



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Karel Ječmen

*Optimalizační metody při investičním rozhodování na dopravní
infrastrukturu*

*Investment decision optimization methods on transport
infrastructure*

Diplomová práce

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

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. Karel Ječmen

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Optimalizační metody při investičním rozhodování na dopravní infrastruktuře**

Název tématu (anglicky): Investment decision optimization methods on transport infrastructure

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Motivace k řešení – význam optimálního rozhodování pro investiční rozhodování v oblasti dopravní infrastruktury.
- Charakteristika vybraného investičního rozhodovacího problému.
- Rešerše stávajících optimalizačních přístupů a jejich kritická analýza.
- Návrh řešení.
- Aplikace navrženého optimalizačního přístupu v podmínkách vybraného investičního rozhodovacího problému.
- Zhodnocení dosažených výsledků a diskuse k nim z hlediska jejich reálného uplatnění.



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Fotr, J., Souček, I. Investiční rozhodování a řízení projektů, 2011. Grada Publishing a.s.. ISBN 798-80-247-7433-6.
- Korda, B. a kolektiv. Matematické modely v ekonomii, 1967. Nakladatelství technické literatury. Typové číslo L31-C3-IV-41/3720-III- vydání první.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Olga Mertlová, Ph.D.
doc. Ing. Dušan Teichmann, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce:

30. června 2020

(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:

17. května 2021

- 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. Karel Ječmen
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 30. června 2020

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při studiu a tvorbě diplomové práce pomáhali. Zvláště pak děkuji Ing. Olze Mertlové Ph.D. za odborné vedení a konzultování práce a poskytnutí přístupu k důležitým informacím a doc. Ing. Dušanu Teichmannovi Ph.D. za odborné vedení a konzultování praktické části diplomové práce.

Prohlášení

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

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 dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 17. května 2021

Podpis



Optimalizační metody při investičním rozhodování na dopravní infrastruktuře

Diplomová práce

květen 2021

Karel Ječmen

Abstrakt

Předmětem diplomové práce „optimalizační metody při investičním rozhodování na dopravní infrastruktuře“ je analýza současného stavu financování rozvoje dopravní infrastruktury se zaměřením na Operační program doprava, který představoval v období 2014-2020 v České republice největší operační program z hlediska objemu finančních prostředků a pro období 2021-2027 bude alokace programu neméně významným zdrojem financování. Cílem práce je návrh způsobu optimalizace portfolia investičních projektů předložených pro financování do Operačního programu doprava. Výstupem práce je návrh řešení problému metodou lineárního programování.

Abstract

The subject matter of the diploma thesis „Investment decision optimization methods on transport infrastructure“ is an analysis of the current state of financing the development of transport infrastructure, focusing on Operational Program Transport, which was the biggest operational program in terms of volume of funds in Czech Republic for the period 2014-2020 and for the period 2021-2027, the allocation of the program will be an equally important source of funding. The goal of this thesis is to propose optimization of an investment projects portfolio in the Operational Program Transport. The output of the thesis is a proposal of the problem solving using linear programming method.

Klíčová slova

dopravní infrastruktura, doprava, optimalizace, Operační program doprava, efektivní rozvoj, investice, dopravní projekt, lineární programování, finanční zdroje, evropské fondy, dopravní politika,

Key words

transport infrastructure, transport, optimization, Transport Operational Program, effective development, investment, transport project, linear programming, financial resources, European funds, transport policy,

Obsah

Seznam zkratk.....	7
1 Úvod.....	8
2 Doprava a dopravní infrastruktura.....	10
2.1 Dopravní infrastruktura (DI).....	10
2.1.1 Pozemní komunikace.....	11
2.1.2 Dráhy.....	11
2.1.3 Vodní cesty.....	12
2.1.4 Letiště.....	12
2.1.5 Kombinovaná doprava.....	12
2.1.6 Zařízení pro řízení dopravy v jednotlivých módech.....	13
2.2 Správní uspořádání dopravního sektoru v ČR.....	14
2.3 Dopravní politika ve vztahu k rozvoji dopravní infrastruktury.....	14
2.3.1 Dopravní politika EU.....	14
2.3.2 Transevropská dopravní síť (TEN-T).....	15
2.3.3 Dopravní politika ČR.....	17
2.3.4 Dopravní sektorové strategie, 2. fáze (DSS2).....	17
3 Zdroje financování pro dopravní infrastrukturu ČR.....	18
3.1 Operační program doprava (OPD).....	19
3.1.1 Zdroje financí pro OPD.....	20
3.1.2 Operační program doprava 2021-2027 (OPD 2021-2027).....	22
4 Hodnocení investičních projektů na dopravní infrastrukturu.....	25
4.1 Projekty na dopravní infrastrukturu.....	25
4.2 Výběr a hodnocení projektů OPD.....	27
4.3 Indikátory pro hodnocení projektů OPD.....	29
5 Optimalizace a její význam v dopravě.....	31
5.1 Specifikace lineárního programování.....	31
6 Charakteristika vybraného problému.....	33
7 Současné optimalizační přístupy a jejich kritická analýza.....	39
7.1 Metoda VMH.....	39
7.2 Kritická analýza metody VMH.....	42
8 Optimalizační problém-portfolio izolovaných investičních projektů na dopravní infrastrukturu.....	44
8.1 Formulace problému.....	44
8.2 Matematický model optimalizační úlohy.....	46

9	Výpočetní experiment s navrženým optimalizačním modelem	48
9.1	Optimalizační software Xpress-IVE	54
9.2	Text programu Xpress-IVE pro řešenou optimalizační úlohu.....	55
9.3	Výstup výpočetního experimentu s modelem	58
10	Zhodnocení dosažených výsledků a diskuse k nim z hlediska jejich reálného uplatnění	62
11	Závěr	65
12	Bibliografie	68
	Seznam obrázků.....	71
	Seznam tabulek.....	71
	Přílohy.	72

Seznam zkratek

DI	Dopravní infrastruktura
EU	Evropská unie
EK	Evropská komise
ČR	Česká republika
ITS	Inteligentní dopravní systémy
ERTMS	Evropský systém řízení železniční dopravy
ETCS	Evropský vlakový zabezpečovací systém
ATM	Systémy pro řízení letového provozu
SESAR	Výzkum ATM jednotného evropského nebe
A-CDM	Letištní koordinační systém
RIS	Říční informační služby
MD	Ministerstvo dopravy
EK	Evropská komise
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty
ESIF	Evropské strukturální a investiční fondy
DSS	Dopravní sektorové strategie
DSS2	Dopravní sektorové strategie, 2. fáze
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
TEN-T	Transevropská dopravní síť
PS	Poslanecká sněmovna
PČR	Parlament České republiky
OPD	Operační program doprava
CEF	Nástroj pro propojení Evropy
FS	Fond soudržnosti
EFRR	Evropský fond pro regionální rozvoj
HND	Hrubý národní důchod
P1, P2,...	Priorita 1, priorita 2,...
EIA	Vyhodnocení vlivů na životní prostředí
CBA	Analýza nákladů a přínosů
MCA	Multikriteriální analýza
VMH	Vícestupňové multikriteriální hodnocení

1 Úvod

Investice obecně znamenají vynakládání zdrojů za účelem získání užitků, které jsou očekávány v budoucích obdobích. Pokud o investicích uvažujeme, pojí se s takovou úvahou potřeba vyhodnotit a rozhodnout, zda a v jaké výši prostředky vynaložit. Investiční rozhodování patří k nejdůležitějším strategickým rozhodovacím procesům, neboť je rozhodováno o budoucím vývoji a růstu. Investice jsou charakteristické svou dlouhodobostí, po dobu své životnosti mohou být zdrojem výnosů, přínosů a užitků, ale i zátěží, která přináší provozní náklady. Nesprávně realizovaná, a tedy neefektivní investice je vlastně brzdou budoucího hospodářského růstu.

Investice může realizovat každá fyzická i právnická osoba za předpokladu, že má dostatečný kapitál. Investice jsou realizovány jak soukromým, tak i veřejným sektorem. Na obou stranách nalezneme odlišné zdroje pro financování a cíle realizovaných investic. Předmětem této práce je investiční rozhodování ve veřejném sektoru, konkrétně na dopravní infrastruktuře. U financování veřejného sektoru nelze očekávat výnosy, jako u financování komerčních subjektů, čistě ve formě zisku. Přesto je třeba, aby při financování veřejného sektoru byla zaručena návratnost investice, která u dopravních projektů představuje v první řadě zvýšení kvality dopravy, v důsledku pak hospodářský růst, vyšší kvalitu života jednotlivců a udržitelné nakládání s přírodními zdroji. Návratnost některých veřejných investic lze i tak očekávat v monetární formě, jde například o administrativní výnosy (poplatky, licence, pokuty), komerční výnosy (poplatky za užití infrastruktury, mýto). Investice na dopravní infrastruktuře reprezentují financování projektů, jejichž realizací dochází k jejímu rozvoji.

Dopravní infrastruktura se skládá ze všech dopravních staveb a s nimi souvisejících zařízení ve všech dopravních módech a její hlavní účel je zázemí pro provoz dopravy. Je tedy logické, že s kvalitou dopravní infrastruktury přímo souvisí kvalita dopravy. V současné době je dopravní infrastruktura v ČR ve značně zanedbaném stavu oproti jiným státům EU, což z dopravního hlediska pro ČR, jakožto tranzitní zemi, znamená obrovské množství nevyužitého potenciálu. S kvalitou dopravy se pojí úroveň mobility (schopnost přemísťování) v daném území a vysoká mobilita znamená potenciál pro rozvoj trhu a obchodu, který vede ke zlepšení ekonomické situace a životní úrovně obyvatel.

Česká republika je členem Evropské unie od roku 2004. Členství v EU znamená pro dopravní sektor ČR závazek společné dopravní politiky se všemi státy EU. Jedním z cílů EU je vyrovnání ekonomické úrovně všech regionů a členských států. Z toho důvodu poskytuje EU potřebným členským státům a regionům finanční prostředky prostřednictvím Evropských strukturálních a investičních fondů. Pro ČR představuje finanční podpora z těchto fondů příležitost pro rozvoj dopravní infrastruktury a kvality dopravy. Díky integraci trhů v rámci států

EU se v minulých letech rapidně zvýšily nároky na mobilitu a pokud nedojde k přizpůsobení se tomuto trendu, lze očekávat ztrátu potenciálních zisků. Efektivní rozvoj dopravní infrastruktury je z toho důvodu naprostou nutností. I proto je potřeba využití efektivnějších metod pro rozvoj dopravní infrastruktury.

Optimalizační metody lze využít jako nástroj pro zmíněný efektivní rozvoj dopravní infrastruktury. Optimalizace je proces, který poskytuje nejlepší možné řešení určitého problému, dle stanoveného optimalizačního kritéria. Jak již bylo zmíněno, dopravní infrastruktura se rozvíjí realizací dopravních projektů. Pokud tedy pohlížíme na rozvoj dopravní infrastruktury jako na investiční portfolio, které se skládá ze skupiny izolovaných investičních projektů, jsme teoreticky schopni, za účelem optimálního výběru projektů dle určeného kritéria, sestavit optimalizační model problému.

Diplomová práce se dělí na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou charakterizovány všechny důležité aspekty, které nějakým způsobem ovlivňují optimalizační problém. Jedná se především o definici pojmů, důležitých pro pochopení problematiky, a popsání všech souvislostí, které problematiku ovlivňují. Teoretická část tedy specifikuje a definuje všechny souvislosti, ze kterých vychází pravidla pro tvorbu optimalizačního modelu v praktické části.

Nejprve jsou definovány pojmy jako dopravní infrastruktura, doprava a jejich vzájemné propojení. Dále je vysvětlena dopravní politika EU a dopravní politika ČR, které dopravní infrastrukturu v ČR ovlivňují. Z těchto dopravních politik pak vychází Dopravní sektorové strategie, které specifikují cíle pro dopravní infrastrukturu za jednotlivá období. Na tuto část pak navazuje kapitola, která popisuje zdroje financí pro dopravní infrastrukturu a jejich rozdělení. Poslední část teoretické části se věnuje Operačnímu programu doprava, na který se tato práce zaměřuje, a jehož účelem je implementace cílů Dopravních sektorových strategií za využití uvedených národních, a především evropských finančních prostředků.

Praktická část se zaměřuje na specifikaci optimalizačního problému a s ním souvisejících dat a popis současných optimalizačních přístupů pro řešení problému. Jako jedno z možných řešení daného optimalizačního problému je pak vytvořen optimalizační model. Dalším krokem praktické části je ověření funkčnosti optimalizačního modelu a zhodnocení dosažených výsledků.

Specifikace optimalizačního problému vychází z informací, již sdělených v teoretické části. Jedná se tedy o investiční problém, jehož řešením je optimální výběr projektů, dle určeného kritéria. Je tedy třeba určit, jaké bude optimalizační kritérium problému a jaké podmínky je třeba dodržet. Jak již bylo zmíněno, práce se zaměřuje na investiční projekty financované v rámci Operačního programu doprava. Ten má stanovené čtyři prioritní osy, které se skládají

ze specifických cílů, a hlavní podmínkou optimalizačního modelu je, aby projekty přispívaly k jejich splnění. Další podmínky jsou nepřekročení objemu finančních prostředků, alokovaných do jednotlivých let programového období, respektování časových omezení projektů a naplnění minimálních hodnot indikátorů jednotlivých specifických cílů v časovém milníku a na konci programového období. Optimalizačním kritériem, jehož maximální hodnotu hledáme v optimalizačním modelu této práce, byla určena vážená hodnota kumulativní hodnoty indikátorů specifických cílů, která představuje celkový společenský užitek dopravních projektů, které optimalizační model vybere k realizaci. Na závěr práce jsou zhodnoceny výsledky optimalizačního modelu a diskuse k nim, z hlediska jejich reálného uplatnění.

2 Doprava a dopravní infrastruktura

Doprava je především službou, která představuje záměrné a organizované přemisťování osob a věcí pomocí dopravních prostředků. Představuje klíčové odvětví propojující jednotlivé segmenty hospodářství a zajišťuje správné fungování trhu. Doprava, jakožto služba, má v každém území určitou míru poptávky. Tu je třeba uspokojit v ideálním případě optimální nabídkou. Nabídka a poptávka dopravy se řeší v rámci určitého dopravního systému. Dopravní systém se skládá z dopravních prostředků a dopravní infrastruktury a je ovlivněn několika vnějšími složkami. Patří mezi ně například ekonomika, finance, politika, technologie, demografie, energetika nebo životní prostředí. Kvalitní dopravní systém znamená vysokou mobilitu, která představuje hlavní předpoklad pro výkonost průmyslu a ekonomiky, konkurenceschopnost a udržitelný rozvoj. (1)

2.1 Dopravní infrastruktura (DI)

Dle zákona č. 183/2006 Sb. (2) spadá dopravní infrastruktura pod veřejnou infrastrukturu a je definována jako stavby a pozemky pozemních komunikací, drah, vodních cest a letišť a s nimi související zařízení. Jedná se o souhrn dopravních sítí všech dopravních módů na určitém území. Hlavním účelem dopravní infrastruktury je vytvoření zázemí pro provoz dopravy. S kvalitou infrastruktury se pojí i kvalita dopravy a dopravního systému na určitém území a s tou roste životní standard společnosti a možnosti jejího rozvoje, oproti tomu je však třeba dbát na udržitelnost a životní prostředí. Obecně by dopravní infrastruktura měla poskytovat maximální výkon, rychlost a pohodlí, ale za podmínky zachování minimálních nároků na energii, prostor a negativního dopadu na životní prostředí. Dalšími důležitými parametry jsou bezpečnost dopravy a účastníků dopravy, vysoká efektivita a kvalita provozu dopravy a zdraví obyvatel. Toho lze docílit integritou s ostatními systémy. Patří mezi ně

například komodalita v nákladní dopravě, systém dopravní obslužnosti v osobní dopravě, efektivní systém bezpečnosti a řízení dopravy a využívání moderních technologií a obnovitelných zdrojů energie. Dopravní infrastrukturu je třeba neustále rozvíjet a vylepšovat tak, aby vyhovovala celosvětovému trendu vzestupy objemu přepravy. (3)

2.1.1 Pozemní komunikace

Pozemními komunikacemi se zabývá Zákon o pozemních komunikacích (4), kde je pozemní komunikace definována jako dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti. V tomto zákoně jsou také uvedeny všechny související definice, zásady a pravidla užívání pozemních komunikací a souvisejících zařízení. Základní kategorické rozdělení pozemních komunikací je následující (4):

- dálnice a silnice I. třídy,
- silnice II. a III. třídy,
- místní a účelové komunikace.

2.1.2 Dráhy

Zákon o dráhách (5) definuje jako dráhu cestu, která je určená k pohybu drážních vozidel včetně pevných zařízení potřebných pro zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy. Tento zákon dále stanovuje podmínky pro stavbu a provoz drah a zařízení souvisejících s provozem drážní dopravy a výkon státní správy v tomto odvětví. Dráhy, které spadají pod státní DI a Zákon od drahách, se dělí do následujících kategorií (5):

- železniční,
 - celostátní, regionální a místní,
 - vlečky,
 - zkušební,
 - speciální.
- tramvajové,
- trolejbusové,
- lanové.

Jedním z důležitých faktorů železniční dopravy je interoperabilita. Ta představuje technické a provozní propojení určité sítě drah, které zajistí bezpečnou a nepřerušenou jízdu drážních vozidel uvnitř celé sítě (5).

2.1.3 Vodní cesty

Zákon o vnitrozemské plavbě (6) definuje vodní cesty jako vodní tok nebo jiný útvar povrchové vody, na kterém lze provozovat plavidla, a součástími vodní cesty vodní díla a ostatní stavby a zařízení, které jsou uvedeny v příloze tohoto zákona. Zákon dále určuje vodní cesty, působnost a pravomoc správních orgánů a podmínky a pravidla pro provoz plavidel a vodní dopravy na vnitrozemských vodních cestách. Vnitrozemské vodní cesty se dále dělí na (6):

- sledované,
 - dopravně významné,
 - vyžívané,
 - nevyužitelné,
 - účelové,
- nesledované.

2.1.4 Letiště

Leteckou dopravou se zabývá Zákon o civilním letectví (7), dle kterého je letiště územně vymezená a vhodným způsobem upravená plocha včetně souboru leteckých staveb a zařízení letiště, trvale určená ke vzletům a přistávání letadel a k pohybům letadel s tím souvisejícím. Tento zákon stanovuje požadavky pro způsobilost personálu i prostředků pro provoz letecké dopravy a vymezuje související legislativu. Pro státní výkon správy ve věcech civilního letectví byl zřízen Úřad pro civilní letectví, který je podřízen Ministerstvu dopravy. Dále pojednává o letišti a leteckých stavbách a užívání leteckého prostoru ČR. DI pro leteckou dopravu tvoří letiště a s ním spojené zařízení. Letiště se rozdělují dle tohoto zákona (7):

- podle vybavení, provozních podmínek a základního určení na:
 - vnitrostátní,
 - mezinárodní,
- podle okruhu uživatelů a charakteru letiště na:
 - civilní,
 - vojenská (zákon se zabývá i využitím vojenských letišť pro civilní provoz).

2.1.5 Kombinovaná doprava

Kombinovaná nebo také intermodální doprava využívá 2 nebo více z výše zmíněných částí DI pro přepravu zboží, kde je během celé přepravy použita jedna přepravní jednotka (například kontejner) aniž by se manipulovalo přímo se zbožím. Příklad zboží mezi jednotlivými druhy

dopravy probíhá v multimodálních terminálech. Hlavním přínosem této dopravy je snížení negativního vlivu dopravy na životní prostředí a celkové zvýšení efektivity dopravy (8).

2.1.6 Zařízení pro řízení dopravy v jednotlivých módech

Jak již bylo zmíněno, je potřeba, aby doprava a s ní spojený provoz DI byla efektivní. Moderní technologie a digitalizace k této efektivitě dopravy ve velké míře přispívá. Mezi tato zařízení patří například:

- Intelligent transport systems (ITS)

Inteligentní dopravní systém nebo také dopravní telematika využívá moderní technologie k managementu a dosažení co nejvyšší efektivity dopravy a zajištění její bezpečnosti. Princip fungování ITS se dá pro zjednodušení uvést ve čtyřech, po sobě jdoucích krocích. Jsou jimi sběr dat v reálném čase, přenos dat, analýza dat a následné předání informací z analyzovaných dat uživatelům dané infrastruktury. ITS je v současné době využíváno především pro kontrolu silničního provozu. Mezi ITS technologie patří například senzory, proměnné dopravní značení a bezdrátová komunikace a výměna dat. (9)

- European Rail Traffic Management System (ERTMS)

Evropský systém řízení železniční dopravy přispívá k efektivitě a bezpečnosti železniční dopravy. Systém obsahuje všechny funkce a možnosti nutné pro povolení jízdy železničních vozidel k bezpečně jízdě na železniční infrastruktuře. Mezi hlavní zabezpečovač patří systém ETCS (10).

- Letištní systémy pro řízení dopravy

Řízení dopravy na letišti zabezpečuje Řízení letového provozu, státní podnik, který disponuje týmem školených odborníků. Ti k výkonu své práce užívají několik systémů, které jim řízení provozu usnadňují, obecně se všem těmto systémům říká ATM (air traffic management). Jedním z cílů EU je implementace Single European Sky ATM Research (SESAR), jednotného ATM pro všechny státy EU. Další systém je A-CDM, jehož účelem je zlepšení procesů pomocí synchronizace a efektivní komunikace všech letištních složek. (11)

- River information services (RIS)

Říční informační služby představují systém obsahující informace pro vymezené vnitrozemské vodní cesty.

- Evropský navigační systém Galileo

Česká republika je tranzitní země a díky tomu jsou kladeny vysoké nároky na dopravní infrastrukturu, ta je však v současné době, ve srovnání s ostatními státy Evropské unie, zanedbaná a nedostatečná jak z hlediska kvality, tak i kvantity. Celkové zlepšení infrastruktury a vyhovění Evropským standardům je dlouhodobý proces, který je třeba kvalitně provést a za optimálního využití dostupných zdrojů. Tento proces je zahrnut v dopravní politice ČR, která implementuje dopravní politiku EU. (12)

2.2 Správní uspořádání dopravního sektoru v ČR

Dopravní systém státu je velice komplexní, a pro zajištění jeho fungování je potřebný funkční systém správních orgánů. Ústředním orgánem státní správy v oblasti dopravy v České republice je Ministerstvo dopravy, zřízené na základě Kompetenčního zákona (13). Účelem MD je tvorba dopravní politiky a její implementace, tvorba strategie a schvalování projektů. Správa dopravní infrastruktury ve vlastnictví státu (dopravní infrastruktura celostátního významu) je zajišťována Ředitelstvím silnic a dálnic ČR, Ředitelstvím vodních cest ČR a Správou železnic, s.o.. Úkolem těchto organizací je příprava a implementace projektů na části infrastruktury, kterou spravují. Další organizací je Státní fond dopravní infrastruktury, zřízený zákonem o Státním fondu dopravní infrastruktury (14), který financuje projekty vymezené v jeho účelu a každý rok vytváří vlastní rozpočet, který následně schvaluje Poslanecká sněmovna Parlamentu České republiky. (15)

2.3 Dopravní politika ve vztahu k rozvoji dopravní infrastruktury

Dopravní politiku lze chápat jako postoj určitého subjektu k dopravě. Jedná se o specifikace cílů, kterých chce subjekt docílit v oblasti dopravy v určitém časovém horizontu. Cíle dopravní politiky jsou obvykle ovlivněny politickými, strategickými a ekonomickými zájmy a závazky vůči ostatním vnitřním nebo vnějším subjektům. V případě této práce jsou za subjekty považovány ČR a EU. Vnitřními subjekty ČR tak mohou být například občané ČR, zatímco vnějšími subjekty jiné státy nebo EU.

2.3.1 Dopravní politika EU

Dopravní politika EU vychází původně ze Smlouvy o fungování EU, hlavy VI Doprava, kde články 90 až 100 specifikují společnou dopravní politiku všech států EU. (16) V současné době se řídí stanovisky z dokumentů Bílá kniha (17) a Strategie Doprava 2050 (18), které byly přijaty Evropskou komisí v roce 2011. Cílem je vytvoření kvalitního a společného

integrovaného dopravního systému ve všech státech EU. Tato potřeba vyplývá z trendu zvyšujícího objemu dopravy, který měl za následek přetížení nejednotných dopravních systémů. To snižovalo efektivitu státních hospodářství, spotřeby paliva a tvořilo větší negativní dopad na životní prostředí. Dopravní politika EU určuje krátkodobé (2030) i dlouhodobé (2050) cíle a indikátory, kterých je třeba dosáhnout. EU zřídila Evropské strukturální a investiční fondy (ESIF), které podporují členské státy mimo jiné v dosažení těchto cílů. Hlavními dlouhodobými cíli jsou (19):

- žádná vozidla s konvenčním palivem ve městech,
- 40% využívání udržitelných nízkouhlíkových paliv v letecké dopravě,
- nejméně 40% snížení emisí z lodní dopravy,
- 50% přesun cest na střední vzdálenosti v meziměstské osobní a nákladní dopravě ze silniční dopravy na železniční a vodní dopravu,
- 60% snížení emisí z dopravy.

Jedny z nejdůležitějších projektů pro dosažení těchto cílů a kvalitního dopravního systému v celé EU jsou vybudování Transevropské dopravní sítě (TEN-T) a využití již zmíněných moderních technologií ve všech dopravních módech, jako jsou projekt Galileo, ITS, ERTMS, SESAR a RIS. (20)

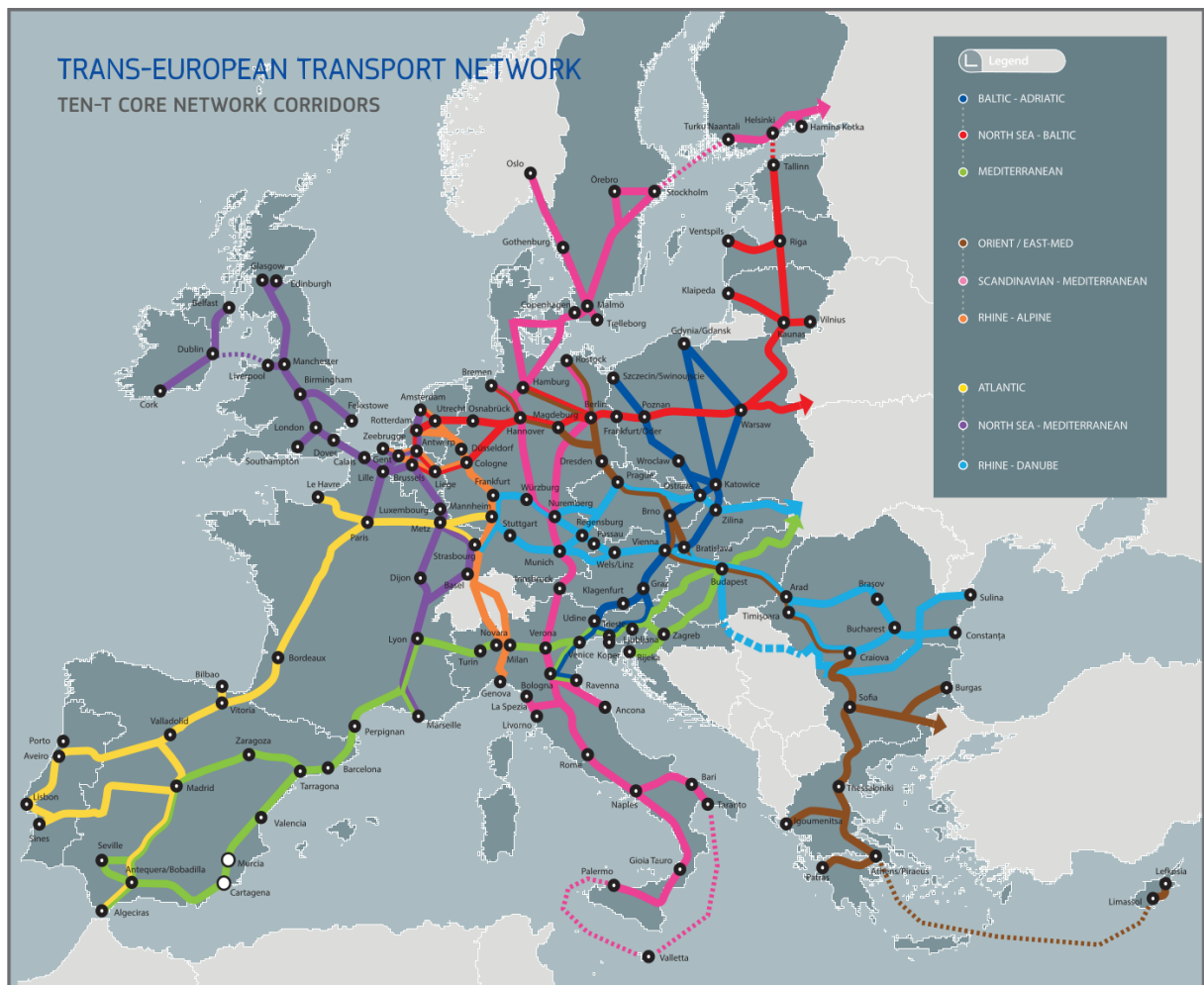
2.3.2 Transevropská dopravní síť (TEN-T)

Jeden z hlavních pilířů evropské dopravní politiky je Transevropská dopravní síť (Obrázek 1), která prvotně vychází ze Smlouvy o fungování EU, hlavy XVI Transevropské sítě, článků 170 až 172 (16). V současné době je TEN-T založena na nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1315/2013. TEN-T představuje multimodální dopravní síť v celé EU, která se skládá z devíti hlavních železničních a silničních koridorů, mezinárodních letišť a vodních cest a globální dopravní sítě. Každý hlavní koridor má svého evropského koordinátora, který zajišťuje jejich realizaci. V plánu je kompletizace celé hlavní sítě do roku 2030 a globální dopravní sítě do roku 2050. Při provozu TEN-T se klade důraz na využívání moderních technologií, inovací a digitalizace všech modů dopravy. (21) Cílem TEN-T je zaručit takovou DI, která (22):

- zajistí kvalitní fungování vnitřního trhu a dlouhodobých strategických cílů EU,
- zvýší úroveň bezpečnosti,
- podporuje moderní technologie a efektivní využívání energie,
- zabezpečí dostupnost regionů EU,
- posílí hospodářskou, sociální a územní soudržnost,

- podporuje volný pohyb uvnitř EU,
- sníží negativní dopadu dopravy na životní prostředí,
- podporuje udržitelný rozvoj.

Jelikož se ČR nachází ve středu Evropy, má z hlediska evropské dopravní sítě tranzitní postavení. Dohromady vedou přes ČR 3 hlavní koridory TEN-T, Rýnsko-dunajský, Východní a východostředomořský a Baltsko-jadranský. Z toho důvodu jsou kladeny na ČR velké nároky na dopravní infrastrukturu a kvalitní TEN-T na jejím území. Do roku 2016 bylo ale dokončeno pouze 55 % silniční sítě TEN-T a 63 % konvenční železniční sítě, která zároveň nesplňovala technické specifikace interoperability. V následujících letech by z toho důvodu mělo být prioritou vyhovět požadavkům EU a plně zprovoznit hlavní síť TEN-T na území ČR ve všech módech do roku 2030 a následně globální síť do roku 2050. (12)



Obrázek 1- Transevropská dopravní síť
Zdroj: https://www.koridory.cz/wp-content/uploads/2017/03/ttm_en.png

2.3.3 Dopravní politika ČR

Dopravní politika ČR je vrcholový strategický dokument Vlády ČR pro sektor doprava a za její implementaci je odpovědné Ministerstvo dopravy. Tento dokument je pravidelně aktualizován a momentálně je platná Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050, schválena usnesením vlády dne 8. března 2021 č. 259 (23). Hlavním cílem dopravní politiky ČR je implementace cílů a indikátorů evropské dopravní politiky a identifikace problému a opatření na jejich řešení v celém resortu dopravy. To zahrnuje již zmíněný efektivní rozvoj dopravní infrastruktury, který lze uskutečnit pomocí tří, na sebe navazujících kroků (24):

- Optimalizace přepravních potřeb, pomocí aplikovaného výzkumu v praxi a moderních technologií, jejichž využití povede ke zlepšení územního plánování a restrukturalizaci ekonomiky směrem k vyšší přidané hodnotě.
- Multimodální přístup, mezioborová spolupráce a efektivní využívání dopravy.
- Rozvoj jednotlivých druhů dopravy s ohledem na dostupnost regionů, přepravní potřeby a snížení negativních vlivů na životní prostředí a zdraví obyvatelstva, pomocí efektivního sdílení informací a provázanosti dopravního a energetického systému.

Hlavním předpokladem pro takový rozvoj a implementaci zmíněných kroků je optimální využití dostupných finančních prostředků. Všechny složky ve výše zmíněných krocích jsou financemi ovlivněny a jelikož jsou dostupné finance omezeny a ovlivňují všechny ostatní složky, je třeba je optimálně využívat a najít optimální vztah mezi potřebami dopravní infrastruktury a dostupnými financemi. Hlavním finančním plánem dopravní politiky ČR pro rozvoj silniční, železniční a vodní dopravní infrastruktury jsou dopravní sektorové strategie, 2. fáze. (12)

2.3.4 Dopravní sektorové strategie, 2. fáze (DSS2)

DSS2 navazují na Dopravní sektorové strategie, 1. fáze (DSS1) a jsou jedním z navazujících dokumentů dopravní politiky ČR. Skládají se z 10 knih, které vznikly jako seskupení 21 zpráv a jsou pravidelně aktualizovány. Účelem tohoto dokumentu je určení priorit, cílů a opatření dopravní politiky, které se týkají rozvoje a údržby dopravní infrastruktury a rozvoje transevropské dopravní sítě, alokace finančních zdrojů pro dopravní sektor ČR a plánování investic, které jsou financovány v mimo jiné v rámci OPD. Hlavním cílem dopravních sektorových strategií je (24):

- vytvoření databáze všech záměrů v oblasti rozvoje dopravní infrastruktury všech druhů dopravy ve vlastnictví státu a rozsah finančních potřeb pro regionální infrastrukturu,

- s využitím prognózy s multikriteriálního hodnocení a hodnocení přínosů a nákladů určit důležitost záměrů, které jsou členěny na projekty a náměty,
- prognóza finančních možností,
- rozdělení finančních prostředků na opravy, údržbu, provoz a rozvoj dopravní infrastruktury,
- vytvoření harmonogramu přípravy a realizace projektů a námětů v závislosti na pořadí, důležitosti a dostupnosti finančních zdrojů.

3 Zdroje financování pro dopravní infrastrukturu ČR

Financování představuje poskytování určité hodnoty finančních prostředků (pasiv) za účelem obchodních aktivit (aktiv). Při financování dlouhodobých aktiv, u kterých očekáváme výnos či prospěch v budoucnu, se jedná o investice. Pasiva představují kapitál, který je možno získat z různých zdrojů. Finanční zdroje mohou být z obecného pohledu interní (zisky, akcie, odpisy, rezervy), nebo externí (úvěr, dotace, dluhopis, obligace, leasing). Při investování hraje obvykle roli několik aspektů, ke kterým investoři přihlíží za účelem správného rozhodnutí pro investice. Hlavní dva aspekty jsou výše finančních zdrojů a jejich struktura. (15)

Financování, v případě této práce, představuje poskytování finančních prostředků za účelem realizace projektů na dopravní infrastrukturu. Jedná se tedy o specifickou oblast, kdy finanční zdroje pocházejí zpravidla z veřejných zdrojů. V případě nových staveb a implementace moderních technologií za účelem zvýšení efektivity dopravy, se jedná o investice. V případě financování oprav, údržby a provoz se o investice nejedná. Finanční prostředky pro DI celostátního významu spravuje v rámci ČR SFDI, který vytváří z dostupných zdrojů rozpočet na každý rok, který následně schvaluje PS PČR. Zdroje financí pro financování DI, kterými disponuje SFDI jsou interní i externí a jejich výše pro investování na dopravní infrastrukturu není konstantní a mění se každé rozpočtové období v závislosti na skladbě příjmů SFDI. Příjmy SFDI stanoví zákon o SFDI a jsou jimi (15):

- Národní zdroje:
 - 100 % silniční daně
 - 9,1% spotřební daně z minerálních olejů
 - 100 % příjmů z dálničních kupónů
 - Výnosy z mýta
 - Dotace ze státního rozpočtu
- Zdroje EU

- převedení 30 % silniční nákladní přepravy nad 300 km na jiné druhy dopravy, jako např. na železniční či vnitrozemskou vodní dopravu do roku 2030, a více než 50 % do roku 2050,
- dokončení evropské vysokorychlostní železniční sítě do roku 2050, ztrojnásobení délky stávajících vysokorychlostních železničních sítí do roku 2030 a udržení husté železniční sítě ve všech členských státech,
- do roku 2050 většina objemu přepravy cestujících na střední vzdálenost realizovaná po železnici,
- plné zprovoznění celounijní multimodální hlavní sítě TEN-T do roku 2030 s tím, že do roku 2050 by tato síť byla vysoce kvalitní a kapacitní s odpovídajícím souborem informačních služeb,
- do roku 2050 propojení všech letišť na hlavní síti na železnici, pokud možno vysokorychlostní,
- snížení používání konvenčně poháněných automobilů v městské dopravě do roku 2030 na polovinu, jejich postupné vyřazení z provozu ve městech do roku 2050,
- do roku 2030 ve velkých městech zavedení městské logistiky v podstatě bez obsahu CO₂.

3.1.1 Zdroje financí pro OPD

OPD je financován z tzv. Evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF) a spolufinancován z národních zdrojů. Účelem ESIF je financování rozvoje regionů EU za účelem vyrovnání rozdílné úrovně vyspělosti jejich hospodářství, a to v souladu s cíli strategie Evropa 2020, což je hlavní hospodářská reformní agenda EU. ESIF se skládá z pěti fondů, přičemž OPD financují z těchto fondů pouze dva (FS a EFRR). ESIF spravují jednotlivé země EU prostřednictvím tzv. Dohod o partnerství. V praxi to znamená, že každá země si ve spolupráci s Evropskou komisí určí, jakým způsobem budou finanční prostředky jednotlivých fondů v daném programovém období využity. (26)

Fondy, ze kterých je OPD financován jsou Fond soudržnosti (FS), zřízen na základě Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1300/2013 (27), a Evropský fond pro regionální rozvoj (EFRR), zřízen na základě Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1301/2013 (28).

3.1.1.1 Národní zdroje

Podmínkou financování ze zdrojů ESIF je na straně členského státu zajištění spolufinancování z národních zdrojů. Systém finančních toků prostředků ESIF v ČR pak zapojuje národní zdroje, konkrétně prostředky státního rozpočtu, také do předfinancování výdajů ze zdrojů ESIF, které je poskytováno z rozpočtových kapitol jednotlivých řídicích orgánů operačních programů (v případě OPD kapitola Ministerstva dopravy) a následně je na základě procesu certifikace ze strany Platebního a certifikačního orgánu (jeho roli zastává Ministerstvo financí) prováděna refundace těchto zdrojů prostřednictvím tzv. Národního fondu. (29)

V případě OPD se zdroje spolufinancování z národních zdrojů liší v závislosti na prioritní ose a specifickém cíli. Spolufinancování pro specifické cíle a projekty, které jsou zaměřeny na modernizaci a rozvoj dopravní infrastruktury celostátního významu, je zajištěno ze zdrojů SFDI. Takto je spolufinancována majoritní část OPD. V případě specifických cílů a projektů zaměřených na jiné typy infrastruktury se zdroje financování liší v závislosti na specifickém cíli a na subjektech, které jsou příjemcem podpory a je poskytováno mimo jiné ze zdrojů státního rozpočtu, kapitoly Ministerstva dopravy, dále pak z rozpočtů měst či z vlastních zdrojů příjemců, kteří nejsou součástí veřejného sektoru. (29)

3.1.1.2 Fond soudržnosti

Cílem FS je udržitelný rozvoj a hospodářská a sociální rovnost všech států EU. Z toho důvodu financuje FS intervence na území států, které mají hrubý národní důchod (HND) na obyvatele nižší než 90 % průměru EU. Celkový objem FS je navržen v období (2020-2027) na 42,6 miliard EUR. FS je možno čerpat pro financování (30):

- TEN-T
- Prioritní projekty v zájmu EU
- Projekty v CEF (mimo OPD z tzv. kohezní obálky)
- Projekty s pozitivním dopadem na životní prostředí

3.1.1.3 Evropský fond pro regionální rozvoj

Cílem EFRR je sociální a ekonomická rovnost evropských regionů. EFRR je však oproti FS rozdělen nikoliv na podporu celých států, ale na podporu regionů méně rozvinutých, více rozvinutých, přechodových a nejvzdálenějších a severních řídko osídlených. Regiony v ČR spadají aktuálně mezi regiony méně rozvinuté a přechodové. Celkový objem EFRR činí pro období (2021-2027) cca 200,36 miliard EUR. EFRR podporuje (31):

- Rozvoj a strukturální změny regionů, jejichž rozvoj zaostává
- Přeměny upadajících průmyslových regionů

3.1.1.4 Celkový přehled fondů a jejich finanční prostředky v rámci OPD 2021-2027

Přehled je uveden v následující Tabulka 1 (12):

*Tabulka 1- Objem finančních prostředků evropských fondů pro ČR
Zdroj: tvorba autora dle (12)*

Fond ESIF financující OPD	Rozdělení do regionů	Finanční prostředky (EUR)
FS	celá ČR	4 577 049 123
EFRR	ČR - Měně rozvinuté	174 590 251
	ČR - Přejchodové	104 413 415
Celkem	ČR	4 856 052 789

Objem finančních prostředků je dál alokovan do jednotlivých let programového období OPD, tyto alokace a procentuální rozložení národních a evropských finančních prostředků jsou uvedeny v kapitole Charakteristika vybraného problému.

3.1.2 Operační program doprava 2021-2027 (OPD 2021-2027)

OPD 2021-2027 (12) vychází z Národní koncepce realizace politiky soudržnosti v ČR po roce 2020 a navazuje na předchozí období. Oproti předchozímu OPD 2014-2020 je však v návrhu programu (program dosud nebyl ze strany EK schválen a během vyjednávání a jeho konečné podobě se může struktura změnit) změněna struktura a určení priorit. V období 2021-2027 jsou priority určeny následovně (12):

- P1: Evropská, celostátní a regionální mobilita v silniční a železniční dopravě
- P2: Celostátní a regionální mobilita v silniční dopravě
- P3: Udržitelná mobilita a alternativní paliva
- P4: Technická pomoc

Jak již bylo zmíněno, priority slouží pro naplnění strategických a investičních potřeb a řeší klíčové problémy na dopravní infrastruktuře. Jelikož jsou ale výše uvedené priority příliš obecné, jsou dále rozděleny do specifických cílů, jejichž výstupy a výsledky jsou měřeny a hodnoceny pomocí indikátorů (ukazatelů). Bližší popis indikátorů je v kapitole Indikátory pro hodnocení projektů OPD.

V OPD hrají u výběru a hodnocení projektů, které program podpoří, velkou roli také milníky a cíle, které představují hodnoty indikátorů, které musí být splněny do určitého roku a na konci programového období. Předpokládá se, že pokud dojde k naplnění hodnot těchto milníků a cílů, dojde k úspěšné realizaci priorit a plánu OPD. V OPD 2021-2027 představuje tento milník rok 2024. V kapitole Charakteristika vybraného problému jsou uvedeny všechny indikátory výstupů a výsledků pro každou prioritu a jejich požadované hodnoty v milnících a na konci programového období. Tyto konkrétní hodnoty jsou uvedeny v kapitole Charakteristika vybraného problému (12).

Priorita 1 - Evropská, celostátní a regionální mobilita v silniční a železniční dopravě

Tato priorita je financována z Fondu soudržnosti. Jedná se o projekty, které ovlivní železniční a silniční infrastrukturu v rámci TEN-T i mimo TEN-T. Podporuje se také rozvoj systému a služeb ITS. Tato priorita se skládá ze dvou specifických cílů:

- rozvoj udržitelné, inteligentní, bezpečné a intermodální sítě TEN-T odolné vůči změnám klimatu,
- rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility.

V specifickém cíli „rozvoj udržitelné, inteligentní, bezpečné a intermodální sítě TEN-T odolné vůči změnám klimatu“ se jedná především o projekty hlavních koridorů TEN-T a globálních železničních tratí. U železničních tratí se bude podpořeno dobudování chybějící sítě a zajištění efektivnější bezpečnější a udržitelnější dopravy a digitalizace, pomocí implementace moderních technologií na hlavní i globální TEN-T. U silniční dopravy bude podpořena především výstavba chybějících úseků dálnic hlavní TEN-T, zvýšení bezpečnosti a plynulosti silničního provozu a implementace ITS technologií.

Ve specifickém cíli „rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility“ dojde k podpoře železniční sítě mimo TEN-T a infrastruktury pro elektromobilitu a jiná alternativní paliva. U železniční infrastruktury dojde k podpoře udržitelné

regionální, příměstské a městské dopravy a využívání ITS v hustě osídlených oblastech, které navazují na TEN-T.

Priorita 2 - Celostátní a regionální mobilita v silniční dopravě

Tato priorita je financována z Evropského fondu pro regionální rozvoj, v OPD jsou tímto fondem financovány méně rozvinuté a přechodové oblasti. Projekty této priority cílí na uživatele silniční dopravy. Jedná se především o zkvalitnění silnic I. třídy a dálnic mimo TEN-T a snížení jejich negativního dopadu na okolí a životní prostředí. Podporou těchto projektů dojde ke zlepšení dostupnosti regionální silniční sítě k TEN-T.

Priorita 3 – Udržitelná městská mobilita a alternativní paliva

Priorita 3 je financována z Fondu soudržnosti. Projekty v rámci této priority prospívají především uživatelům drážní dopravy v městských oblastech, provozovatelům dobíjecích a plnicích stanic a v menším měřítku provozovatelům silniční nákladní dopravy. V širším smyslu budou mít projekty této priority pozitivní dopad na životní prostředí a udržitelnou mobilitu ve městech, díky podpoře elektromobility a alternativních paliv.

Priorita 4 – Technická pomoc

Cílem této priority je zajištění podpory pro ostatní priority a jejich implementace, za účelem naplnění plánu OPD 2021-2027. Finanční prostředky budou poskytnuty z Fondu soudržnosti a zaměření priority bude do následujících oblastí:

- řízení a kontrola programu,
- podpora absorpční kapacity,
- technické zabezpečení činností,
- publicita,
- vzdělávání,
- evaluace,
- dokončení realizace programového období 2014-2020 a vybudování nového plánu pro programové období 2028+.

4 Hodnocení investičních projektů na dopravní infrastrukturu

Rozvoj dopravní infrastruktury probíhá realizací projektů, které představují určité opatření na DI. Za účelem výběru a hodnocení projektů a následnému rozhodování o jejich financování jsou stanovena kritéria, která lze hodnotit na základě parametrů jednotlivých projektů. Hodnocení projektů by mělo zajistit, že alokace finančních zdrojů pro rozvoj dopravní infrastruktury bude provedena tak, aby vložené veřejné prostředky přinesli budoucím uživatelům co nejvyšší užitek. Jednotlivé metody hodnocení projektů jsou navrženy tak, aby umožnily posoudit účelnost, efektivitu a ekonomičnost navrhovaných opatření na dopravní infrastrukturu. (29)

4.1 Projekty na dopravní infrastrukturu

Projekty na DI jsou v mnoha ohledech specifické oproti jiným druhům projektů. Výnosy dopravních projektů ve formě finančního zisku lze očekávat pouze u některých typů projektů, jako jsou například dálnice nebo rychlostní silnice, které budou zpoplatněny. I u těchto projektů však nelze prostřednictvím výnosů předpokládat zajištění finanční návratnosti. Hlavním přínosem dopravních projektů je však celospolečenský užitek, který souvisí s rozvojem dopravní infrastruktury. Dalším specifickým dopravních staveb je jejich finanční náročnost a vysoká doba přípravy před realizací (obvykle 7-10 let). Co se týká financování, dopravní projekty obvykle nejsou financovány ze soukromých zdrojů, nýbrž z národních a evropských, přičemž projekty, financované z evropských zdrojů, musí přispívat k určitým strategickým cílům EU.

Projekty dopravní infrastruktury celostátního významu, o nichž v této práci hovoří, jsou z hlediska efektivnosti v rámci rozhodování o jejich záměrech hodnoceny podle pravidel, která aktuálně stanoví Resortní metodika (32) a Prováděcí pokyny (33) a níže uvedený popis životního cyklu projektu vychází z této metodiky.

Životní cyklus projektu na DI se skládá z několika fází, které jsou koncepce, příprava, realizace a provoz.

Koncepce

V prvotní fázi dochází k identifikaci potřeb DI a následně se vytvoří několik variant projektu, které slouží k úplné či částečné saturaci určených potřeb. Následně probíhá ekonomické hodnocení variant, které vede k výběru a schválení jedné varianty projektu. Tento proces se skládá ze tří dokumentů:

- vyhledávací studie,

- předběžná studie proveditelnosti,
- studie proveditelnosti.

Územní příprava

Po schválení přechází projekt do fáze územní přípravy. V této fázi dochází k zařazení projektu do rozpočtu SFDI a ekonomickému hodnocení varianty a porovnání se studií proveditelnosti. Závěrem fáze je stanovisko EIA, schválení záměru projektu Centrální komisí na Ministerstvu dopravy a územní rozhodnutí. Územní příprava zahrnuje tři dokumenty:

- dokumentace procesu EIA,
- záměr projektu,
- dokumentace pro územní rozhodnutí.

Stavební příprava

Během stavební přípravy dochází k přípravě k realizaci projektu. To zahrnuje majetkoprávní vypořádání, stavební řízení a žádost o spolufinancování v případě, kdy se předpokládá, že projekt bude podpořen z OPD. Následně proběhne ekonomické hodnocení projektu a porovnání změn s předchozím hodnocením za účelem zjištění negativních dopadů, které by mohli ovlivnit finanční náročnost projektu. V případě potvrzeného negativního dopadu se hledá finančně efektivní řešení problému. Rozhodujícím milníkem této fáze je získání stavebního povolení. Pro tuto fázi jsou stěžejní dva dokumenty:

- dokumentace pro stavební povolení/dokumentace pro ohlášení stavby,
- zadávací dokumentace stavby, projektová dokumentace pro provádění stavby.

Realizace

Během této fáze probíhá stavba projektu a paralelně monitoring klíčových finančních ukazatelů. Ukončením této fáze je kolaudace stavby. Stěžejní dokumenty v rámci této fáze jsou:

- realizační dokumentace stavby,
- dokumentace skutečného provedení stavby.

Provoz

V provozní fázi probíhá údržba a s ní spojené případné opravy. Z hlediska projektu se stále provádí monitoring po celou dobu udržitelnosti projektu a vyhodnocování přínosů projektu a míry spolehlivosti hodnocení jejich ekonomické efektivnosti v časových intervalech (Ex-post hodnocení). Konečným milníkem této fáze je likvidace stavby. Důležité dokumenty projektu provozní fáze jsou:

- monitorovací zprávy,
- Ex-post hodnocení.

4.2 Výběr a hodnocení projektů OPD

Žádost o podporu v programu OPD podává žadatel, který má roli vlastníka či provozovatele dané infrastruktury, pomocí internetového portálu ISKP14+. Navíc tento portál slouží ke správě projektů pro nositele strategií integrovaných nástrojů a externí hodnotitele po celou dobu jejich životního cyklu. (34) Abychom projekt mohli financovat, je potřeba, aby projekt v minulosti prošel ekonomickým hodnocením a byl prokázán jeho celospolečenský přínos. Další podmínkou je připravenosti projektu k realizaci. Pro financování v rámci OPD je navíc potřeba, aby projekt přispíval k naplnění strategických cílů EU. Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, schválení projektu je posledním milníkem koncepční fáze a vychází z ekonomického hodnocení projektu. Ekonomické hodnocení probíhá ve více fázích projektu, v každé fázi se však liší míra podrobnosti. Pro zařazení projektu do přípravy vedoucí k realizaci je však stěžejní hodnocení ekonomické efektivity, které je součástí podkladů zpracovaných ve fázi záměru projektu. Pro korektní hodnocení projektu by vždy měla být provedena analýza problému, určení relevantních souvislostí a kontextu, definice návrhových variant a definice vstupů pro hodnocení. Tyto potřebné informace lze rozdělit do tří částí (32):

- analytická část,
- návrhová část,
- hodnotící část.

Analytická část

Tato část zahrnuje analýzu problému na dopravní infrastrukturu a určení souvislostí problému a okolní infrastruktury. Následuje analýza současného stavu a určení stavu cílového neboli stavu po realizaci projektu. Na základě cíle projektu se definují konkrétní měřitelné a dosažitelné cíle, které slouží k identifikaci projektu. Na celém procesu analytické části by se měly podílet všechny zúčastněné subjekty (správci infrastruktury, SFDI, regionální subjekty). (32)

Návrhová část

Cílem této části je vytvoření návrhu odlišných variant řešení problému, definovaného v analytické části. Každá varianta projektu je popsána z pohledu technického řešení, provozního konceptu, dopravní prognózy, územní průchodnosti a ve vztahu k životnímu prostředí a v souladu s definovanými cíli projektu. Následuje vzájemné porovnání všech

variant projektu a varianty bez projektu, která představuje situaci, ve které by nedošlo k řešení definovaného problému. Porovnání probíhá na základě určitých parametrů, kterými jsou například návrhová rychlost, finanční náročnost nebo kapacita. Na základě porovnání se pak vyřadí nerelevantní varianty a vybrané varianty přechází do další fáze. (32)

Hodnotící část

V hodnotící části dochází k ekonomickému hodnocení vybraných variant projektu. K ekonomickému hodnocení je možno použití více hodnotících metod, které se vybírají na základě konkrétních parametrů variant projektu (32):

- analýza nákladů a přínosů (CBA),
- multikriteriální analýza (MCA),
- analýza minimalizace nákladů (CMA),
- analýza efektivnosti nákladů (CEA),
- analýza užitečnosti nákladů (CUA).

Nejpoužívanější z těchto metod jsou CBA a MCA. Po ekonomickém hodnocení variant projektu jsou využívány pomocné výpočetní nástroje a modely, pomocí kterých lze určit výsledné ekonomické ukazatele a pořadí variant projektu. Na základě těchto výstupů se provede posouzení naplnění definovaných cílů projektu a odvodí závěr a závěrečná doporučení projektu, které slouží k rozhodnutí o schválení projektu ve fázi záměru projektu. (32)

Analýza nákladu a přínosů

Jak název napovídá, tato metoda vyměřuje míru přínosů projektu pro společnost, které na DI představují současně cíle národní a evropské dopravní politiky, a to vzhledem k finančním nákladům. Metoda CBA pracuje s hodnotami externalit, které představují náklady a přínosy a je považována za nejvhodnější metodu, pro hodnocení projektů na DI. Cílem CBA je kvantifikovat dopady projektu na všechny dotčené subjekty a převést tento dopad na jednotnou číselnou (ideálně monetární) jednotku. Na základě těchto údajů lze rozhodnout, zda je projekt přínosem pro společnost či nikoliv. V rámci CBA se provádí (32):

- přepravní prognóza,
- finanční analýza,
- ekonomická analýza,
- analýza citlivosti a rizik.

Multikriteriální analýza

MCA je druhá nejpoužívanější metoda pro hodnocení variant projektu. MCA spočívá v hodnocení několika variant projektu podle několika kritérií. Oproti CBA se dá tato metoda použít pro hodnocení nemonetárních parametrů. MCA tedy představuje nástroj pro řešení většího počtu různých cílů, které mají své specifické parametry. Z toho důvodu je vhodnější pro porovnání více variant projektu, ale ne pro celkové vyhodnocení přijatelnosti projektu. Výstupem této analýzy je pořadí variant projektu podle přínosu pro společnost. (32)

4.3 Indikátory pro hodnocení projektů OPD

Každý projekt na dopravní infrastrukturu, který má být podpořen z veřejných zdrojů, musí mít prokazatelný užitek pro společnost. Jak bylo zmíněno v kapitole Dopravní infrastruktura (DI), zkvalitnění DI má za následek zvýšení ekonomické úrovně státu i obyvatel. OPD aplikuje strategické cíle DSS pomocí určených priorit, které se dělí do specifických cílů. Jak již bylo zmíněno, naplnění specifických cílů se hodnotí pomocí indikátorů. Máme tedy za to, že pokud dojde ke splnění určených hodnot indikátorů, dojde zároveň k naplnění specifických cílů, potažmo saturaci potřeb pro DI na dané období. Indikátory mohou být výstupy nebo výsledky. Indikátory výstupů představují čistě fyzické jednotky specifického cíle. Indikátory výsledků se dají teoreticky vyjádřit jako indikátory jednoho, či více výstupů, v rámci využití společností, příklad je uveden v tabulce. V praxi se však často výstupy užívají i jako výsledky, za účelem zjednodušení. (12)

Příklad indikátorů výstupu a výsledku je uveden v Tabulka 2.

*Tabulka 2- Demonstrace indikátorů výstupů a výsledků
Zdroj: tvorba autora, data získána z (12)*

Indikátor výstupu	Přispívá k indikátoru výsledku
Délka tramvajových tratí a tratí metra – nové (km)	Počet cestujících ve veřejné dopravě za rok
	Počet uživatelů nových/modernizovaných tramvajových tratí a tratí metra za rok
Délka tramvajových tratí a tratí metra – rekonstruované (km)	Počet cestujících ve veřejné dopravě za rok
	Počet uživatelů nových/modernizovaných tramvajových tratí a tratí metra za rok
Délka trolejbusových tratí - rekonstruované/modernizované (km)	Počet cestujících ve veřejné dopravě za rok
vybudování nové stanice metra (ks)	Počet cestujících ve veřejné dopravě za rok
	Počet uživatelů nových/modernizovaných tramvajových tratí a tratí metra za rok

Míra příspěvku ukazatele výstupu k výsledku se může u každého projektu lišit, pro určení co nejpřesnějších hodnot je proto třeba expertního posudku a dostatek potřebných vstupních dat. V Tabulka 3 je uveden příklad.

*Tabulka 3- Demonstrace rozdílů výsledků stejného indikátoru, v závislosti na lokaci
Zdroj: tvorba autora, data fiktivní*

Specifický cíl - podpora udržitelné multimodální městské mobility		Indikátor výstupu	Indikátor výsledku
Město	Počet obyvatel	Délka nových tramvajových tratí a tratí metra (km)	Počet uživatelů nových/modernizovaných tramvajových tratí a tratí metra za rok (uživatelé)
Praha	1 300 000	10	300 000
Sokolov	27 000	10	6 000

Data v tabulce jsou fiktivní, jejich účelem je pouze demonstrace faktu, že stejný výstup nemusí generovat stejné výsledky. 10 kilometrů tramvajové trati na maloměstě nebude mít stejný počet uživatelů, jako velkoměsto. Výsledek se značně liší a tento jednoduchý příklad demonstruje důležitost ohledu na společenský užitek při výběru projektů. Přepočítání výstupů na výsledky nelze jednoduše stanovit, naopak jde u jednotlivých projektů o specifické hodnoty. V modelu, který tato práce navrhuje, je nedostatek hodnot výsledků nahrazen koeficientem váhy, blíže v kapitole Charakteristika vybraného problému. (29)

5 Optimalizace a její význam v dopravě

V dnešním světě je doprava naprostou nutností a je jedním ze základních pilířů ekonomiky. Současným celosvětovým trendem je neustále se zvyšující objem dopravy, který má kromě pozitivního dopadu na obchod a hospodářství také své externality, které jsou především negativní. Jedním z možných řešení negativních externalit dopravních problémů, za podmínky zachování požadovaného objemu dopravy, je jejich optimalizace, která se dá uplatnit ve všech druzích dopravy a logistice. Jedním z příkladů je optimalizace třídění zásilek, skladovacích procesů, přepravních procesů nebo umístování obslužných středisek (lokační úlohy). Optimalizace v dopravě a logistice, stejně jako v jiných oborech, má za následek efektivní využívání všech dostupných zdrojů (pohonné hmoty, finance, čas) za zachování požadovaného dopravního výkonu.

Jedním z optimalizačních přístupů se širokým uplatněním je matematické programování, což je soubor matematických principů a metod určených pro hledání extrému (optima) zvoleného hodnotícího kritéria při zachování předem definovaných vstupních podmínek. Řešení určitého problému se dá považovat za optimální, je-li, z hlediska určitého kritéria, nejlepší možné. Matematické programování má mnoho podob, mezi druhy matematického programování patří například programování lineární, nelineární, dynamické, stochastické a cílové. Uplatnění těchto metod se liší v závislosti na komplexnosti problému a dostupných datech a parametrech. Pro tvorbu optimalizačního modelu v této práci je použita metoda lineárního programování. (35)

5.1 Specifikace lineárního programování

Lineární matematický model se skládá ze dvou základních prvků: optimalizačního kritéria a soustavy omezujících podmínek.

Veličiny použité v matematickém modelu mohou být dvojího charakteru – konstanty a proměnné. Konstanty reprezentují vstupní údaje a v průběhu optimalizačního výpočtu se jejich hodnoty nemění. Proměnné reprezentují rozhodnutí, která mají být po ukončení optimalizačního výpočtu realizována.

Optimalizační kritérium představuje určitý parametr úlohy, podle kterého hledáme optimální řešení, příkladem je přepravní vzdálenost nebo zisk. Optimalizační kritérium je nejčastěji vyjádřeno účelovou funkcí. Cílem optimalizace je tedy určení takových hodnot proměnných, kterými dosáhneme maxima či minima účelové funkce. Typ hledaného extrému závisí na povaze daného optimalizačního kritéria. Například v situaci, kdy je optimalizačním kritériem

přepravní vzdálenost, budeme hledat jeho minimum. V případě, kdy je optimalizačním kritériem zisk, budeme hledat jeho maximum.

Soustava omezujících podmínek reprezentuje omezení, která v úloze vystupují. Omezující podmínky jsou formulovány pomocí rovnic či nerovnic. V rovnici/nerovnici se je obvykle vyjádřena proměnná v závislosti na jiných parametrech modelu. Omezující podmínky mohou být dvojího typu strukturální a obligatorní, strukturální podmínky lze ještě rozdělit na podmínky vyjadřující reálná omezení a vazební podmínky. Vazební podmínky vytvářejí logické vazby mezi hodnotami proměnných z různých skupin. Některé strukturální podmínky mohou současně plnit obě funkce.

Obligatorní podmínky vymezují definiční obory proměnných použitých v modelu a zaručují správnou interpretaci výsledků optimalizačního výpočtu. Definiční obor se volí v závislosti na povaze konkrétního rozhodnutí reprezentovaného danou proměnnou. V lineárních matematických modelech mohou být použity tři typy definičních oborů, viz Tabulka 4.

*Tabulka 4- přehled proměnných v lineárním programování
Zdroj: tvorba autora*

Typ proměnné	Definiční obor
binární	$\{0; 1\}$
celočíslné	Z_0^+
reálné	R_0^+

V lineárním programování lze využít symbolů rovnosti $\leq, \geq, =$ a povolenými matematickými operacemi s výrazy obsahujícími proměnné jsou sčítání, odčítání, násobení a dělení.

6 Charakteristika vybraného problému

Cílem této práce je optimalizace výběru projektů, které budou připravovány pro získání finanční podpory v rámci OPD 2021-2027. Jednou z nutností této potřeby je fakt, že v OPD 2014-2020 nedošlo k saturaci potřeb dopravní infrastruktury a je zřejmé, že ani finanční alokace OPD 2021-2027 není dostatečná po financování všech projektů, které jsou do budoucna pro výstavbu dopravní infrastruktury v ČR plánovány. S ohledem na limitovaný rozsah disponibilních zdrojů v rámci OPD a do budoucna i zdrojů národních je proto dbát na optimalizaci finančních prostředků vynaložených na projekty, za podmínky splnění strategických cílů, definovaných v DSS.

Uvažujme tedy určitý zásobník projektů na dopravní infrastrukturu. Jde o seznam projektů, u kterých budoucí příjemci znají předpokládané náklady, základní indikátory (alespoň indikátory výstupu) a stav připravenosti (vědí, že je možné je realizovat v rámci programového období). Současně jde o projekty, které věcně odpovídají příslušným prioritám a specifickým cílům OPD. Pro model, pomocí kterého dojde k optimalizaci výběru projektů, je nezbytné znát pro každý projekt následující informace:

- počet let potřebných k realizaci projektu,
- objem finančních prostředků potřebných k financování dílčích let realizace projektu,
- časové omezení realizace projektu,
- míra příspěvku projektu k indikátorům výstupů,
- důležitost (váha) projektu.

Finanční prostředky OPD se uvolňují do projektů každý rok jejich realizace. To znamená, že celkové náklady na projekt jsou rozděleny tak, aby uspokojily finanční nároky každého roku realizace. Při výběru projektů je třeba brát ohled na časové omezení realizace projektu. U každého projektu je uvedena připravenost neboli nejdříve možný rok realizace projektu. Krom tohoto omezení může být realizaci projektu omezena i nejpozději možným ukončením projektu. To může být určeno u projektů, které přecházejí z předchozího období a musí být dokončeny. Míra příspěvku projektu k indikátorům značí fyzické ukazatele projektu, které vedou ke zlepšení kvality dopravní infrastruktury. Všechny tyto parametry jsou závazně určeny při podání žádosti o podporu projektu, jejich hodnoty jsou však známy již v okamžiku posuzování seznamu projektů k přípravě.

Optimální výběr projektů také ovlivňují parametry stanovenými na úrovni programu. Jsou jimi:

- alokace objemu finančních prostředků pro celý OPD / jednotlivé fondy / jednotlivé priority na jednotlivé roky programového období,
- naplnění požadovaných hodnot indikátorů, určenými EU, za celý OPD / prioritu.

Alokace finančních prostředků

Objem finančních prostředků se pro každé programové období mění a je před každým obdobím schvalován komisí EU. Schválené finanční prostředky ze zdrojů EU pro OPD 2021-2027 jsou uvedeny v Tabulka 5. Indikátory a jejich požadované hodnoty jsou také určeny v dokumentu OPD 2021-2027 a uvedeny v tabulkách 8-11. Při čerpání finančních prostředků platí pravidlo n+2. Toto pravidlo umožňuje čerpání finančních prostředků, které nebyly v jednotlivých letech programového období utraceny, i v následujících dvou letech.

Tabulka 5- Alokace evropských finančních prostředků v OPD 2021-2027
Zdroj: tvorba autora dle (12)

Zdroj financí		Objem finančních prostředků na rok						
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
FS		615 664 823	627 979 074	640 539 609	653 351 515	666 419 660	556 456 166	577 786 225
EFRR	méně rozvinuté	23 482 666	23 953 087	24 432 838	24 922 950	25 421 752	21 608 386	22 038 965
	přechodové	14 043 635	14 324 908	14 611 801	14 904 545	15 203 063	12 922 901	13 181 583
Celkem		653 191 124	666 257 069	679 584 248	693 179 010	707 044 475	590 987 453	613 006 773

Podmínkou financování z prostředků ESIF je to, že prostředky EU jsou spolufinancovány z národních zdrojů ve stanovené procentní výši, uvedené v Tabulka 6. Zdroj spolufinancování z národních zdrojů se může lišit v závislosti na typu projektu, na typu příjemce a na specifickém cíli. V případě projektů dopravní infrastruktury celostátního významu, jejichž příjemci jsou Ředitelství silnic a dálnic ČR a Správa železnic, s.o., je zdrojem spolufinancování národního podílu SFDI a prostředky na spolufinancování jsou součástí rozpočtu SFDI společně s podílem EU.

Tabulka 6- Procentuální podíl národních a evropských zdrojů
Zdroj: tvorba autora dle (12)

Zdroj financí		Procentuální rozložení národních a evropských zdrojů	
		Národní	Evropské
FS		18%	82%
EFRR	méně rozvinuté	15%	85%
	přechodové	30%	70%
Celkem		18%	82%

Indikátory specifických cílů OPD

Hodnoty indikátorů, jejichž naplněním dojde k saturaci potřeb DI pro dané období, jsou určeny v dokumentu OPD 2021-2027. Přehled všech indikátorů, včetně specifických cílů a jejich požadovaných hodnot v milníku a na konci období jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Priorita 1

Tabulka 7- Priorita 1, specifický cíl rozvoj udržitelné, inteligentní, bezpečné a intermodální sítě TEN-T odolné vůči změnám klimatu

Zdroj: tvorba autora dle (12)

Poznámka: prázdné hodnoty zatím nebyly stanoveny a schváleny ze strany Evropské komise.

Specifický cíl	Indikátory výstupů	Milník (2024)	Cíl	
Rozvoj udržitelné, inteligentní, bezpečné a intermodální sítě TEN-T odolné vůči změnám klimatu	Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných železničních tratí – TEN-T (km)		27,3	
	Délka železničních tratí vybavených evropským systémem řízení železničního provozu – TEN-T (km)		35	
	Železniční stanice a zařízení – nové nebo modernizované (ks)		3	
	Počet modernizovaných vozidel pro drážní dopravu v oblasti interoperability (vozidla)		1200	
	Délka nových nebo upgradovaných silnic – TEN (km)		200	
	Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných silnic – TEN-T (km)		0	
	Indikátory výsledků			
	Uživatelé nově vybudovaných, rekonstruovaných nebo modernizovaných silnic (osobo-km/rok)			
	Časové úspory díky lepší silniční infrastruktuře (osobo-km/rok)			
	Počet osob přepravených za rok na podporovaných železničních tratích (osobo-km/rok)			
	Železniční nákladní doprava (tkm/rok)			
	Časové úspory díky lepší železniční infrastruktuře (osobo-km/rok)			

Tabulka 8- Priorita 1, specifický cíl rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility.

Zdroj: tvorba autora dle (12)

Poznámka: prázdné hodnoty zatím nebyly stanoveny a schváleny ze strany Evropské komise.

Specifický cíl	Indikátory výstupů	Milník (2024)	Cíl	
Rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility	Délka nových nebo upgradovaných železničních tratí – jiné (km)		18,5	
	Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných železničních tratí – jiné (km)		37,4	
	Délka železničních tratí v provozu vybavených evropským systémem řízení železničního provozu - mimo TEN-T (km)		55,8	
	Nové nebo modernizované železniční stanice a zastávky (stanice a zastávky)		2	
	Počet modernizovaných vozidel pro drážní dopravu v oblasti interoperability (vozidla)		130	
	Délka silnic s novým nebo modernizovaným dopravním řídicím systémem – TEN-T (km)		16	
	Délka silnic s novým nebo modernizovaným dopravním řídicím systémem – mimo TEN-T (km)			
	Indikátory výsledků			
	Počet osob přepravených za rok na podporovaných železničních tratích (mil.os./rok)			
	Železniční nákladní doprava (tkm/rok)			
	Časové úspory díky lepší železniční infrastruktuře (osobo-den/rok)			

Priorita 2

Tabulka 9- Priorita 2

Zdroj: tvorba autora dle (12)

Poznámka: prázdné hodnoty zatím nebyly stanoveny a schváleny ze strany Evropské komise.

Specifický cíl	Indikátory výstupů	Milník	Cíl
Rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility	Délka podporovaných nových silnic – jiné (km)		30,7
	Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných silnic – jiné (km)		
	Indikátory výsledků		
	Uživatelé nově postavených, rekonstruovaných, nebo modernizovaných silnic (mil. osob/rok)		
	Časové úspory díky lepší silniční infrastruktuře (osobo-den/rok)		

Priorita 3

Tabulka 10- Priorita 3.

Zdroj: tvorba autora dle (12).

Poznámka: prázdné hodnoty zatím nebyly stanoveny a schváleny ze strany Evropské komise.

Specifický cíl	Indikátory výstupů	Milník	Cíl
Podpora udržitelné multimodální městské mobility	Délka tramvajových tratí a tratí metra – nové (km)		9,7
	Délka tramvajových tratí a tratí metra – rekonstruované/modernizované (km)		3
	Délka trolejbusových tratí – rekonstruované/modernizované (km)		9
	Vybudování nové stanice metra (stanice)		1
	Délka nových nebo upgradovaných železničních tratí – mimo TEN-T (km)		27,3
	Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných železničních tratí – mimo TEN-T (km)		24,5
	Podporovaná infrastruktura pro alternativní paliva (plnicí/dobíjecí stanice)		14000

	Indikátory výsledků	
	Počet cestujících ve veřejné dopravě za rok (uživatelé)	
	Počet uživatelů nových/modernizovaných tramvajových tratí a tratí metra za rok (uživatelé)	

Priorita 4

Tabulka 11- Priorita 4
Zdroj: tvorba autora dle (12)

	Indikátory výstupů	Milník	Cíl
Priorita 4- Technická pomoc	Počet napsaných a zveřejněných analytických a strategických dokumentů, včetně evaluačních (dokumenty)	2	10
	Počet uskutečněných školení, seminářů, workshopů, konferencí (aktivity)	4	33
	Počet pracovních míst financovaných z programu (FTE)	121	151
	Počet účastníků vzdělávání (osoby)	130	1200

V tomto případě, jelikož se jedná o podporu všech činností v OPD, není určen specifický cíl ani výsledky, ale pouze indikátory výstupů a jejich milníkové a cílové hodnoty.

Váha projektu

Váha projektu je uměle vytvořený koeficient, který je uplatněn v modelu. Váha je zavedena z důvodu vyjádření společenského užítku projektů. Kumulativní hodnota příspěvků projektu k indikátorům vynásobená vahou projektu představuje zmíněný společenský užitek. To poslouží v rámci modelu pro:

- kompenzaci neschopnosti převodu výstupů na výsledky,

Jak již bylo zmíněno v kapitole Indikátory pro hodnocení projektů OPD, pro přepočtení indikátorů výstupů na výsledky není v rámci této práce dostatek informací. Zavedení parametru váhy pro každý projekt tento nedostatek anuluje.

- porovnání projektů s odlišnými indikátory.

V případě projektů, které mají odlišné typy indikátorů (například rekonstrukce železniční stanice a stavba dálnice) je třeba určit, který projekt je lepší realizovat. Jako řešení tohoto problému převede koeficient váhy rozdílné jednotky na stejné (společenské užitky), které lze následně vzájemně porovnat.

Pro využití optimalizačního modelu v praxi je třeba stanovit jednotnou metodiku pro výpočet váhy. Metodika pro stanovení váhy by mohla vycházet z následujících podkladových dat a informací:

- statistik dopravních průzkumů,
- potenciálu projektu,
- expertního odhadu,
- metodiky pro stanovení váhy kritérií VMH (Metoda VMH),
- ekonomického hodnocení projektu.

7 Současné optimalizační přístupy a jejich kritická analýza

V současné době se v ČR nepoužívá v selekci a plánování dopravních projektů žádná optimalizační metoda. V práci jsou tedy popsány existující metody a analytické nástroje pro hodnocení projektů. V kapitole Výběr a hodnocení projektů OPD byly zmíněny metody pro ekonomické hodnocení projektů a stručně popsán princip funkce dvou nejpoužívanějších, CBA a MCA. Na základě těchto hodnotících metod se rozhoduje o schválení velké většiny projektů v OPD. Tyto metody však rozhodují pouze o kvalitě projektu, nikoliv o jeho skutečném financování v OPD a jak již bylo zmíněno, finanční prostředky jsou omezené, z toho důvodu nemusí schválení projektu nutně znamenat, že projekt bude financován. K hodnocení rozvoje dopravní infrastruktury v rámci DSS byla vytvořena takzvaná metodika vícestupňového multikriteriálního hodnocení (VMH).

7.1 Metoda VMH

Metoda VMH představuje přístup pro hodnocení opatření v rámci DSS2. Všechny procesy jsou tedy založeny na knihách, ze kterých se DSS skládají. Podkladem pro tuto kapitolu je kniha 8 DSS (36). Před popsáním principu a cíle metody je třeba upřesnit několik stěžejních pojmů, které jsou uvedeny v Tabulka 12.

Tabulka 12- Vysvětlení pojmů VMH

Zdroj: tvorba autora dle (36)

Vysvětlení důležitých pojmů	
Opatření	Aktivita zlepšující DI.
Námět	Konkrétní návrh opatření na DI, který není blíže specifikovaný.
Projekt	Konkrétní návrh opatření na DI, ke kterému jsou dostupné zpracované dokumentace.
Nezpochybnitelný projekt	Projekty, které je nutné realizovat. Důvodem k jejich nutné realizaci může být například rozestavěnost nebo smluvní závazek.
Cluster	Clustery jsou předmětem hodnocení VMH a představují skupiny jednotlivých projektů nebo námětů, které vzájemně souvisejí. Tyto clustery jsou vytvořeny separátně pro projekty a náměty, z důvodu odlišného hodnocení každého typu.
Potřebnost	Existují pádné důvody k realizaci opatření
Průchodnost	Definice překážek realizace a jejich vlivu na realizaci opatření
Proveditelnost	Opatření je ekonomicky realizovatelné

Cílem této metody je umožnění sestavení střednědobého a dlouhodobého plánu implementace projektů, který v základním principu:

- upřednostňuje naléhavé a celospolečensky přínosnější projekty,
- určuje horizont realizace opatření,
- vrací k přípravě projekty nebo náměty, které jsou obtížně proveditelné,
- respektuje nezpochybnitelné projekty.

Princip metody

Zjednodušený princip řešení je identifikace takových opatření na DI, která splňují pravidlo 3P - Potřebnost, Průchodnost a Proveditelnost. Pokud opatření nespĺňuje pravidlo 3P, stanovuje metodika potřeby změn jednotlivých parametrů opatření. Samotná metoda VMH je založena na třech pilířích:

- 1. pilíř – Dopravní a společenský – hodnocení důvodů k realizaci opatření,

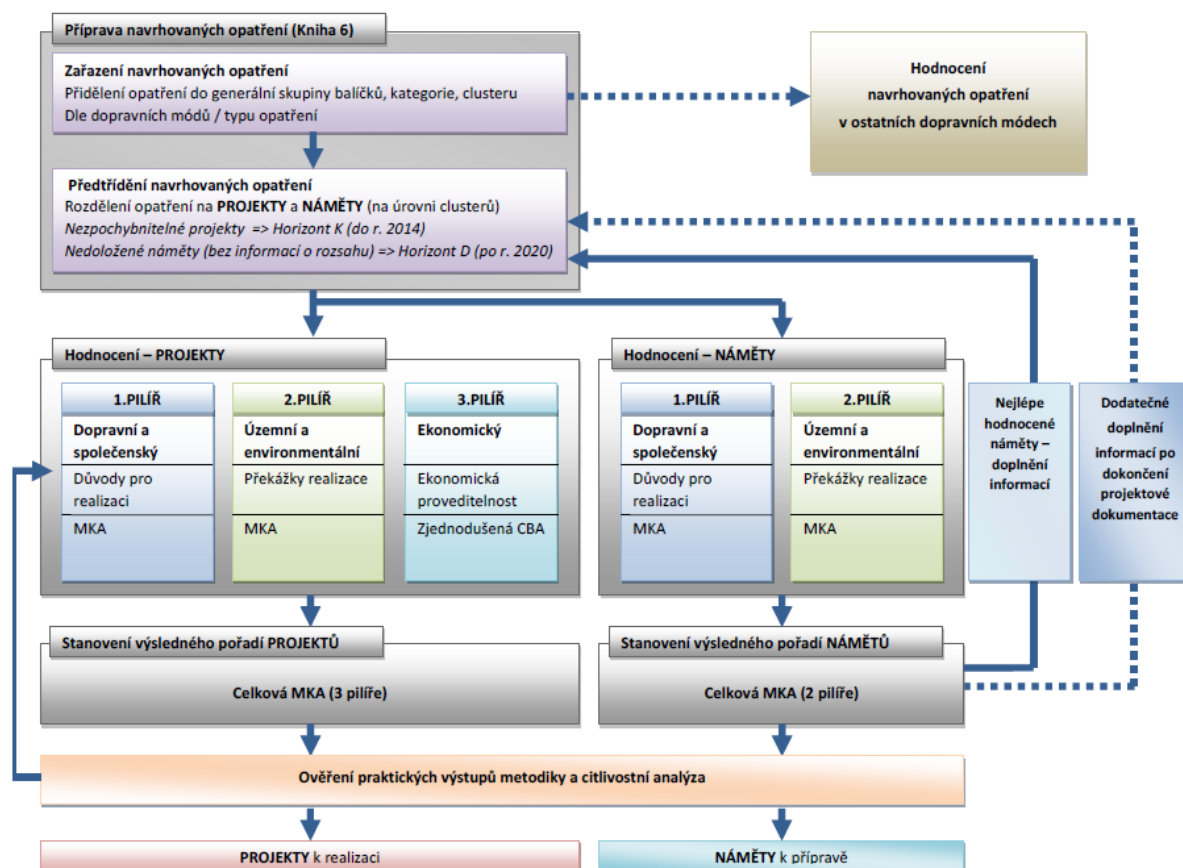
- 2. pilíř – Územní a enviromentální – hodnocení možných překážek realizace a externalit opatření,
- 3. pilíř – Ekonomický – hodnocení ekonomické efektivity opatření.

1. a 2. pilíř je vyhodnocen prostřednictvím MKA, zatímco 3. pilíř obsahuje zjednodušenou analýzu nákladů a přínosů (zCBA). Náměty jsou hodnoceny pouze v 1. a 2. pilíři a 3. pilíř je nahrazen indikátorem využití investic, projekty však jsou hodnoceny ve všech třech pilířích. Pro VMH jsou stanoveny váhy kritérií a jednotlivých pilířů, které byly určeny širokou skupinou zainteresovaných subjektů. Výsledkem VMH je pořadí clusterů v jednotlivých dopravních módech, které vytváří vstupní podklady pro plán rozvoje DI, který je určen v rámci DSS. Projekty jsou tímto pořadím určeny k realizaci a náměty k přípravě. Celý postu procesu VMH lze sumarizovat do následujících tří kroků:

- Příprava navrhovaných opatření
- MCA clusterů
- Stanovení výsledného pořadí

Pro kvalitní hodnocení pomocí této metody musí být splněny jisté předpoklady, jsou jimi:

- hodnocení je založeno na cílech dopravní politiky EU, potažmo ČR a Dopravních strategiích,
- hodnocení je objektivní,
- hodnocení je proveditelné v rozsáhlém množství projektů,
- hodnocení je transparentní,
- během hodnocení probíhá konzultace se všemi důležitými subjekty projektu.



Obrázek 2- Schéma metody VMH
Zdroj: (36)

7.2 Kritická analýza metody VMH

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, VMH je speciálně vytvořená metoda, která zohledňuje tedy strategické cíle a parametry jednotlivých clusterů. Výstupem je pak pořadí clusterů projektů a námětů, na jehož základě dochází k financování projektů na DI. Nevýhodou této metody je její náročnost. V předchozí kapitole byly zmíněny požadavky, které musí být zajištěny, aby byla VMH provedena kvalitně. Tyto požadavky sice zajišťují věrohodnost metody, ale mají za následek větší složitost procesu a mohou ovlivnit i kvalitu výstupů. Objektivita hodnocení vyžaduje velké množství zúčastněných subjektů z více oborů, přesto jsou projekty, pro které nelze metodu VMH aplikovat (36). Transparentnost je sice zajištěna jasně daným postupem procesu, stanovení kritérií je ale určeno expertním posudkem, který nemusí být vždy odůvodněn. Další podmínkou je komunikace všech těchto subjektů během celého procesu, což opět představuje určitou formu možných komplikací. Nejdůležitějším faktem ale zůstává, že metoda VMH neposkytuje optimální řešení daného problému. Uveďme

jednoduchý příklad, kde máme 3 projekty, přičemž ani jeden z projektů není charakterizován jako nezpochybnitelný, a rozpočet 1 mld. peněžních jednotek. Přehled projektů a informace k nim jsou uvedeny v Tabulka 13.

*Tabulka 13- Parametry projektů pro názorný příklad
Zdroj: tvorba autora
Poznámka: data jsou smyšlená a jejich účel je pouze demonstrativní*

Projekt	Pořadové číslo dle VMH	Náklady (tis. p.j.)	Společenský užitek
A	1	700 000	7
B	2	600 000	5
C	3	350 000	3

Pokud bychom upřednostňovali realizaci projektů podle pořadového čísla, byl by realizován projekt A, s hodnotou celospolečenského užítku 7 jednotek a na další projekty by již nezbyly finanční prostředky. Je však patrné, že realizací projektu B a C by došlo k efektivnějšímu využití finančních prostředků, neboť by hodnota celospolečenského užítku byla 8 jednotek. Ukázka v tomto případě se zdá primitivní a lze snadno rozpoznat, že realizace projektů B a C by byla v tomto případě optimálním řešením. V praxi se však jedná o stovky projektů a optimální řešení nelze snadno rozpoznat, při financování projektů dle metody VMH se může v tomto případě jednat o miliardy nevyužitých finančních prostředků.

8 Optimalizační problém-portfolio izolovaných investičních projektů na dopravní infrastrukturu

V kapitole Charakteristika vybraného problému již byl charakterizován vybraný problém, který je řešen v rámci této práce. Jedná se tedy o problematiku tvorby a optimalizace portfolia izolovaných investičních projektů na dopravní infrastrukturu a návrh řešení problému metodou lineárního programování.

8.1 Formulace problému

Je dána množina izolovaných investičních projektů na dopravní infrastrukturu I , přičemž $|I| = m$, množina určující počet let programového období J , kde $|J| = n$. Každý rok programového období $j \in J$ má určen objem finančních prostředků F_j .

Je dána množina fází potřebných k realizaci projektů K (vyjádřeno v letech), kde $|K| = q$, hodnota q reprezentuje počet fází projektu s největším počtem fází. Každý projekt $i \in I$ má definovanou dobu realizace v letech p_i (kde $p_i \in Z^+$), rok nejdříve možného začátku d_i , rok nejpozději přípustného ukončení h_i a prioritu w_i .

Je dána množina indikátorů L , kde $|L| = o$. Pro každý projekt $i \in I$ a indikátor $l \in L$ je definována hodnota a_{il} , která kvantifikuje přínos projektu $i \in I$ k naplnění celkové hodnoty indikátoru $l \in L$. Je dána množina milníků T , kde $|T| = r$.

Je definována matice N o rozměru $m \times q$, jejíž prvky N_{ik} určují, po jakých částkách je třeba investovat finanční prostředky do projektu $i \in I$ ve fázích realizace $k \in K$, a matice B o rozměru $o \times r$, jejíž prvky b_{lt} určují minimální hodnoty indikátoru $l \in L$, kterých musí být dosaženo v milníku $t \in T$. Aktuální hodnotu indikátoru, která byla dosažena v okamžiku milníku, lze započítat i v případě, že projekt v okamžiku milníku ještě není zcela ukončen (je tedy možno započítat např. délku budovaného/modernizovaného úseku pozemní komunikace i v případě, kdy ještě není dokončeno budování/modernizace celého úseku).

Úkolem je vytvoření optimálního portfolia financovaných projektů z množiny projektů I a jejich časového rozvrhu při:

- dosažení požadovaných hodnot indikátorů v jednotlivých milnících programového období,
- maximálním vyčerpání financí alokovaných na jednotlivé roky programového období (které je však možné utratit i později, až + 2 roky, při čerpání lze překročit konec programového období, např. prostředky alokované na poslední rok programového

období je možno čerpat ještě ve dvou letech následujících po skončení programového období),

- dodržení ostatních faktorů (priority projektů, nejdříve možné začátky zahájení projektů a jejich ukončení do předem definovaného času příp. do konce programového období).

Optimalizačním kritériem je vážená kumulativní hodnota všech indikátorů a cílem optimalizace je její maximalizace.

Za účelem řešení optimalizační úlohy zavedeme do úlohy následující skupiny proměnných. První skupinou proměnných budou bivalentní proměnné $x_{i,k,j}$. Když po skončení optimalizačního výpočtu bude platit, že $x_{i,k,j} = 1$, bude to znamenat, že fáze $k \in K$ projektu $i \in I$ bude financována v roce $j \in J$. Když po skončení optimalizačního výpočtu bude platit, že $x_{i,k,j} = 0$, bude to znamenat, že fáze $k \in K$ projektu $i \in I$ v roce $j \in J$ financována nebude.

Další skupina proměnných bude tvořena bivalentními proměnnými $y_{i,j}$. Když po skončení optimalizačního výpočtu bude platit, že $y_{i,j} = 1$, bude to znamenat, že projekt $i \in I$ bude zahájen v roce $j \in J$. Když po skončení optimalizačního výpočtu bude platit, že $y_{i,j} = 0$, bude to znamenat, že projekt $i \in I$ nebude zahájen v roce $j \in J$.

Rekapitulace symbolů použitých v modelu:

Množiny:

- I množina projektů,
- J množina roků programového období,
- K množina fází projektu,
- L množina indikátorů programu,
- T množina milníků programového období.

Konstanty:

- m počet projektů,
- n počet let programového období včetně období po skončení programového období, ve kterých je možno dočerpat finanční prostředky,
- o počet indikátorů,
- q počet fází,
- r počet milníků,
- F_j objem finančních prostředků vyčleněných pro rok programového období $j \in J$,
- p_i počet fází (let realizace) projektu $i \in I$,

- w_i důležitost (váha) projektu $i \in I$,
- d_i nejdříve možný rok zahájení projektu $i \in I$ v programovém období,
- h_i nejpozději přípustný rok programového období, ve kterém musí být projekt $i \in I$ ukončen,
- $a_{i,l}$ hodnota indikátoru $l \in L$ dosažená realizací projektu $i \in I$,
- $b_{l,t}$ hodnota indikátoru $l \in L$, která musí být dosažena v milníku $t \in T$,
- $N_{i,k}$ výše nákladů projektu $i \in I$ čerpaná ve fázi (roce realizace) $k \in K$.

Proměnné v modelu:

- $x_{i,k,j}$ bivalentní proměnná symbolizující financování fáze $k \in K$ projektu $i \in I$ v roce $j \in J$,
- $y_{i,j}$ pomocná bivalentní proměnná reprezentující rok $j \in J$ zahájení projektu $i \in I$.

8.2 Matematický model optimalizační úlohy

Matematický model lze zapsat v tomto tvaru:

$$\max f(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^o \sum_{j=d_i}^{h_i-p_i+1} w_i a_{i,l} y_{i,j} \quad (1)$$

Doplňující komentář k výrazu $h_i - p_i + 1$

Ve formulaci problému je vyžadováno, aby všechny projekty skončily nejpozději v nejzazším roce jejich realizace.

Uvažujme jednoduchý příklad, ve kterém je projekt $i \in I$ nejdříve možno zahájit v roce $d_i = 1$, nejdříve možno ukončit v roce $h_i = 5$ a počet fází (let realizace) projektu je $p_i = 3$. Je zřejmé, že aby byla realizace projektu dokončena do konce nejzazšího roku jejich realizace, musí být projekt zahájen nejpozději na začátku třetího roku programového období. Hodnota j tedy u tohoto projektu nabývá hodnot $j = 1, 2, 3$. Poslední hodnotu získáme $3 = 5 - 3 + 1$, což odpovídá v obecném tvaru právě zápisu $h_i - p_i + 1$.

za podmínek:

$$p_i y_{i,j} = \sum_{k=1}^{p_i} x_{i,k,j+k-1} \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, m \\ j = d_i, \dots, h_i - p_i + 1 \end{matrix} \quad (2)$$

$$\sum_{j=d_i}^{h_i-p_i+1} y_{i,j} \leq 1 \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{p_i} N_{i,k} x_{i,k,j} \leq F_j + \left(F_{j-1} - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{p_i} N_{i,k} x_{i,k,j-1} \right) + \left(F_{j-2} - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{p_i} N_{i,k} x_{i,k,j-2} \right) \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{p_i} \sum_{j=d_i}^4 a_{i,l} \frac{x_{i,k,j}}{p_i} \geq b_{l1} \quad l = 1, \dots, o \quad (5a)$$

$$\sum_{j=d_i}^{h_i-p_i+1} \sum_{i=1}^m a_{i,l} y_{i,j} \geq b_{l2} \quad l = 1, \dots, o \quad (5b)$$

$$x_{i,k,j} \in \{0; 1\} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, m \\ k = 1, \dots, p_i \\ j = d_i, \dots, h_i \end{array} \quad (6)$$

$$y_{i,j} \in \{0; 1\} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, m \\ j = d_i, \dots, h_i - p_i + 1 \end{array} \quad (7)$$

Funkce (1) reprezentuje optimalizační kritérium – váženou kumulativní hodnotu všech indikátorů dosažených realizací podmnožiny projektů. Skupina omezujících podmínek (2) zajistí, že když dojde zahájení financování projektu v roce $j = d_i, \dots, h_i - p_i + 1$, potom dojde k financování jednotlivých fází projektu podle jeho časového harmonogramu, zároveň tato skupina podmínek zajistí, že zahájený projekt bude dokončen v obdobích bezprostředně následujících po období zahájení projektu. Skupina omezujících podmínek (3) zajistí, že každý projekt ze zásobníku bude v daném programovém období zahájen maximálně jednou. Skupina omezujících podmínek (4) zajistí nepřekročení finančních prostředků F_j pro rok $j \in J$ zvýšené o nevyužité finanční prostředky z let $j - 1$ a $j - 2$. Skupina omezujících podmínek (5a) zajistí, že budou dodrženy požadované hodnoty indikátorů v daném milníku (v řešené optimalizační úloze čtvrtý rok programového období). Skupina podmínek (5b) zajistí dodržení požadovaných hodnot indikátorů na konci programového období. Skupiny omezujících podmínek (6) a (7) formulují definiční obory proměnných použitých v modelu.

Doplňující komentář k omezující skupině podmínek (5a)

Výraz $\frac{x_{i,k,j}}{p_i}$ zajistí, že nebude započítána plná hodnota příspěvku k indikátoru v případě, že projekt nebyl v čase milníku zcela dokončen.

Uved'me jednoduchý příklad, ve kterém uvažujeme projekt, jehož realizace trvá 2 roky. Pokud začne výstavba ve čtvrtém roce, bude projekt dokončen v roce pátém. Pokud by se hodnota započítala až po dokončení projektu, byla by hodnota v milníku (čtvrtém roce), kterým daný projekt přispěje k naplnění milníku na konci čtvrtého období, nulová. Prakticky však bude ve čtvrtém roce polovina projektu realizována, výraz $\sum_{k=1}^2 \sum_{j=4}^5 a_{i,l} \frac{x_{i,k,j}}{p_i}$ bude v tomto případě $\frac{1}{2} a_{i,l}$ a tím dojde k započtení odpovídající poměrné části hodnoty indikátorů. V případě, že bude projekt plně dokončen, bude $\sum_{k=1}^2 \sum_{j=4}^5 a_{i,l} \frac{x_{i,k,j}}{p_i} = a_{i,l}$.

9 Výpočetní experiment s navrženým optimalizačním modelem

Účelem výpočetního experimentu je demonstrace funkčnosti modelu na datech, která do určité míry odpovídají realitě. Pro ověření funkčnosti modelu bylo použito 20 projektů ze zásobníku projektů dodaných ze strany investorských organizací ministerstvu dopravy za účelem mapování absorpční kapacity pro OPD 2021 – 2027 a byly poskytnuty pro potřeby diplomové práce SFDI. Pokud byla data neúplná, byla odhadnuta na základě ostatních dostupných dat. Některá data byla také upravena, za účelem názornější demonstrace funkčnosti modelu. Popis sběru dat pro tento model je popsán níže. Váhy projektů jsou v tomto testovacím experimentu u každého projektu 1, v praxi se však budou muset vypočítat. Návrhy pro stanovení metodiky výpočtu váhy byly uvedeny v kapitole Charakteristika vybraného problému.

Jelikož je třeba nutná realizace projektu 20, z důvodu přechodu projektu z předchozího období a počátek realizace projektu 11 ve čtvrtém roce programového období, byly do výpočetního experimentu s navrženým modelem přidány 2 omezující podmínky navíc. Komentáře k těmto podmínkám jsou uvedeny v kapitole Text programu Xpress-IVE pro řešenou optimalizační úlohu.

U každého projektu zařazeného do zásobníku jsou uvedeny základní časové parametry – doba realizace projektu, rok, nejdříve možný začátek realizace projektu a nejpozději možné ukončení projektu. Tato data spolu s názvem a pořadovým číslem projektu jsou uvedena v Tabulka 14.

Tabulka 14- Seznam projektů ve výpočetním experimentu s modelem
Zdroj: tvorba autora dle informací poskytnutých SFDI

Název projektu	Pořadové číslo projektu v modelu	Doba realizace projektu	Nejdříve možný začátek realizace	Nejpozději možný konec realizace
Dálnice D52 Pohořelice – Nová Ves	1	3	2023	2029
D7 Louny, zkapacitnění obchvatu	2	3	2021	2029
D35 Hořice – Sadová	3	4	2022	2029
D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží	4	5	2021	2029
D35 Vysoké Mýto- Džbánov	5	4	2023	2029
I/31 Kladrubská spojka	6	3	2023	2029
I/31 Hradec Králové křižovatka Mileta	7	2	2022	2029
D35 Úlibice – Hořice	8	4	2023	2029
I/53 Lechovice – Miroslav	9	3	2021	2029
I/3 Červené Vršky - U Topolu, uspořádání 2+1	10	3	2023	2029
Nové technologické koncepty, podpora	11	2	2022	2029
Liniové řízení dopravy	12	3	2021	2029
Lišov- Vranín	13	4	2021	2029
I/13 Krásná Studánka – Dětřichov	14	3	2024	2029
D0 510 Satalice - Běchovice, zkapacitnění	15	3	2022	2029
I/9 Nový Bor - Dolní Libchava	16	4	2023	2029
D35 Sadová – Plotiště	17	4	2022	2029
Doplnění C-ITS na dálnicích a silnicích	18	3	2021	2029
19 I/6 Karlovy Vary - Olšová Vrata	19	4	2023	2029
D49 4901 Hulín - Fryšták	20	3	2021	2023

Alokace finančních prostředků na dané roky programového období ve výpočetním experimentu s modelem je uvedena v Tabulka 15. V případě použití modelu v praxi by se hodnoty alokace finančních určily podle kapitoly Charakteristika vybraného problému.

*Tabulka 15- alokace finančních prostředků v jednotlivých letech programového období
Zdroj: tvorba autora, data fiktivní*

Rok v OPD – j	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kalendářní rok	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Alokace finančních zdrojů (mil. Kč) – F_j	2000	2000	1500	2000	1500	2000	1500	0	0

Rozložení nákladů projektů ve fázích je uvedeno v Tabulka 16. Data byla opět získána ze zásobníku. Každý projekt má uveden celkové náklady, rozložení do fází však není vždy kompletní. V případě neúplných dat v zásobníku byla data odhadnuta na základě procentuálního rozložení finančních prostředků ostatních projektů, u kterých byla tato data uvedena, a celkových nákladů daného projektu.

Tabulka 16- rozložení finančních nákladů ve fázích projektu
Zdroj: tvorba autora

		Fáze projektu				
		1	2	3	4	5
Číslo projektu	1	150000	500000	625000		
	2	150000	400000	330000		
	3	25000	1120000	1200000	1400000	
	4	318500	720000	669000	500000	300000
	5	400000	600000	700000	800000	
	6	350000	1000000	1150000		
	7	70000	90000			
	8	600000	1200000	1400000	1800000	
	9	20000	480000	340000		
	10	250000	400000	380000		
	11	50000	150000			
	12	250000	250000	150000		
	13	200000	300000	600000	400000	
	14	280000	420000	700000		
	15	200000	400000	600000		
	16	200000	500000	600000	700000	
	17	600000	600000	600000	200000	
	18	20000	165000	165000		
	19	150000	1200000	1000000	800000	
	20	1600000	1300000	1000000		

Indikátory v testovacím experimentu odpovídají skutečným indikátorům pro projekty na silniční infrastrukturu. Charakteristika indikátorů a jejich požadované hodnoty v milníku a na konci období jsou uvedeny v Tabulka 17 a byly čerpány z dokumentu OPD 2021-2027. Příspěvky projektů k indikátorům jsou uvedeny v Tabulka 18, zdrojem těchto hodnot byly informační letáky, které jsou veřejně dostupné na webové stránce ŘSD (37).

Tabulka 17- charakteristika indikátorů a jejich požadované hodnoty
Zdroj: tvorba autora dle (12)

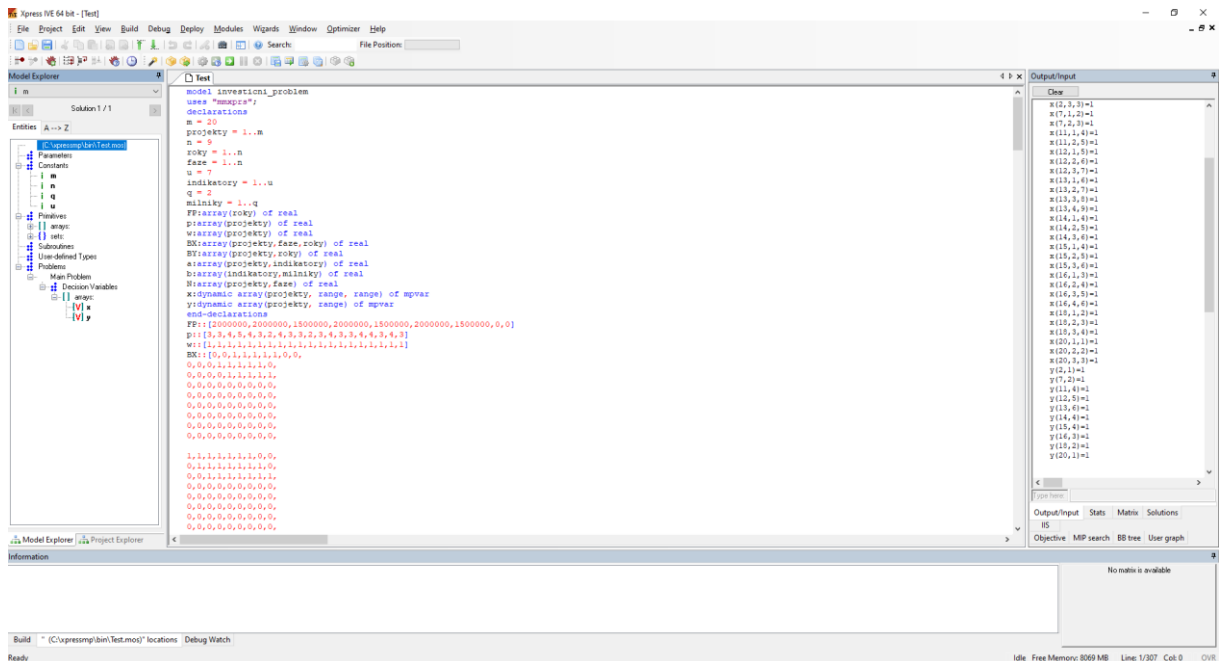
Název indikátoru	Pořadové číslo indikátoru v modelu	Požadovaná hodnota indikátoru v milníku (rok 2024)	Požadovaná hodnota indikátoru na konci programového období
Délka podporovaných nových silnic TEN-T (km)	1	8	15
Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných silnic TEN-T (km)	2	5	8
Délka podporovaných nových silnic mimo TEN-T (km)	3	5	10
Délka rekonstruovaných nebo modernizovaných silnic mimo TEN-T (km)	4	5	12
Délka silnic s novým nebo modernizovaným dopravním řídicím systémem TEN-T (km)	5	3	8
Délka silnic s novým nebo modernizovaným dopravním řídicím systémem mimo TEN-T (km)	6	5	10
Podporovaná infrastruktura pro alternativní paliva (plnicí/dobíjecí body)	7	2	5

Tabulka 18- příspěvky projektů k indikátorům
Zdroj: tvorba autora

		Číslo indikátoru						
		1	2	3	4	5	6	7
Číslo projektu	1	3.1	0	0	0	0	3.1	0
	2	0	6.13	0	6.13	0	0	0
	3	10.45	0	0	0	0	10.45	0
	4	8.577	0	0	0	0	0	0
	5	5.950	0	0	0	0	5.950	0
	6	0	0	5.096	0	3	0	0
	7	0	0	0	0.42	0	0.42	0
	8	16.346	0	0	0	6	0	0
	9	0	0	7.1	0	0	7.1	0
	10	0	0	0	2.879	0	2.879	0
	11	0	0	0	0	0	0	5
	12	0	0	0	0	10	10	0
	13	0	0	9.51	0	0	9.51	0
	14	0	0	1	7.527	0	0	0
	15	0	2.766	0	0	2.766	0	0
	16	0	0	10.3	0	0	10.3	0
	17	7.537	0	0	0	0	7.537	0
	18	0	0	0	0	5	5	0
	19	0	0	6.02	2	0	0	0
	20	17.3	0	0	0	3	0	0

9.1 Optimalizační software Xpress-IVE

Xpress-IVE je optimalizační software, využívající programovací jazyk Mosel. Vizuální podoba pracovního prostředí software je zobrazena na Obrázek 3.



Obrázek 3- Vizuální podoba optimalizačního softwaru Xpress-IVE
Zdroj: tvorba autora

Na horní liště se nachází panel nástrojů a menu. V levém okně obrazovky se zobrazují údaje o entitách v modelu. Ty reprezentují všechna pole, konstanty a proměnné. V záložkách pravého okna se zobrazují údaje s výstupy, statistikami, grafy, maticemi a řešením. Spodní okno obrazovky představuje údaje o kompilaci a zahajování výpočtů. Prostřední okno slouží pro zadání textu programu.

Jak je patrné z Obrázek 3, text programu musí mít určitou strukturu, která v plném rozsahu vypadá následovně:

- 1) záhlaví textu, reprezentující obecné nastavení a název modelu,
- 2) deklarační část, která definuje indexy, pole a proměnné,
- 3) vyplnění vstupních dat deklarovaných veličin,
- 4) zápis soustavy omezujících podmínek a účelové funkce,
- 5) optimalizační příkaz,
- 6) výpis výsledků optimalizace,
- 7) ukončení textu programu.

9.2 Text programu Xpress-IVE pro řešenou optimalizační úlohu

Tento text programu byl použit k experimentu s výše uvedenými vstupními daty. Text programu neobsahuje plný výpis matic a, b, n, BX a BY, které zabírají poměrně mnoho místa, kompletní text programu je uveden v příloze diplomové práce.

```
model investicni_problem

uses "mmxprs";

declarations

m = 20

projekty = 1..m

n = 9

roky = 1..n

faze = 1..n

o = 7

indikatory = 1..o

r = 2

milniky = 1..r

FP:array(roky) of real

p:array(projekty) of real

w:array(projekty) of real

BX:array(projekty,faze,roky) of real

BY:array(projekty,roky) of real

a:array(projekty,indikatory) of real

b:array(indikatory,milniky) of real

N:array(projekty,faze) of real

x:dynamic array(projekty, range, range) of mpvar

y:dynamic array(projekty, range) of mpvar
```

end-declarations

FP::[2000000,2000000,1500000,2000000,1500000,2000000,1500000,0,0]

p::[3,3,4,5,4,3,2,4,3,3,2,3,4,3,3,4,4,3,4,3]

w::[1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1]

BX::[]

BY::[]

a::[]

N::[]

b::[]

forall(i in projekty,k in faze,j in roky|BX(i,k,j)=1)create(x(i,k,j))

forall(i in projekty,j in roky|BY(i,j)=1)create(y(i,j))

forall(i in projekty,j in roky)p(i)*y(i,j)=sum(k in faze)x(i,k,j+k-1)

forall (k in indikatory)sum(i in projekty, l in faze, j in 1..4)a(i,k)*x(i,l,j)/p(i)>=b(k,1)

forall (k in indikatory)sum(i in projekty, l in faze, j in roky)a(i,k)*x(i,l,j)/p(i)>=b(k,2)

forall(i in projekty,j in roky)sum(k in faze)x(i,k,j+k-1)<=p(i)*y(i,j)

forall(i in projekty)sum(j in roky)y(i,j)<=1

forall(j in roky)C(j):=FP(j)-sum(i in projekty, k in faze) x(i,k,j)*N(i,k)

forall(j in 1..1)sum(i in projekty,k in faze)N(i,k)*x(i,k,j)<=FP(j)

forall(j in 2..2)sum(i in projekty,k in faze)N(i,k)*x(i,k,j)<=FP(j)+C(1)

forall(j in 3..9)sum(i in projekty,k in faze)N(i,k)*x(i,k,j)<=FP(j)+C(j-1)+C(j-2)

y(20,1)=1

y(11,4)=1

forall(i in projekty,k in faze,j in roky)x(i,k,j)is_binary

forall(i in projekty,j in roky)y(i,j)is_binary

uf:=sum (i in projekty, k in indikatory, j in roky)w(i)*a(i,k)*y(i,j)

maximize(uf)

```
forall (j in roky) writeln ("Utracene financni prostredky v roce ",j," jsou: ",getsol(sum(i in
projekty, k in faze)x(i,k,j)*N(i,k))," tisíc korun.")
```

```
writeln("Celkova hodnota indikatoru je:",getobjval,"jednotek")
```

```
forall (i in projekty, k in faze, j in roky |getsol(x(i,k,j))>0) writeln
("x(",i,",",k,",",j,")=",getsol(x(i,k,j)))
```

```
forall (i in projekty,j in roky |getsol(y(i,j))>0) writeln ("y(",i,",",j,")=",getsol(y(i,j)))
```

```
end-model
```

Poznámka: v textu programu výpočetního experimentu je stanoven maximální počet fází na stejnou hodnotu, jako je počet let programového období. Důvodem je ulehčení práce s vypisováním matic.

Doplňující komentář k textu modelu

Na rozdíl od obecného tvaru modelu, obsahuje text programu ve výpočetním experimentu navíc 2 omezující podmínky. Jsou jimi:

- $y(20,1) = 1$, která je nezbytná z důvodu započatého projektu v předchozím období, tento projekt musí být dokončen,
- $y(11,4) = 1$, která je zde z důvodu demonstrace započítání částečné hodnoty indikátorů při nedokončení projektu, jak je vysvětleno v doplňujícím komentáři v kapitole *Matematický model optimalizační úlohy*.

V textu programu byly využity tzv. dynamické proměnné. Důvodem bylo zavedení nejdříve možného začátku projektu a nejpozději možného ukončení projektu. Uved'me příklad na následující soustavě omezujících podmínek:

$$\sum_{j=d_i}^{h_i-p_i+1} y_{i,j} \leq 1 \text{ pro } i \in I$$

Jak je ze soustavy omezujících podmínek patrné, meze sumačního znaku se pro každé $i \in I$ liší podle hodnot d_i , h_i a p_i . Z toho důvodu byly zavedeny dynamické proměnné, u kterých platí, že:

dynamická proměnná $x_{i,k,j}$ zavádí hodnoty 0 nebo 1 pouze pro prvky matice BX , o rozměru $m \times n \times n$, které mají hodnotu 1. Hodnota 1 v matici BX značí možnost realizace dané fáze jednotlivých projektů v daném roce. Hodnota 0 reprezentuje opak.

Dynamická proměnná $y_{i,j}$ zavádí hodnoty 0 nebo 1 pouze pro prvky matice BY , o rozměru $m \times n$, které mají hodnotu 1. Prvky matice BY definují, ve kterém roce může být projekt $i \in I$

zahájen. Každý řádek této matice odpovídá řádku první fáze stejného projektu v matici BX . Hodnota 0 reprezentuje opak.

Uved'me tedy příklad na projektu, který má dobu realizace 3 roky a může být nejdříve zahájen ve třetím roce. Část matice BX vztahující se k danému projektu má tvar:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Část matice BY vztahující se k danému projektu by měla tvar:

$$|0 0 1 1 1 1 1 0 0|$$

9.3 Výstup výpočetního experimentu s modelem

Pro provedení optimalizačního procesu bylo vypsáno optimální řešení zobrazené na Obrázek 4. Za programové období a 2 následující roky, ve kterých je možno dočerpat finanční prostředky, jsou realizovány projekty vypsané v Tabulka 14, s pořadovým číslem 2, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18 a 20. Hodnota indikátoru, kterou lze pomocí přepočtu vyjádřit celospolečenský užitek, je 122,079 jednotek. Na Obrázek 4 je uveden výstup optimalizačního softwaru Xpress-IVE, prezentující celkový přehled řešení realizace projektů, váženou kumulativní hodnotu indikátorů, která v modelu představuje účelovou funkci a množství vynaložených finančních prostředků za jednotlivé roky programového období. Celkový přehled výsledků experimentu s modelem je uveden v Tabulka 19.

Tabulka 19- Výstupy výpočetního experimentu s modelem

Zdroj: autorova tvorba

Poznámka: hodnoty finančních prostředků jsou uvedeny v tisících

Rok programového období	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Financování projekt/fáze	2/1; 20/1;	2/2; 7/1; 18/1; 20/2;	2/3; 7/2; 16/1; 18/2; 20/3;	11/1; 14/1; 15/1; 16/2; 18/3;	11/2; 12/1; 14/2; 15/2; 16/3;	12/2; 13/1; 14/3; 15/3; 16/4;	12/3; 13/2;	13/3;	13/4;			
Finanční prostředky alokované na daný rok	2000	2000	1500	2000	1500	2000	1500	0	0			
Finanční prostředky, které je možno utratit	2000	2250	1960	2175	2480	2660	1710	1260	660			
Investované finanční prostředky	1750	1790	1785	1195	1820	2450	450	600	400			
Nevyčerpané finanční prostředky	250	460	175	980	660	210	1260	660	260			
Hodnota indikátoru (v milníku a na konci programového období i požadované hodnoty)	1	5,77	11,54	17,31	17,3	8	17,31	17,31	17,31	17,31	17,3	15
	2	2,04	4,08	6,12	7,04	5	7,96	8,88	8,88	8,88	8,88	8
	3	0	0	2,58	5,49	5	8,4	13,69	16,07	18,45	20,8	10
	4	2,04	4,29	6,54	9,05	5	11,56	14,07	14,07	14,07	14,1	12
	5	1	3,67	6,34	8,93	3	13,19	17,44	20,77	20,77	20,8	8
	6	0	1,88	6,33	10,6	5	16,48	24,76	30,47	32,85	35,2	10
	7	0	0	0	2,5	2	5	5	5	5	5	5
Kumulovaná hodnota indikátorů	10,85	25,46	45,22	60,89	79,89	101,15	112,57	117,33	122,09			

V prvním řádku tabulky jsou uvedeny fáze jednotlivých projektů realizované v jednotlivých letech programového období. Například v prvním roce programového období jsou realizovány první fáze projektu 2 a první fáze projektu 20.

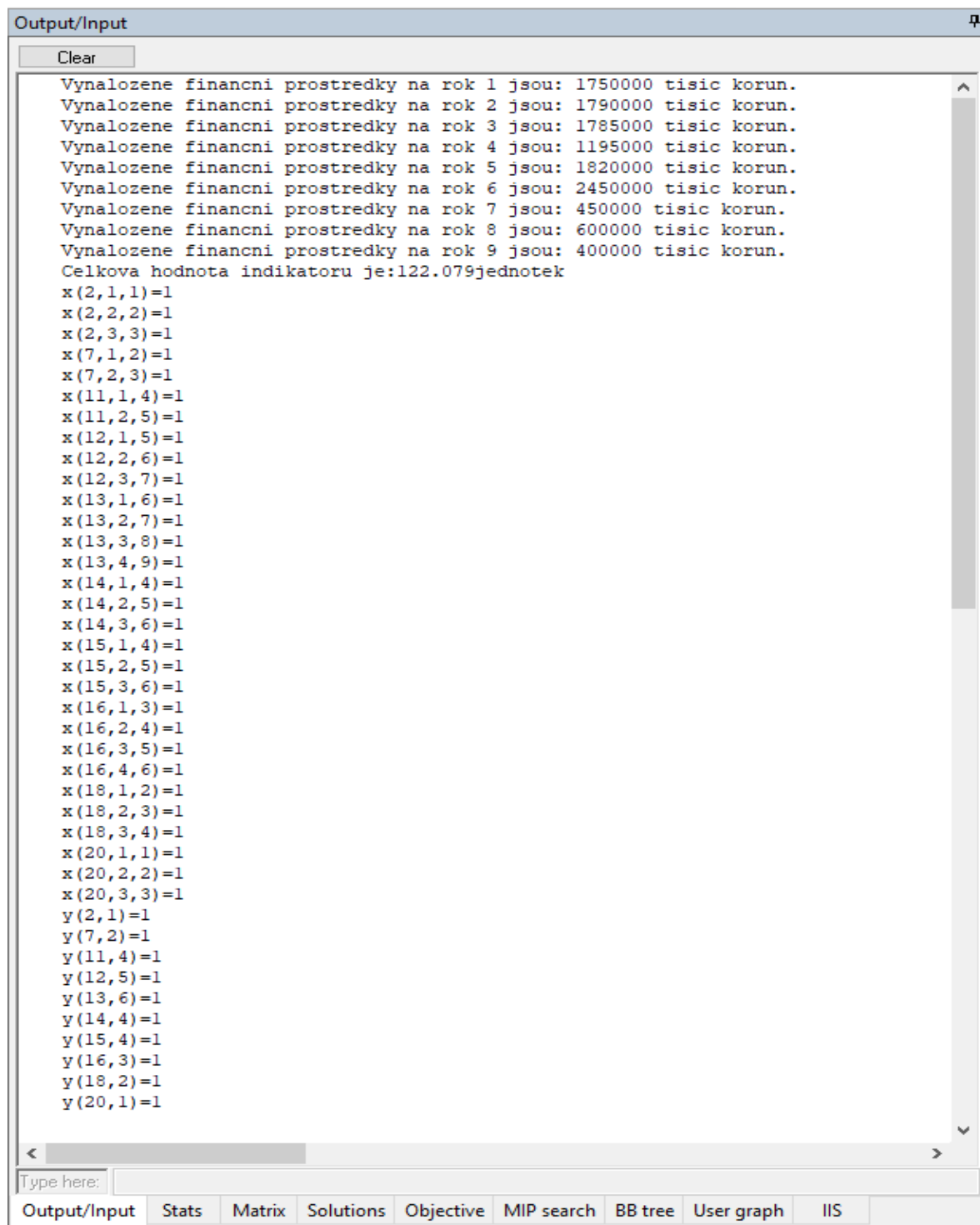
Druhý řádek reprezentuje hodnotu alokovaných finančních prostředků na jednotlivé roky programového období. Třetí řádek představuje součet alokovaných prostředků na daný rok v součtu s přebytkem z předchozích dvou let programového období. Přebytek finančních prostředků za jednotlivé roky je uveden v pátém řádku. Čtvrtý řádek uvádí množství finančních

prostředků, které byly daný rok investovány do projektů. Všechny hodnoty finančních prostředků jsou uvedeny v tisících. Například pro první rok programového období bylo alokováno 2000 a jelikož nedocházelo k převodu z předchozích let, byl objem finančních prostředků, které je možné utratit, také 2000. Do první fáze projektů 2 a 20 bylo investováno dohromady 1750, z celkového objemu tedy zbylo 250, které je možno investovat v následujících dvou letech.

Šestý řádek reprezentuje všechny indikátory a jejich hodnoty v letech programového období. Ve čtvrtém a devátém sloupci jsou navíc uvedeny požadované hodnoty indikátorů, kterých je potřeba v daných letech dosáhnout. Například realizace první fáze projektů 1 a 20 v prvním roce programového období přispěje k indikátoru 1 hodnotou 5,77.

Poslední řádek představuje hodnotu optimalizačního kritéria v letech programového období. Na příklad v prvním roce programového období bude hodnota optimalizačního kritéria, díky realizaci první fáze projektu 2 a 20, dosahovat hodnoty 10,85.

Z tabulky je patrné, že dojde k dodržení všech omezujících podmínek. Jedná se o nepřekročení maximální hodnoty čerpaných finančních prostředků, včetně pravidla $n+2$, naplnění požadovaných hodnot indikátorů v milníku a na konci programového období a dodržení časových omezení projektů. V tabulce je žlutě zobrazena hodnota optimalizačního kritéria v jednotlivých letech programového období. Zeleně je zobrazena výše čerpaných finančních prostředků v každém roce a hodnoty indikátorů v milníku a na konci programového období. Paralelně k zeleným hodnotám jsou vyznačeny jejich omezující hodnoty oranžově. Hodnota vyznačená červeně značí množství finančních prostředků, které nebyly za programové období vyčerpány.



Obrázek 4- Výstup výpočetního experimentu s modelem softwaru Xpress-IVE
Zdroj: tvorba autora

10 Zhodnocení dosažených výsledků a diskuse k nim z hlediska jejich reálného uplatnění

Výpočetní experiment s optimalizačním modelem sice poskytnul optimální řešení problému a ověřil funkčnost modelu, nicméně velké množství dat bylo změněno nebo odhadnuto. V praxi by však musel model pracovat s reálnými daty, která jsou pevně stanovena (alokace finančních prostředků) nebo důkladně odhadnuta experty v oboru (parametry projektů). V kapitole Charakteristika vybraného problému bylo zmíněno, že je alokace finančních prostředků rozdělena dle jednotlivých fondů, přičemž každý fond financuje jinou prioritu a tuto podmínku je také třeba respektovat. V praktickém využití by optimalizační model musel pro každou prioritu být použit zvlášť.

Optimalizační model v této práci byl vytvořen na základě analýzy systému financování DI v ČR, z důvodu jeho uplatnění v praxi. V současné době se pro podporu rozhodování v rámci realizace investičního plánu využívá výstup metody VMH, popsána v kapitole Metoda VMH. Výhoda navrženého optimalizačního modelu oproti VMH je, že poskytuje optimální řešení daného problému. Další výhodou je menší náročnost na počet zúčastněných subjektů. Na metodu VMH jsou navíc kladeny jisté požadavky, u kterých tedy předpokládá, že pokud by mělo dojít k nahrazení metody VMH optimalizačním modelem této práce, musel by model splňovat stejné předpoklady. Přehled předpokladů a jejich obhajoba pro optimalizační model této práce je uvedena Tabulka 20.

Tabulka 20- porovnání požadavků na VMH s optimalizačním modelem v této práci
Zdroj: tvorba autora

Předpoklad	Model splňuje předpoklad	Vysvětlení
Respektování cílů dopravní politiky a dopravních strategií	Částečně ANO	Tento předpoklad představuje stěžejní omezení matematického optimalizačního modelu ve formě strukturálních omezujících podmínek naplnění indikátorů
Objektivita	ANO	Optimalizační model kalkuluje optimální řešení čistě na základě parametrů úlohy
Proveditelnost v rozsáhlém množství projektů	ANO	Optimalizační model není nějak omezen a díky parametru váhy lze zařadit do výpočtu i kategoricky rozdílné projekty
Transparentnost	ANO	Optimalizační software Xpress nabízí jednoznačné číselné i grafické řešení problému
Průběžná konzultace se všemi důležitými subjekty	Částečně ANO	Před optimalizačním procesem doporučuje konzultace vybraných expertů pro stanovení parametru váhy

Realitou však zůstává fakt, že v praxi může nastat mnoho nepředvídatelných jevů, které naruší základní data, se kterými model pracuje. Hlavní 3 možné problémy modelu jsou:

- Změna hodnot parametrů modelu

Jelikož jsou hodnoty parametrů modelu pouze odhady, lze předpokládat, že se během programového období změní. Důvodem mohou být například neobdržení stavebního povolení nebo neočekávané zvýšení nákladů na realizaci projektu. Jedná se tedy především o rozložení financí ve fázích realizace projektu, časové omezení projektu a ekonomické hodnocení. Řešením tohoto problému je pravidelná aktualizace dat a následné provedení optimalizačního procesu po každé aktualizaci.

- Neúplná data

Při výpočetním experimentu s optimalizačním modelem bylo třeba několik hodnot odhadnout, z důvodu nekompletních informací. V praxi by se tento problém dal vyřešit odhadem nebo zařazením projektu do modelu až po kompletizaci všech potřebných dat.

- Určení váhy pro každý projekt

Určení váhy je stěžejní pro správnou funkci optimalizačního modelu. Pro správné určení váhy pro každý projekt je třeba vytvořit metodiku pro výpočet váhy pro každou kategorii projektů. Návrhy pro určení této metodiky jsou uvedeny v kapitole Charakteristika vybraného problému.

Pro zhodnocení optimalizačního modelu této práce byla použita SWOT analýza (Tabulka 21), která v sobě zahrnuje výše zmíněné klady i zápory optimalizačního modelu.

Tabulka 21- SWOT analýza optimalizačního modelu
Zdroj: autorova tvorba

Silné stránky	Slabé stránky
<p>Poskytuje optimální řešení problému</p> <p>Model je snadno použitelný</p> <p>Model respektuje indikátory pro hodnocení OPD</p> <p>Model respektuje systémové požadavky, stanovené v Tabulka 20</p> <p>Model je flexibilní, lze jej aktualizovat</p>	<p>Určení váhy projektů</p> <p>Nedostatek a nízká kvalita vstupních dat</p> <p>Změna parametrů v čase – model nezohledňuje nejistotu, která je spojená s projektovou přípravou a realizací</p> <p>Závislost na kvalitě provedených analýz</p>
Příležitosti	Hrozby
<p>Naplnění strategických cílů a indikátorů</p> <p>Nejlepší možný rozvoj DI při daných finančních prostředcích</p> <p>Úspory z hlediska lidských zdrojů a složitosti výběrového procesu</p> <p>Není možné výběr projektu ovlivnit zvenčí</p>	<p>Při nekvalitních datech se může optimální řešení softwaru lišit od reality</p> <p>Při změnách parametrů nemusí dojít k financování již zařazeného projektu</p> <p>Vývoj metodiky pro určení vah bude vyžadovat lidské a finanční zdroje</p>

Slovní shrnutí SWOT analýzy

Hlavní výhodou navrženého modelu je fakt, že model poskytuje optimální řešení investičního rozhodovacího problému. To v případě problému řešeného v této práci znamená optimální využití dostupných finančních zdrojů, při dodržení omezení časových projektů a naplnění daných strategických cílů. Pokud by v praxi došlo ke zmíněnému optimálnímu řešení problému, důsledkem by bylo zvýšení přínosů z vybudované infrastruktury a v důsledku toho ekonomický růst. Při takovém výsledku modelu by se dala metoda aplikovat i v ostatních státech EU, což by v dlouhodobém časovém horizontu vedlo ke zvýšení hospodářství, obchodních možností a životní úrovně všech států EU.

11 Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření optimalizačního modelu pro investiční rozhodování na dopravní infrastruktuře. Doprava je jedním ze základních pilířů národní ekonomiky a z toho důvodu je důležitá její vysoká kvalita, které lze docílit pouze za předpokladu kvalitní dopravní infrastruktury. V současné době je však dopravní infrastruktura v České republice značně zaostalá oproti státům, které se staly členy EU dříve než ČR. Nároky na dopravní infrastrukturu se však neustále zvyšují, z důvodu celosvětového trendu vzestupu objemu přepravy a rozvoje mezinárodního obchodu. EU proto podporuje potřebné členské státy poskytováním finančních prostředků na rozvoj dopravní infrastruktury. V roce 2021 začíná již třetí období Operačního programu doprava, který v ČR představuje největší operační program z hlediska objemu finančních prostředků. V minulých dvou obdobích však nedošlo k saturaci potřeb pro rozvoj dopravní infrastruktury. To nastalo v důsledku nedostatku finančních prostředků a přidruženým rizikem je jejich neefektivní využívání. Objem dostupných finančních prostředků lze těžko ovlivnit, z toho důvodu tato práce analyzuje současný systém rozvoje dopravní infrastruktury za účelem vývoje metody, která by umožnila optimální využití dostupných finančních zdrojů a tím docílila efektivního rozvoje dopravní infrastruktury.

V současné době se pro investiční rozhodování při budování dopravní infrastruktury celostátního významu používá výstupu vícestupňového multikriteriálního hodnocení, popsaného v kapitole Metoda VMH. To je speciálně upravená metoda, určující priority projektů z hlediska jejich pořadí financování. Vícestupňové multikriteriální hodnocení je založeno na kombinaci multikriteriální analýzy a zjednodušené analýzy nákladů a přínosů. Multikriteriální analýza má však jednu velkou nevýhodu, není zaručeno optimální řešení problému. V kapitole Kritická analýza metody VMH je uveden triviální příklad, který tento fakt demonstruje.

Specifikace optimalizačního problému v této práci byla poměrně náročný proces. Nejprve bylo cílem práce vytvoření optimalizačního modelu pro všechny projekty na dopravní infrastruktuře, ale po bližším prozkoumání širokého rozsahu problematiky se práce zaměřila pouze na projekty na dopravní infrastruktuře, financované v rámci Operačního programu doprava. Důvodem jsou jasně dané vstupní parametry projektů a cíle, kterých je třeba za programové období dosáhnout. Optimalizačním problémem je tedy sestavení portfolia izolovaných investičních projektů na dopravní infrastruktuře, přičemž cílem optimalizace je maximalizace kumulativního společenského přínosu projektů.

Optimalizační problém je v práci řešen metodou lineárního programování, vysvětlené v kapitole Specifikace lineárního programování. Samotný model je pak popsán a vysvětlen v kapitole Optimalizační problém-portfolio izolovaných investičních projektů na dopravní infrastruktuře. Optimalizačním kritériem je společenský přínos projektů, který je

v optimalizačním modelu vyjádřen jako vážená hodnota příspěvku projektu k indikátorům specifických cílů, určených v Operačním programu doprava. Cílem optimalizace je maximalizace optimalizačního kritéria. Po určení optimalizačního kritéria bylo třeba určit omezující podmínky optimalizačního modelu. První podmínkou je nepřekročení finančních prostředků, alokovaných do jednotlivých let programového období. Při financování navíc hraje podstatnou roli pravidlo $n+2$, které umožňuje utratit nevyužité finanční prostředky jednotlivých let v následujících dvou letech. Další podmínkou je respektování časového omezení projektů, které je vyjádřeno nejdříve možným začátkem realizace projektů a nejpozději možným ukončením projektů. Nejdříve možný začátek znamená v praxi připravenost projektu neboli stav, ve kterém jsou zhotoveny všechny nutné kroky pro zahájení stavby. Nejpozději možné ukončení projektu je obvykle na konci programového období, existují však i výjimky (například rozestavěné projekty, které přechází z předchozího období Operačního programu doprava). Detailnější informace k projektům a jejich životnímu cyklu jsou uvedeny v kapitole Hodnocení investičních projektů na dopravní infrastrukturu. Třetí podmínkou je naplnění určených strategických cílů Operačního programu doprava a dosažení požadovaných hodnot jejich indikátorů, v časovém milníku a na konci programového období.

Pro výpočetní experiment optimalizačního modelu byla využita data poskytnuta Státním fondem dopravní infrastruktury a veřejně dostupná data na webových stránkách Ředitelství silnic a dálnic (37) a Operačního programu doprava (12). Některá data však bylo třeba upravit či odhadnout. Důvodem pro úpravu dat je přizpůsobení řádově nižšímu počtu projektů v experimentu, než by byl v realitě. Odhad dat byl nutný z důvodu jejich neúplnosti v čase psaní této práce.

Míra příspěvku projektů k indikátorům specifických cílů Operačního programu doprava byla zjištěna z informačních letáků projektů. Tyto letáky jsou veřejně přístupné na webových stránkách Ředitelství silnic a dálnic.

Data alokovaných finančních prostředků na jednotlivé roky programové období a požadované hodnoty jednotlivých indikátorů specifických cílů v milníku a na konci programového období v Operačním programu doprava 2021-2027 byla čerpána z dokumentu (12), který je veřejně dostupný na webových stránkách programu. Tato data byla z výše zmíněného důvodu ve výpočetním experimentu upravena.

Data o časových omezení projektů a jejich finančních nákladů byla dodána Státním fondem dopravní infrastruktury. Jedná se o projekty, které je reálně možné v období 2021-2027 realizovat. Zde je třeba zmínit, že některá data nebyla v čase, kdy byl proveden výpočetní experiment s modelem, dostupná. V takovém případě byla chybějící data odhadnuta na základě dostupných informací. Data tedy pouze částečně odpovídají realitě, nicméně

funkčnost optimalizačního modelu a věrohodnost výpočetního experimentu s modelem tento nedostatek nijak neovlivní.

Ve výpočetním experimentu s optimalizačním modelem, uvedeném v kapitole Výpočetní experiment s navrženým optimalizačním modelem, bylo použito 20 projektů s výše uvedeným zdrojem dat. Výpočetní experiment byl proveden v optimalizačním softwaru Xpress-IVE a výstupem je výběr a časový rozvrh financovaných projektů.

Optimalizační model této práce má několik slabín, které by mohly narušit správnost výpočtů. Jedná se především o parametr váhy a nejistoty, které jsou způsobeny možnou změnou dat v čase nebo jejich nekvalitním určením. Pro použití v praxi je třeba tyto slabiny eliminovat nebo alespoň snížit jejich negativní dopad na výstup optimalizačního modelu viz. kapitola Zhodnocení dosažených výsledků a diskuse k nim z hlediska jejich reálného uplatnění.

Vzhledem k tomu, že v současné době nejsou pro investiční výběr projektů na dopravní infrastrukturu využívány metody, které by poskytly optimální řešení, věřím, že by optimalizační model mohl najít v praxi své uplatnění. Oproti současně užívaným metodám zaručuje optimalizační model této práce optimální řešení problému. To znamená efektivní utilizaci dostupných finančních prostředků pro rozvoj dopravní infrastruktury. Navíc je zaručena jeho transparentnost, objektivita a respektování strategických cílů dopravní politiky.

12 Bibliografie

1. ČVUT, Fakulta Dopravní. Dopravní plánování a modelování. *Předmět v rámci studia*. 2021.
2. Zákon č. 183/2006 Sb., Zákon o územním plánování s stavebním řádu. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>.
3. Nantl, Ing. František. *Dopravní infrastruktura-C7, součást publikace Principy a pravidla územního plánování*. [Dokument] Brno : Ústav územního rozvoje, 2013.
4. Zákon č. 13/1997 Sb., Zákon o pozemních komunikacích. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>.
5. Zákon č. 266/1994 Sb., Zákon o dráhách. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-266>.
6. Zákon č. 114/1995 Sb., Zákon o vnitrozemské plavbě. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-114>.
7. Zákon č. 49/1997 Sb., Zákon o civilním letectví. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-49>.
8. Kombinovaná doprava. *Ministerstvo dopravy*. [Online] 2021. [https://www.mdcrcz/Dokumenty/Kombinovana-doprava-\(2\)/kombinovana-doprava-\(1\)](https://www.mdcrcz/Dokumenty/Kombinovana-doprava-(2)/kombinovana-doprava-(1)).
9. Mahashreveta Choudhary. What is Intelligent Transport System and how it works? *Geospatial World*. [Online] <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-is-intelligent-transport-system-and-how-it-works/>.
10. The European Rail Industry. ERTMS in brief. *The European Train Traffic Management System*. [Online] https://www.ertms.net/?page_id=40.
11. DISCOVER SESAR. *SESAR joint undertaking*. [Online] <https://www.sesarju.eu/discover-sesar>.
12. Marek Pastucha. Operační program doprava 2021-2027. *Operační program doprava*. [Online] 2021. <https://www.opd.cz/slozka/Operacni-program-Doprava-2021>.
13. Zákon č. 2/1969 Sb., Kompetenční zákon. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1969-2>.
14. Zákon č. 104/2000 Sb., Zákon o Státním fondu dopravní infrastruktury. *Zákony pro lidi*. [Online] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-104>.
15. ČVUT, Fakulta dopravní. Správa a financování v dopravě. *Předmět v rámci studia*. Praha, 2021.
16. Smlouva o fungování Evropské unie (konsolidované znění). *Access to European Union law*. [Online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A12016E%2FTXT>.
17. Evropská komise. Bílá kniha- Plán jednotného evropského dopravního prostoru – vytvoření konkurenceschopného. *Euroskop*. [Online] https://www.euroskop.cz/gallery/96/29006-evropsky_dopravni_prostor.pdf.
18. Rozvoj dopravní infrastruktury do roku 2050. *Ministerstvo dopravy*. [Online] <https://www.mdcrcz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Rozvoj-dopravni-infrastruktury-do-roku-2050/Rozvoj-dopravni-infrastruktury-do-roku-2050/Rozvoj-dopravni-infrastruktury-do-roku-2050.pdf.aspx>.

19. Společná dopravní politika: obecné zásady. *Evropský parlament*. [Online] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/123/spolecna-dopravni-politika-obecne-zasady>.
20. INEA. Innovation and networks executive agency. *European commission*. [Online] <https://ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects/projects-by-transport-mode/ertms>.
21. European Commission. Trans-European Transport Network (TEN-T). *Mobility and Transport*. [Online] https://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t_en.
22. MD. Transevropské dopravní sítě (TEN-T). *Ministerstvo dopravy*. [Online] [https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Transevropske-dopravni-site-\(TEN-T\)](https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Strategie/Transevropske-dopravni-site-(TEN-T)).
23. Usnesení vlády České republiky . *Aplikace o/dok*. [Online] 8. březen 2021. <https://apps.odok.cz/attachment/-/down/IHOABYYHHBY8>.
24. Ministerstvo dopravy. Dopravní politika České republiky pro období 2021-2027 s výhledem do roku 2050. 2021.
25. Základní informace. *Operační program doprava*. [Online] <https://www.opd.cz/stranka/zakladni-informace>.
26. Evropská komise. *Evropské strukturální a investiční fondy*. [Online] https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/funding-opportunities/funding-programmes/overview-funding-programmes/european-structural-and-investment-funds_cs.
27. Evropský parlament a Rada. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1300/2013. *Access to European Union Law*. [Online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1301&qid=1620246175278>. 32013R1301.
28. —. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1301/2013. *Access to European Union Law*. [Online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32013R1300&qid=1620246102648>. 32013R1300.
29. SFDI. *Odborné konzultace*. Praha.
30. Marek Kołodziejski. Fond soudržnosti. *Evropský parlament*. [Online] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/96/fond-soudrznosti>.
31. —. Evropský fond pro regionální rozvoj. *Evropský parlament*. [Online] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/cs/sheet/95/evropsky-fond-pro-regionalni-rozvoj-efrr->.
32. Kolektiv autorů. *Rezortní metodika pro hodnocení ekonomické efektivnosti projektů dopravních staveb*. Praha : Státní fond dopravní infrastruktury , 2018. ISBN 978-80-907177-1-8.
33. Ministerstvo dopravy. Prováděcí pokyny pro hodnocení efektivnosti projektů dopravní infrastruktury. *Státní fond dopravní infrastruktury*. [Online] https://www.sfdi.cz/soubory/obrazky-clanky/metodiky/2017_provadeci_pokyny_efektivnost.pdf.
34. Úvod. *MS2014+*. [Online] <https://mseu.mssf.cz/>.
35. Bradley Hax, and Magnanti. *Applied mathematical programming* . místo neznámé : Addison-Wesley, 1997.
36. Kolektiv autorů. *Dopravní sektorové strategie 2. fáze - kniha 8*. Praha : autor neznámý, 2013.

37. ŘSD ČR. Mapová aplikace. *Ředitelství silnic a dálnic ČR*. [Online]

[https://www.rsd.cz/wps/portal/web/mapa-](https://www.rsd.cz/wps/portal/web/mapa-projektu/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOK9Pb09DZ2cDbzdzQ0MDRzNXFyNTX1CDAwMDIEKIoEKnN0dPUzMfYAiJhZGBp4uTh4u5pa-BgaeZsTpN8ABHA0I6Q_XjwlrwecCsAI8VhTkhkYYZDoqAgCJ8XUV/###stavby?filters[]=StavbyRealizace)

[projektu/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOK9Pb09DZ2cDbzdzQ0MDRzNXFyNTX1CDAwMDIEKIoEKnN0dPUzMfYAiJhZGBp4uTh4u5pa-](https://www.rsd.cz/wps/portal/web/mapa-projektu/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOK9Pb09DZ2cDbzdzQ0MDRzNXFyNTX1CDAwMDIEKIoEKnN0dPUzMfYAiJhZGBp4uTh4u5pa-BgaeZsTpN8ABHA0I6Q_XjwlrwecCsAI8VhTkhkYYZDoqAgCJ8XUV/###stavby?filters[]=StavbyRealizace)

[BgaeZsTpN8ABHA0I6Q_XjwlrwecCsAI8VhTkhkYYZDoqAgCJ8XUV/###stavby?filters\[\]=StavbyRealizace](https://www.rsd.cz/wps/portal/web/mapa-projektu/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOK9Pb09DZ2cDbzdzQ0MDRzNXFyNTX1CDAwMDIEKIoEKnN0dPUzMfYAiJhZGBp4uTh4u5pa-BgaeZsTpN8ABHA0I6Q_XjwlrwecCsAI8VhTkhkYYZDoqAgCJ8XUV/###stavby?filters[]=StavbyRealizace)
ce.

Seznam obrázků

Obrázek 1- Transevropská dopravní síť	16
Obrázek 2- Schéma metody VMH.....	42
Obrázek 3- Vizualní podoba optimalizačního softwaru Xpress-IVE	54
Obrázek 4- Výstup výpočetního experimentu s modelem softwaru Xpress-IVE	61

Seznam tabulek

Tabulka 1- Objem finančních prostředků evropských fondů pro ČR	22
Tabulka 2- Demontrace indikátorů výstupů a výsledků	29
Tabulka 3- Demontrace rozdílu výsledků stejného indikátoru, v závislosti na lokaci	30
Tabulka 4- přehled proměnných v lineárním programování	32
Tabulka 5- Alokace evropských finančních prostředků v OPD 2021-2027	34
Tabulka 6- Procentuální podíl národních a evropských zdrojů	34
Tabulka 7- Priorita 1, specifický cíl rozvoj udržitelné, inteligentní, bezpečné a intermodální sítě TEN-T odolné vůči změnám klimatu.....	35
Tabulka 8- Priorita 1, specifický cíl rozvoj udržitelné, inteligentní a intermodální celostátní, regionální a místní mobility odolné vůči změnám klimatu, včetně lepšího přístupu k síti TEN-T a přeshraniční mobility.....	36
Tabulka 9- Priorita 2.....	37
Tabulka 10- Priorita 3	37
Tabulka 11- Priorita 4.....	38
Tabulka 12- Vysvětlení pojmů VMH.....	40
Tabulka 13- Parametry projektů pro názorný příklad.....	43
Tabulka 14- Seznam projektů ve výpočetním experimentu s modelem.....	49
Tabulka 15- alokace finančních prostředků v jednotlivých letech programového období.....	50
Tabulka 16- rozložení finančních nákladů ve fázích projektu	51
Tabulka 17- charakteristika indikátorů a jejich požadované hodnoty.....	52
Tabulka 18- příspěvky projektů k indikátorům	53
Tabulka 19- Výstupy výpočetního experimentu s modelem.....	59
Tabulka 20- porovnání požadavků na VMH s optimalizačním modelem v této práci	62
Tabulka 21- SWOT analýza optimalizačního modelu	64

Přílohy

V příloze je uveden kompletní text výpočetního experimentu modelu v optimalizačním softwaru Xpress-IVE.