dostupné z: <http://www.austromar.cz/cz/>
- [29] ECU Worldwide: *Services* [online]. 2018 [cit. 2018-08-05].
Dostupné z: <https://www.ecuworldwide.com/services>
- [30] SACO: *Company – SACO Shipping* [online]. 2018 [cit. 2018-08-05].
Dostupné z: <https://secure.saco.de/en/company/sacoshipping/>
- [31] The Economic Times: *ICC updates Incoterms* [online]. 2010 [cit. 2018-08-05].
Dostupné z: <https://economictimes.indiatimes.com/news/international/icc-updates-incoterms/articleshow/6632863.cms>
- [32] CS Cargo: *INCOTERMS 2010* [online]. 2018 [cit. 2018-08-07].
Dostupné z: <http://www.cscargo.cz/cs/incoterms-2010/>
- [33] Persian Group: *INCOTERMS 2010* [online]. 2017 [cit. 2018-08-07]. Dostupné z: <http://www.persianguroup.biz/files/incoterms/incoterms%202010%20poster.jpg>

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Dělbá přepravní práce nákladní dopravy na území EU.....	11
Obrázek 2 - Globální systém námořní přepravy	18
Obrázek 3 - Transkontinentální železniční koridory.....	19
Obrázek 4 - Evropská dopravní síť <i>TEN-T</i>	20
Obrázek 5 - Ilustrace základních typů kontejnerů ISO 1.....	24
Obrázek 6 - Spolupráce jednotlivých subjektů námořních LCL zásilek.....	28
Obrázek 7 - Kompletní přehled dodacích doložek INCOTERMS 2010.....	31
Obrázek 8 - Vývoj objemů námořních nákladních přeprav v letech 2005-2016	34
Obrázek 9 - Prostorové uspořádání přístavů oblasti Austrálie, JV a V Asie.....	40
Obrázek 10 - Schéma pozemní části přepravy námořních zásilek	42
Obrázek 11 – Zjednodušený obyčejný digraf s ohodnocením vrcholů i hran	54
Obrázek 12 - Zjednodušený digraf kategorie A	55
Obrázek 13 - Zjednodušený digraf kategorie B	56
Obrázek 14 - Zjednodušený digraf kategorie C.....	57
Obrázek 15 - Zjednodušený digraf kategorie D.....	58
Obrázek 16 - Alternativní určení minimálních tras a daných agentů.....	66
Obrázek 17 - Uživatelské rozhraní výsledného řešení	68

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehled základních módů dopravy	13
Tabulka 2 – Seznam deseti globálně největších námořních přístavů	21
Tabulka 3 - Rozměry a kapacitní limity kontejnerů	24
Tabulka 4 - Největší linioví rejdai	27
Tabulka 5 - Přehled přístavů odplutí z oblasti Austrálie, jihovýchodní a východní Asie	39
Tabulka 6 - Kategorizace prvků úlohy	46
Tabulka 7 - Manipulační poplatky a délka překládky v přístavech	48
Tabulka 8 - Námořní sazby a tranzitní časy z přístavů odplutí	49
Tabulka 9 - Námořní sazby a tranzitní časy z přístavů překládky	50
Tabulka 10 - Jednotkové přepravní sazby a tranzitní časy pozemní dopravy	51
Tabulka 11 - Část matice přímých vzdáleností s tarify v USD	60
Tabulka 12 - Část matice přímých vzdáleností s počty dní tranzitních časů	61
Tabulka 13 – Sloučené části obou distančních matic s výslednými relevantními daty	63
Tabulka 14 - Porovnání jednotlivých přístupů k výpočetní části úlohy	69