

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2022

**DOMINIK
BAKOS**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bakos Jméno: Dominik Osobní číslo: 468249
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu

Název diplomové práce anglicky: Comparison of motorway pavement variants with respect to the choice of technical solution, life cycle and time schedule

Pokyny pro vypracování:

Shrňte možná řešení pro způsoby realizace dálniční vozovky (měřený kontrakt, design&build, PPP) z hlediska výhod a rizik při rozhodování o technickém řešení.

Popište aspekty Value for Money, LCC a LCCA a jak je lze uplatnit u dopravní stavby, včetně vlivu správy a údržby.

Zvolte vhodný typ dálniční novostavby, u které pro stavební objekt SO101 porovnejte min. 2 scénáře technického řešení. Zohledněte možnosti využití lokálně dostupných surovin. Specifikujte a popište dopady scénářů údržby vozovky po dobu 30 let provozu.

Stanovte a porovnejte náklady životního cyklu, posuďte vhodná environmentální kritéria s dopadem na životní cyklus, vypracujte harmonogram výstavby dálniční vozovky.

Seznam doporučené literatury:

WALLS, J. et al. Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design: Interim Technical Bulletin. FHWA, 1998

KOČÍ, VI. Environmentální dopady: posuzování životního cyklu. Praha: VŠCHT, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0

www.pjpk.cz - odpovídající technické podmínky související s tématem


zdroje získatelné k tématu na internetu (články, reporty apod.)

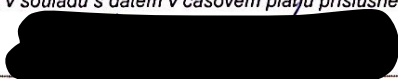
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jan Valentin, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 24.09.2021

Termín odevzdání diplomové práce: 02.01.2022

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce



Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24.9.2021

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma *Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu* jsem vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu a další podkladové materiály, které jsem použil, uvádím v seznamu.

V Praze dne 26. 12. 2021

Dominik Bakos

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Janu Valentinovi, Ph.D., vedoucímu diplomové práce, že jsem s ním mohl navázat pokračující spolupráci na dané téma, které jsme započali již během bakalářské práce, a následně i při přípravě a zpracování projektu dálnice D4 formou PPP projektu. Bohužel práce je velmi obsáhlá a pro čtenáře pravděpodobně náročná. Tímto bych mu chtěl velmi poděkovat a vážím si jeho vlastního času, který mi dokázal během psaní diplomové práce poskytnout. Jeho zkušenosti a pohled na asfaltové vozovky je dechberoucí a díky této práci jsem měl možnost nahlédnout taktéž do tohoto procesu. Dále bych rád poděkoval svým kolegům, kteří mi i přes trvající pandemii dokázali vyčlenit svůj čas a mohl jsem s nimi konzultovat určité pasáže dané stavební problematiky. V neposlední řadě bych rád poděkoval společnosti HOCHTIEF CZ a.s., kde jsem zaměstnán, že mi umožnila efektivně skloubit práci a psaní diplomové práce a využít nabitých zkušeností. V poslední řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která při mně stála během celého studia.

Abstrakt

V úvodní části se diplomová práce zaměřuje na porovnání současného zadávání veřejných zakázek. U nás se tyto zakázky zadávají formou měřeného kontraktu, Design and Build mechanismu a formou PPP projektu. Práce popisuje výhody a nevýhody těchto forem.

Další kapitolou teoretické části je seznámení čtenáře s problematikou asfaltových vozovek, jejich poruchami a údržbou, stejně jako i s možností využití R-materiálu. Asfaltová vozovka je popsána z pohledu výroby asfaltové směsi a následné ukládky těchto stavebních směr. R-materiál je v současnosti velmi diskutovaný stavební materiál, který lze získat pomocí frézování původní asfaltové komunikace a tento materiál lze dále využívat. Využití tohoto materiálu má pozitivní vliv na životní prostředí a přírodní zdroje, jako je kamenivo. Jelikož se jedná o PPP projekty, jsou zde přiblíženy opravy a možné poruchy, které mohou vzniknout na netuhých vozovkách.

Závěrečnou teoretickou částí je aplikace přístupu nebo nástrojů LCC a LCCA. Tyto nástroje jsou následně prakticky využity v samostatné části, kde je porovnávána původně navržená asfaltová vozovka s dvěma optimalizovanými asfaltovými skladbami. Dalším nástrojem je tzv. VfM, neboli hodnota za peníze, která předpokládané budoucí náklady v provozní fázi převádí na současnou hodnotu peněz.

Praktická část se věnuje problematice životních nákladů hlavního objektu u dálniční stavby. Pro tento případ byly k původně projektantem navržené asfaltové vozovce vytvořeny ještě optimalizované varianty, které jsou taktéž analyzovány z hlediska životních nákladů. Jednotlivé skladby jsou porovnávány z pohledu investičních nákladů a dále z provozních nákladů. V souběhu s provozními náklady vstupuje do výpočtu ještě platební mechanismus, který je nastaven dle dostupnosti daného úseku. Tyto náklady jsou následně rozpočítány na dobu trvání koncesní smlouvy, která je platná 32 let. Výsledkem jsou celkové náklady, které musí zadavatel do projektu během realizace a během 30 let provozu vložit. Současně jsou pro tyto varianty vytvořeny časové plány s využitím mechanizace a cash-flow.

Klíčová slova

Hodnota za peníze, náklady životního cyklu, posouzení životního cyklu, R-materiál, pozemní komunikace

Abstract

The first part of this master thesis will be focused on comparing current public procurements. In the Czech Republic these procurements are assigned in the form of a measured contract or in the form of a PPP project. These methods were further expanded upon to include their strengths and weaknesses.

In the next chapter of the theoretical part the thesis reader will be introduced to the asphalt paving of roads and motorways, their weak aspects and methods of maintenance and the usage of reclaimed asphalt. The manufacturing and application of asphalt (bituminous) material will be also described. The application of reclaimed asphalt is currently greatly discussed as a material routed out of an old roadwork that can be recycled, reused and reapplied to the new paving process. The usage of such material has a positive effect on the environment and natural resources such as aggregates, and mineral fines. Because in the practical part of the thesis it is assumed that a PPP project is described, calculated and assessed the repairs and maintenance of these roadways is described as well.

In the final chapter of the theoretical part, the approach of LCC and LCCA is applied. These tools are practically used in a dedicated part where a conventional asphalt pavement and two optimised asphalt compositions are compared. The Value for Money (VfM) tool will be used which converts the expected future value into the current monetary value (net present value).

The practical part is devoted to the cost of maintaining of the main part of the whole motorway construction project. For this purpose, some optimised alternatives with their own lifecycle assessments were created. The individual composing layers are evaluated from an investment and medium or heavy maintenance point of view. In conjunction with this a simplified payment mechanism is added into the equation that considers the availability of the area (availability of the traffic lanes). The resulting charges will be spread out across the lifetime of the concession contract which is 32 years. The result is the overall cost that a concessionaire must consider and add to the realisation and 30-year maintenance of the project. A time schedule is created with the usage of construction machinery and cash-flow for each of these alternatives.

Key words

Value for Money, Life-cycle cost, Life-cycle assessment, R-material, road

Seznam použitých symbolů a akronymů

| | |
|-------------|---|
| PPP | Public Private Partnership (Spolupráce mezi veřejným a soukromým sektorem) |
| LCC | Life-cycle cost (Náklady životního cyklu) |
| LCA | Life-cycle assessment (Posouzení životního cyklu) |
| LCCA | Life-cycle cost analysis (Posouzení nákladů životního cyklu) |
| PSC | Public sector comparator (Komparátor veřejného sektoru) |
| LCI | Inventarizace životního prostředí |
| LCIA | Posouzení dopadů životního prostředí |
| PPPM | Model předpovědi výkonu vozovky |
| SPPA | Jednoduchá analýza doby návratnosti |
| BCA | Analýza nákladů a přínosů |
| UEAC | Ekvivalentní jednotné roční náklady |
| DSPS | Dokumentace skutečného provedení stavby |
| TP | Technické podmínky |
| NPV | Net present value (Čistá současná hodnota peněz) |
| ÚOHS | Úřad pro ochranu hospodářské soutěže |
| NKÚ | Nejvyšší kontrolní úřad |
| SO | Stavební objekt |
| OTSKP | Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací |
| ŘSD | Ředitelství silnic a dálnic ČR |
| JŘBÚ | Jednací řízení bez uveřejnění |
| SoD | Smlouva o dílo |
| DUR | Dokumentace pro územní rozhodnutí |
| ÚR | Územní rozhodnutí |
| DSP | Dokumentace pro stavební povolení |
| SP | Stavební povolení |
| B&D | Design and Build (Naprotjektuj-postav) |
| VZ | Veřejná zakázka |
| ZD | Zadávací dokumentace |
| $E_{def,2}$ | modul přetvárnosti podloží a nestmelených vrstev vozovky podle ČSN 72 1006, MPa |
| DBOFM | Design – Build – Finance – Operate – Maintain (Navrhni – Postav – Zafinancuj – Provozuj – Udržuj) |
| DBB | Design – Bid – Build (Navrhni – Zadej – Postav) |
| TDS | Technický dozor stavebníka |
| ZAS | Znovuzískaná asfaltová směs |
| SBS | styren-butadien-styren |
| AC | Asfaltový beton |
| ACO | Asfaltový beton pro obrusné vrstvy |
| ACL | Asfaltový beton pro ložní vrstvy |
| ACP | Asfaltový beton pro podkladní vrstvy |
| PA | Drenážní koberec |
| SMA | Asfaltový koberec mastixový |
| MA | Litý asfalt |
| VMT | Asfaltová směs s vysokým modulem tuhosti |
| BBTM | Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností |

| | |
|------------------|--|
| CRmB | Asfalt modifikovaný pryžovým granulátem |
| MG | Multigrádové silniční asfalty |
| PMB | Modifikované asfalty |
| TSA | Tvrdé silniční asfalty |
| TNV _o | Průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v roce provedení dopravně-inženýrského průzkumu (sčítání dopravy), vozidel/den |
| TNV _k | Charakteristická hodnota denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel v návrhovém období pro všechny jízdní pásy v obou směrech, vozidel/den |
| VfM | Value for Money (Hodnota za peníze) |
| FIDIC | Druhy smluvních podmínek |
| IRI | Mezinárodní index nerovnosti (m/km) |
| ČSN | České technické normy |
| BOZP | Bezpečnost a ochrana zdraví při práci |
| APP | Ataktický polypropylen |
| KK | Kroužek a kulička |
| NH | Asfaltová vrstva se sníženou hlučností |
| ŠD | Štěrkodrt' |
| MZK | Mechanicky zpevněné kamenivo |
| PAU | Polyaromatický uhlovodík |
| SPV | Special Purpose Vehicle (úcelově založená společnost) |
| SC | Směs kameniva stmelená cementem |
| DIO | Dopravně inženýrské opatření |
| TePř | Technologický předpis |

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Úvod | 11 |
| 2 | Cíl práce a metodika..... | 13 |
| 3 | Způsob zadávání realizace dálniční vozovky | 15 |
| 3.1 | <i>Veřejné zakázky v České republice</i> | 15 |
| 3.2 | <i>Měřený kontrakt</i> | 17 |
| 3.2.1 | Pojem DBB..... | 18 |
| 3.3 | <i>Design & Build.....</i> | 19 |
| 3.3.1 | Odbornost týmu na straně zadavatele..... | 20 |
| 3.3.2 | Výběr zhotovitele | 21 |
| 3.3.3 | Stavby..... | 22 |
| 3.4 | <i>PPP projekt.....</i> | 24 |
| 3.4.1 | Model DBFOM..... | 24 |
| 3.4.2 | D4 formou PPP projektů – hodnotící kritéria | 26 |
| 4 | Výhody a nevýhody způsobů realizace dálničních vozovek | 27 |
| 4.1 | <i>Metoda tradiční veřejné zakázky</i> | 27 |
| 4.1.1 | Výhody | 27 |
| 4.1.2 | Nevýhody | 28 |
| 4.2 | <i>Metoda Design and Build (D&B).....</i> | 29 |
| 4.2.1 | Výhody | 29 |
| 4.2.2 | Nevýhody | 30 |
| 4.3 | <i>Metoda PPP.....</i> | 30 |
| 4.3.1 | Výhody | 31 |
| 4.3.2 | Nevýhody | 31 |
| 5 | Rizika u silničních projektů | 32 |
| 5.1 | <i>Definování rizika – cyklus řízení rizik</i> | 32 |
| 5.2 | <i>Rizika spojená s projekční fází.....</i> | 33 |
| 5.3 | <i>Rizika spojená s realizační fází</i> | 34 |
| 5.4 | <i>Rizika spojená s provozní fází.....</i> | 34 |
| 5.5 | <i>Ostatní rizika.....</i> | 34 |
| 6 | Asfaltové vozovky | 35 |
| 6.1 | <i>Asfalty.....</i> | 35 |
| 6.1.1 | Výroba ropného asfaltu..... | 37 |
| 6.1.2 | Zkoušení asfaltů | 38 |
| 6.2 | <i>Vlastnosti a obecné požadavky na asfaltové směsi</i> | 41 |
| 6.2.1 | Vlastnosti..... | 41 |
| 6.2.2 | Obecné požadavky na asfaltové směsi..... | 42 |
| 6.3 | <i>Rozdělení asfaltových směsí.....</i> | 42 |
| 6.3.1 | Typ kompozitní směsi – asfaltový beton (AC) | 43 |
| 6.3.2 | Typ makadam..... | 45 |
| 6.3.3 | Litý asfalt (MA) | 47 |
| 6.3.4 | Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy (BBTM)..... | 47 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 6.3.5 | Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti (VMT)..... | 48 |
| 6.4 | Výroba asfaltových směsí..... | 49 |
| 6.4.1 | Šaržová obalovna | 50 |
| 6.4.2 | Mobilní obalovny..... | 52 |
| 6.5 | Pokládka asfaltových směsí | 52 |
| 6.6 | Hutnění asfaltových směsí | 54 |
| 7 | Recyklace asfaltových vozovek..... | 55 |
| 7.1 | Zařazení znovuzískaných asfaltových směsí..... | 56 |
| 7.2 | Recyklace asfaltové vozovky za horka na obalovně..... | 58 |
| 7.2.1 | Znovuzískání asfaltové směsí | 58 |
| 7.2.2 | Obalovny | 59 |
| 7.3 | Recyklace asfaltové vozovky za horka na místě..... | 62 |
| 8 | Údržba a opravy netuhých vozovek..... | 63 |
| 8.1 | Poruchy netuhých vozovek..... | 64 |
| 8.1.1 | Zatřídění a rozsah poruch..... | 64 |
| 8.1.2 | Ztráta hmoty | 66 |
| 8.1.3 | Trhliny | 67 |
| 8.1.4 | Deformace..... | 68 |
| 8.2 | Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek..... | 69 |
| 8.2.1 | Podklady pro síťovou úroveň | 70 |
| 8.2.2 | Posouzení stavu vozovky pro údržbu a opravu | 70 |
| 8.2.3 | Podklady pro projektovou úroveň..... | 72 |
| 8.2.4 | Návrh údržby a opravy | 72 |
| 9 | Value for Money (VfM) | 75 |
| 9.1 | Rozsah a definice..... | 77 |
| 9.2 | Kvalitativní analýza | 78 |
| 9.3 | Kvantitativní analýza..... | 79 |
| 9.4 | Srovnání a vyhodnocení | 81 |
| 10 | Platební mechanismus – platby za dostupnost | 82 |
| 10.1 | Platby za dostupnost..... | 85 |
| 11 | LCC – Náklady životního cyklu | 87 |
| 11.1 | Životnost a opotřebení stavebních objektů | 88 |
| 11.2 | Environmentální dopad – hodnocení pomocí LCA..... | 89 |
| 12 | LCCA – Posouzení nákladů životního cyklu..... | 90 |
| 12.1 | Životní cyklus vozovky | 91 |
| 12.2 | LCCA v silničním stavitelství – procesy a kroky..... | 93 |
| 12.3 | Náklady zadavatele a uživatelské náklady..... | 96 |
| 12.3.1 | Náklady zadavatele | 96 |
| 12.3.2 | Uživatelské náklady | 97 |
| 13 | D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží | 100 |
| 13.1 | Popis projektu – SO 101 | 100 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 13.1.1 | Minimální technické požadavky zadavatele | 108 |
| 13.1.2 | Varianty vozovky | 112 |
| 13.2 | <i>Investiční náklady</i> | 115 |
| 13.2.1 | Rozdíl zemních prací | 117 |
| 13.2.2 | Kalkulace položek | 123 |
| 13.2.3 | Soupis prací variant | 125 |
| 13.2.4 | Porovnání variant vozovek | 126 |
| 13.3 | <i>Realizační harmonogram</i> | 130 |
| 13.3.1 | Rozdíl mezi variantou SO 101.1 a SO 101.2 | 140 |
| 13.4 | <i>Provozní fáze</i> | 141 |
| 13.4.1 | Varianty plánů údržby asfaltové vozovky | 141 |
| 13.4.2 | Kalkulace vybraných položek ze soupisu prací | 144 |
| 13.4.3 | Soupis prací provozních nákladů | 145 |
| 13.4.4 | Porovnání variant | 146 |
| 13.5 | <i>Harmonogram provozní fáze</i> | 150 |
| 13.5.1 | Prováděné práce v provozní fázi | 151 |
| 13.5.2 | Srážky za nedostupnost | 153 |
| 13.6 | <i>Aplikace analýzy LCC na projektu</i> | 155 |
| 13.7 | <i>Aplikace analýzy životního cyklu (LCCA) na projektu</i> | 162 |
| 14 | Závěr | 166 |
| | Přílohy diplomové práce | 172 |
| | Citovaná literatura | 172 |
| | Seznam obrázků | 181 |
| | Seznam tabulek | 183 |
| | Seznam grafů | 184 |

1 Úvod

Diplomová práce se zaměřuje na prohloubení problematiky porovnání variant dálničních vozovek u projektů, které jsou zadány formou PPP projektů. PPP projekty jsou projekty, které se zaměřují na spolupráci mezi soukromým a veřejným sektorem na realizaci veřejného díla. V České republice se v současnosti realizuje dopravní projekt formou PPP, a to dostavba dálnice D4 v úseku Háje – Krašovice.

Cílem práce je nabídnout hlubší vhled do PPP projektů a využití nástrojů při výpočtu nákladů životního cyklu. Téma rozšiřuje bakalářskou práci „*Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu*“, která se rovněž věnovala porovnání vozovek během životního cyklu. V diplomové práci je snaha o hlubší prozkoumání životního cyklu u dálničních vozovek s přihlédnutím k možnému využití R-materiálu, který lze získat na začátku stavby z původních komunikací nebo z obaloven. Další R-materiál lze následně získat během provozní fáze, kdy bude docházet k frézování asfaltové vrstvy a následně k položení nové vrstvy. Snaha o využití R-materiálu má za cíl zvýšení ochrany životního prostředí a snahu o lepší nakládání s přírodními zdroji. Práce pracuje s využitím asfaltového R-materiálu, což je jedna ze zajímavých cest, jak dojít k udržitelnosti dopravního stavebnictví. Oproti bakalářské práci došlo k rozšíření projektu, kdy místo uvažované části úseku dálnice D4 byl využit úsek *D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží*, který se v současnosti soutěží jako veřejná zakázka.

Rozšíření tématu bakalářské práce jsem si vybral z důvodu, že již delší dobu sleduji zadávání veřejných zakázek v České republice. Veřejné zakázky na dálniční stavby u nás zadává ŘSD, což je příspěvková organizace, která je zřízena Ministerstvem dopravy ČR. [1] V současnosti se nejvíce zakázek realizuje formou tzv. měřeného kontraktu, kdy zadavatel poskytne uchazečům projekt, v němž se následně oceňuje soupis prací k realizaci díla. Po ocenění soupisu prací k dílu a případném vítězství dojde k realizaci dle projektu, který byl zadavatelem poskytnut v soutěži. Zvoleným postupem zadávání veřejné zakázky může docházet k tomu, že na stavbě dojde ke skutečnostem, které nejsou uvedeny v projektové dokumentaci, a dochází k vícenákladům. Problém daného typu soutěže je, že se nejčastěji soutěží na nejnižší cenu. To znamená, že sice mohou být vypsána dvě či více kritérií¹, ale dominantním kritériem pro získání zakázky je nejnižší cena. Pokud např. jeden z uchazečů podá nižší cenu, než je předpokládaná, a vyhraje tuto zakázku, vyvíjí následně snahu o nalezení vícenákladů. Když docílí finanční injekce, může zakázku zrealizovat bez ztrát, nebo s přiměřeným ziskem. V současné době se již projekty začínají soutěžit formou Design and Build a formou PPP projektu. V těchto případech si projektovou dokumentaci vyhotovuje sám uchazeč a většina rizik, která jsou spojena s projektovou dokumentací, jde za ním. Určitou nevýhodou může být fakt, že projekt se tímto prodraží, ale spojení projekční společnosti s realizační společností může mít významný vliv na kvalitu projektu, takže následně mohou být ušetřeny prostředky za údržbu a opravu vozovky během jejího životního cyklu.

¹ V rámci dopravního stavitelství se nejčastěji soutěží na nejnižší cenu, která má váhu až 90 %. Dalším častým kritériem je čas a záruka, které bývají u staveb ŘSD omezeny jak zdola, tak shora.

Bakalářská práce, byla zaměřena na řešení dálničního úseku projektu D4, kdy byla zkoumána původní asfaltová vozovka (SO 101) s optimalizovanými variantami (SO 102 – Cementobetonová vozovka a SO 103 - Optimalizovaná asfaltová vozovka). Výsledky optimalizovaných variant a jejich porovnání s původně navrženou vozovkou od projektanta byly během životního cyklu velmi rozdílné. Již v investiční fázi byly optimalizované varianty levnější, což se potvrdilo i následně v provozní fázi při plánování údržby a opravy. Původní vozovka byla oproti nově navrženým variantám výrazně dražší. Jednalo se o velice zjednodušený model. [87] Výsledek práce mě velmi zaujal, a proto jsem se rozhodl, že v práci budu pokračovat. Po dohodě s vedoucím práce byla odstraněna z porovnání cementobetonová vozovka a v praktické části došlo k porovnání původní asfaltové vozovky s dvěma nově navrženými asfaltovými vozovkami. Další změnou je snaha o využití R-materiálu do jedné z optimalizovaných variant. Jedná se o snahu využít tento materiál a porovnat ho s původní vozovkou a následně i se stejným typem vozovky, kde ovšem nebylo uvažováno s přidáním asfaltového recyklátu. Využití R-materiálu přispívá k opětovnému využívání původního materiálu a k využití lokálně dostupné suroviny, která je získávána např. pomocí frézování. Všechny vozovky jsou podrobeny porovnání v investiční fázi. Následně je oceněna provozní fáze, u níž je navržen scénář údržby. Díky scénáři údržby dojde i k lepšímu vypracování srážek za dostupnost. Všechny náklady jsou porovnány a následně je vytvořen model LCC na 30 let provozu.

Přehled objektů s cenou, včetně DPH

Stavba: Bakalářská práce - optimalizace skladby vozovky dálničního typu

| Objekt | Popis | Stavební práce | DPH | SP+DPH |
|--------|--|----------------|---------------|----------------|
| SO 101 | Varianta 1: Původní asfaltová vozovka | 138 928 271,00 | 29 174 936,91 | 168 103 207,91 |
| SO 102 | Varianta 2: Cementobetonová vozovka | 133 593 306,12 | 28 054 594,29 | 161 647 900,41 |
| SO 103 | Varianta 3: Optimalizovaná asfaltová vozovka | 135 509 130,42 | 28 456 917,39 | 163 966 047,81 |

Obrázek 1: Investiční náklady z výsledků bakalářské práce [87]

Dále se práce zaměřuje na tvorbu časového harmonogramu jednotlivých variant, kde kromě realizační fáze byl vytvořen časový harmonogram i pro provozní fázi. Do vytvořených harmonogramů byly přidány např. strojní sestavy a bylo vytvořeno cash-flow jednotlivých variant. Pro tvorbu harmonogramu byl využit softwarový program TILOS, který kromě běžně užívaného zobrazení (Ganttovo zobrazení) umí vytvořit i časoprostorový harmonogram, který je dle mého ideální pro dopravní stavby, jelikož reflektuje prostor. Např. u provozní fáze je ihned zřejmé, v které části dálničního úseku dochází k opravě. S tím, že víme, kde je oprava vedena, můžeme i zkoordinovat čas oprav, aby nedocházelo k více uzavírkám, a tím ke komplikacím v dopravě.

2 Cíl práce a metodika

Cílem diplomové práce je prohloubení pohledu na řešení realizace dálničních vozovek, případně celých infrastrukturních projektů v oblasti silničního stavitelství. Základní porovnání vozovek bylo prováděno v bakalářské práci „*Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu*“, kde byl zjednodušeně proveden výpočet nákladů na realizaci a následně na provozní fázi projektu. Jelikož se v blízké budoucnosti mohou projekty vypisovat formou D&B, nebo jako PPP projekty, zaujal mě odlišný přístup a pohled na přípravu a realizaci stavebních projektů.

Cílem práce je porovnat vybrané varianty asfaltových dálničních vozovek z hlediska celého životního cyklu, tedy s využitím nástrojů LCC. Práce se dále zaměřuje na využití R-materiálu, který bude využíván jak během realizační fáze, tak i během provozní fáze. V provozní fázi se počítá s údržbou vozovky, čímž bude docházet k získávání R-materiálu z realizovaných asfaltových vrstev během investiční fáze, který lze znovu využít. V případě přípravy a následné realizace veřejné zakázky vypsané formou PPP získává zpravidla vítězné konsorcium i budoucí materiální prostředky (z jeho budovaných konstrukcí), které může následně využít během provozní fáze. Další částí práce je tvorba časového plánu, kde vyjma tvorby harmonogramu bylo vytvořeno cash-flow pro jednotlivé varianty. Cash-flow sleduje tok peněz v čase. Pro harmonogram na objekt SO 101 (hlavní trasa) byl s přihlédnutím k položkám v soupisu prací proveden návrh a nasazení strojní mechanizace a potřeby surovin v čase. Při tvorbě kalkulace a realizaci asfaltových variant bylo přihlédnuto k možnému využití lokálních surovin (např. kamenivo v blízkosti stavby, obalovny), či k získaným surovinám během realizace stavby (R-materiál). Posledním cílem diplomové práce je nalezení a posouzení zjednodušených environmentálních kritérií a jejich dopadů na životní cyklus. Závěrem se práce věnuje porovnání šesti variant asfaltových vozovek a jejich dopadu na životní cyklus a časový plán.

V teoretické části má diplomová práce za cíl přiblížit čtenáři současný stav zadávání veřejných zakázek s přihlédnutím k problematice rizik a výhod/nevýhod jednotlivých forem zadávání. V první části se práce kromě zadávání veřejných zakázek zaměřuje na teoretické shrnutí poznatků k problematice asfaltových směsí, jejich výroby a potřeb strojních sestav pro jejich pokládku. Diplomová práce se dále zaměřuje na využití R-materiálu do asfaltových směsí. Čtenáři bude přiblížen postup získávání této suroviny, její další využití a odlišné metody technologického postupu recyklací asfaltových vozovek. Snahou práce je využití a zabudování tohoto materiálu do nových vozovek. To by mělo mít pozitivní dopad na nakládání s odpady, tedy na životní prostředí.

Druhá teoretická část je zaměřena na využití nástrojů LCC a LCCA, se kterými nemají stavební společnosti příliš velké zkušenosti, jelikož jsou v České republice veřejné zakázky z pohledu stavebních společností² zadávány čistě na realizaci díla – formou generálního dodavatele. Praktická část se zaměřuje ovšem i na provozní fázi, proto je nutné těmto nástrojům porozumět a následně je aplikovat. Čtenář bude seznámen se základním popisem problému a následně s využitím těchto nástrojů. Nástroj LCC zkoumá náklady na

² Na stavební společnost je v tomto případě pohlíženo jako na generálního dodavatele (HOCHTIEF CZ a.s. či STRABAG a.s.)

celý životní cyklus, tedy na přípravu, realizaci a provoz projektu. Nástroj LCCA prohlubuje analýzu LCC, kdy částečně zapracovává i environmentální aspekty. Dále se práce věnuje seznámení s platebním mechanismem a nástrojem VfM (Value for Money), který je nutné znát při využívání metody PPP projektů.

Metodika: Během tvorby práce bylo nutné nastudovat adekvátní odbornou literaturu, ze které byla následně tvořena teoretická část. Další nezbytnou částí pro splnění zadání byly konzultace s odborníky se stavební praxí, kteří profesně prošli realizací dálničního projektu či její přípravou (kalkulací). Před zahájením psaní diplomové práce jsem měl možnost se podílet na realizaci díla „D5 – Oprava CB vozovky v km 144,57 – 150,85 vpravo“, díky čemuž jsem získal lepší pohled na problematiku realizace dálničního díla. Následně jsem mohl tyto zkušenosti využít při tvorbě harmonogramu či nasazení strojní mechanizace. Na zvoleném projektu, který byl vypsán ŘSD, jsem aplikoval následující poznatky, zkušenosti z odborné literatury a z praxe. Základním podkladem pro zpracování praktické části potom byla projektová dokumentace stavby *D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží*. Z důvodu využití nástrojů LCC a LCCA bylo na závěr práce provedeno základní porovnání a vyhodnocení řešených variant vozovek. Část práce navazuje i na bakalářskou práci *Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu*. Proto některé kapitoly odkazují na tuto práci a jsou zde pouze rozšířeny.

3 Způsob zadávání realizace dálniční vozovky

V současné době se u nás zadává realizace dálničních vozovek nejčastěji jako tzv. měřený kontrakt. Způsob zadávání realizace dálničních vozovek se nazývá zadávání veřejných zakázek. Zakázky jsou veřejné, protože pozemní komunikace (dálnice, silnice) jsou veřejným majetkem, tedy majetkem státu. Veřejné zakázky jsou důležitou součástí nakládání s veřejnými financemi, jelikož tvoří významnou část rozvoje a podpory jednotného trhu.

Veřejné zakázky v oblasti pozemních komunikací, případně celé stavebnictví vytvářejí tzv. multiplikační efekt – kdy je ovlivněno více oblastí ekonomiky, a tento efekt má následně vliv na zaměstnanost. Příprava a vypsání soutěží nových projektů může mít v tomto ohledu pozitivní vliv při hledání cest k překonání ekonomické krize, která se zdá být aktuálně velmi blízko z důvodu pokračující pandemie COVID-19. Multiplikátor stavebnictví se dlouhodobě pohybuje kolem 2,2-2,3. Tato skutečnost znamená, že v případě vynaložení částky ve výši 1 mld. Kč na stavební produkci bude následně vyprodukována další produkce v národním hospodářství o hodnotě 2,2-2,3 mld. Kč. Je třeba si uvědomit, že např. výstavba dálniční sítě ovlivňuje trh oboustranně. Před realizací a během realizace dojde k vysoké poptávce po stavebních hmotách, materiálech či zajištění dopravy a celkové logistiky související se stavebním dílem. Následně po zhotovení dálniční sítě dochází ke zvýšení či zefektivnění logistiky dopravy, služeb či k přesunům obyvatelstva a investic v nových lokalitách. [2]

3.1 Veřejné zakázky v České republice

V České republice se veřejné zakázky řídí a zadávají dle zákona č. 134/2006 Sb., *zákon o veřejných zakázkách*. Veřejná zakázka se vypisuje na poskytnutí dodávky (např. dodávka ocelových nosníků na místo určení, vypracování projektové dokumentace), služby (např. zimní údržba na pozemních komunikacích) či stavební práce (realizace stavebního díla). Veřejná zakázka je zadána tehdy, pokud zadavatel a zhotovitel podepíší smlouvu na výše zmíněné činnosti. V případě dálničních staveb v České republice je zadavatelem ŘSD nebo Ministerstvo dopravy. U pozemních komunikací nižší třídy to mohou být případně i jednotlivé kraje.

Zákon č. 134/2006 Sb. dále rozlišuje i druhy zadávacích řízení. Toto rozdělení se užívá v praxi i u tendrů na dálniční úseky. Nejčastěji se setkáváme s tzv. otevřeným řízením nebo s užším řízením. Otevřeným řízením se rozumí takové řízení, kdy zadavatel vypíše zakázku a do soutěže se může přihlásit jakýkoliv účastník, který splní kvalifikační podmínky. Druhým typem je již zmíněné užší řízení, které probíhá nejčastěji v režimu dvojkolového výběrového řízení. První kolo je v režimu otevřeného řízení, kdy účastníci předkládají kvalifikace. Ty následně zadavatel porovná a vyloučí účastníky, kteří se neprokázali splněním kvalifikace. Tento typ řízení zvyšuje šanci, že zhotovitel se s daným typem zakázky již setkal, a měl by tedy mít dostatek zkušeností danou zakázku dokončit

kvalitně, včas a za částku, kterou nabídl³. Následně zadavatel vyzve účastníky užšího řízení k odeslání nabídky. Nabídky mohou odeslat pouze účastníci, kteří prošli přes první kolo. Druhé kolo je vedeno ve stejném režimu jako otevřené řízení a po odeslání nabídek zadavatel vybírá nejlepší nabídku dle zadávacích podmínek.

Ve své krátké praxi jsem se setkal i s tzv. JŘBÚ, tedy s jednacím řízením bez uveřejnění a s užším řízením se soutěžním dialogem. JŘBÚ se používá v případě, že již byla vypsána soutěž formou otevřeného nebo užšího řízení, ale nebyla podána žádná nabídka, nabídky nesplňovaly požadavky zadavatele či účastníci nesplnili kvalifikační požadavky. Podmínkou pro vypsání JŘBÚ je, že zadavatel oproti původní soutěži formou otevřeného nebo užšího řízení již zadávací podmínky podstatně nemění. [3]

Ve své praxi jsem se s touto formou setkal u veřejné zakázky na stavbu dálnice D3 0310/I Úsilné – Hodějovice. V tomto případě byl již znám zhotovitel zakázky, nicméně neúspěšný účastník se odvolal. Zadavatel chtěl se stavbou začít co nejdříve, ale rozhodnutí ÚOHS se táhlo až do zimních měsíců, kdy nebylo možné kácet a skrývat ornici. Zadavatel se proto rozhodl vyjmout položky pro kácení a sejmutí ornice. Tyto položky vyjmul z původního díla a zadal je společnosti, která původní zakázku vyhrála, a po rozhodnutí ÚHOS danou zakázku začala i realizovat.

V tomto případě zadavatel využil zákona č. 134/2006 Sb., zákona o veřejných zakázkách, odst. 3 b v § 63 s názvem Jednacím řízením bez uveřejnění, kde se píše následující: „Zadavatel může také použít jednacím řízením bez uveřejnění, pokud veřejná zakázka může být splněna pouze určitým dodavatelem, neboť z technických důvodů neexistuje hospodářská soutěž“. Jelikož se s ornici dále pracuje a zhotovitel již měl namyšlen plán s její ukládkou a zpětným využitím, bylo by velmi komplikované tuto zakázku zadat novému zhotoviteli, který by mohl narušit technickou přípravu vítězného uchazeče. [3]

Užší řízení se soutěžním dialogem bylo vedeno i u pilotního projektu dostavby dálnice D4 Háje – Krašovice formou PPP projektu. Do prvního kola užšího řízení se přihlásilo celkem sedm konsorcií. Zadavatel následně vybral čtyři účastníky, kteří postupovali do druhého kola⁴. [4]

³ Zde samozřejmě dále závisí na typu zadání, jestli jde o měřený kontrakt, Design & Build, nebo PPP projekt. Např. u měřeného kontraktu mohou vzniknout vícepráce, o kterých zhotovitel při zpracování předané zadávací dokumentace nevěděl, a tím může celková částka narůst. [3]

⁴ Do druhého kola postupují celkem čtyři účastníci. Počet postupujících účastníků je v rámci transparentnosti a férovosti soutěže znám dopředu. Zadavatel nemůže během prvního kola počet postupujících účastníků měnit. Nemůže měnit ani zadávací podmínky. V případě změny musí soutěž zrušit a vypsát novou. [4]

Tabulka 1: Účastníci dostavby PPP D4 Háje - Krašovice (vlastní úprava)

| - | Účastníci | 2.kolo |
|---|---|--|
| 1 | HOCHTIEF PPP Solutions GmbH (Německo) + STRABAG AG (Rakousko) | Ano |
| 2 | PAN-MEDITERRANEAN ENGINEERING COMPANY LTD (Izrael) | Ne |
| 3 | DIF Infra 5 Participations 1 B.V (Nizozemsko) + Acciona Concesiones S.L. (Španělsko) + John Laing Investments Ltd. (Velká Británie) | Ano, ale před prvním soutěžním dialogem došlo k odstoupení |
| 4 | IC Içtaş İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Turecko) + ASTALDI S.p.A. (Itálie) + Intertoll Infrastructure Developments B.V (Nizozemsko) + BBGI PPP Investments S.à.r.l. (Lucembursko) + TIIC 2, S.C.A., SICAR (Lucembursko) | Ne |
| 5 | VINCI Highways SAS (Francie) + VINCI Concession e s SAS (Francie) + Meridiam Investments SAS (Francie) | Ano |
| 6 | PORR Beteiligungen und Management GmbH (Rakousko) + Macquarie Corporate Holdings Pty Limited (Austrálie) + Obrascon Huarte Lain, S.A. (Španělsko) + Egis Projects S.A. (Francie) | Ano |
| 7 | FCC Concesiones, S.L. (Španělsko) | Ne |

Oproti běžnému užšímu řízení byl v tomto případě do druhého kola vložen soutěžní dialog. Jelikož se soutěžilo na pevnou cenu a jedná se o komplikovaný projekt, zadavatel zval jednotlivé účastníky druhého kola a vedl s nimi dialog ohledně projektu (právní, finanční a technické otázky). Na základě dialogu docházelo k postupné úpravě koncesní smlouvy vč. jejích příloh. Po dokončení dialogů vyzval zadavatel tři účastníky (jeden účastník odstoupil během druhého kola – viz tab. č.1) k podání nabídky. Tuto stavbu následně získalo konsorcium **VINCI Highways SAS (Francie) + VINCI Concesiones SAS (Francie) + Meridiam Investments SAS (Francie)**, které stavbu letos zahájilo. [4]

Zadavatel u nás v rámci veřejných zakázek na komunikace nejčastěji volí formu měřeného kontraktu, následovaný Design & Build a PPP projektem. Tyto formy se řídí výše zmíněným zákonem. Nicméně jejich obsah je odlišný a je vhodné ho volit individuálně s přihlédnutím k rozsahu a typu díla.

3.2 Měřený kontrakt

Nejčastější metodou, která se u nás využívá při zadávání veřejných zakázek na dopravní stavby, je metoda tzv. měřeného kontraktu. Měřený kontrakt je určen dle smluvních podmínek FIDIC (dle Red FICID a Green FIDIC)⁵. Red FIDIC neboli „Červená kniha“ je nepoužívanější kniha, která se využívá u dopravních staveb. Tato kniha pojímá dodávku realizace díla dle generálního dodavatele. V praxi to znamená, že vypracování projektové

⁵ Organizace FIDIC sdružuje národní asociace konzultačních inženýrů z velké části světa. Tato asociace vydává smluvní podmínky FIDIC. Tyto smluvní podmínky upravují smluvní standardy v oboru stavebnictví. Smlouvy FIDIC využívá u svých staveb i ŘSD. [5]

dokumentace a realizaci díla zadá zvlášť ve veřejné zakázce. Oproti metodám PPP a D&B zde odpovědnost za projektovou dokumentaci přebírá objednatel.

Generální dodavatel podepisuje s objednatelem SoD. To znamená, že celková cena za jednotlivé položky ze soupisu prací je stanovena na základě zaměření dle skutečného provedení. Na základě provedených prací by mělo být provedeno geodetické zaměření. Výsledkem zaměření je množství, které se následně vynásobí jednotkovou cenou u dané položky. Velmi často se stává, že skutečné množství je rozdílné oproti množství uvedeném v soupisu prací při odevzdání nabídky (dochází tedy buď k navýšení množství, nebo k nedočerpání množství u dané položky). Zadavatel u projektů dle červené knihy přebírá většinu rizik za projektovou dokumentaci, čímž může dojít k nárokům na vícenáklady. Ty mohou být dány novou skutečností na stavbě, kdy se v dokumentaci předpokládal určitý stav, ale na stavbě došlo k novým zjištěním (např. objednatel v dokumentaci určil, že zemní plán má předpokládaný $E_{def,2}$, ovšem na stavbě při změření vyjde menší $E_{def,2}$. Následně musí generální dodavatel provést opatření pro zlepšení zemní pláň, a tím dochází k vícenákladům a případně i k nárokům na prodloužení časového trvání stavby). [5]

3.2.1 Pojem DBB

Design-Bid-Build neboli *Navrhni-Zadej-Postav* je tradiční systém, dle kterého se realizují dopravní zakázky v České republice. Tento systém pracuje se systémem více dodavatelů. Tradiční dodavatelský systém je velmi často využíván u zakázek, které jsou financovány z veřejných peněz (případně v dopravních stavbách i u staveb financovaných Evropskou unií). U tohoto systému dochází k měření skutečného provedení položek ze soupisu prací, a dochází tak k větší transparentnosti⁶. Objednatel podepisuje v metodě DBB tři hlavní SoD. První je s projekční kanceláří, která má za úkol vypracovat projektovou dokumentaci. Druhá smlouva je na generálního dodavatele, který bude realizovat celé dílo. Generální dodavatel může být samostatná stavební společnost nebo konsorcium. Následně pro realizaci díla může využívat subdodavatele na jednotlivé stavební práce. V dopravní stavbě jsou takřka na každé stavbě využíváni subdodavatelé, jelikož generální dodavatel neumí zrealizovat všechny práce. Případně na tyto práce nemá volné kapacity. Se subdodavatelem je uzavřena smlouva na určitou část díla (např. SO 301 – Středová kanalizace). U staveb ŘSD se musí zvolení subdodavatelé nechat schválit objednatelem. Poslední SoD je podepsána mezi objednatelem a technickým dozorem stavby (TDS). TDS vykonává na stavbách dozor nad prováděnými pracemi. U staveb, které jsou financovány z evropských dotací, musí objednatel zajistit TDS na stavbě povinně. [6]

Dálnice D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží (hodnotící kritéria): tato stavba bude posuzována a budou pro ni vytvořeny varianty vozovek v praktické části. Zde je stavba uvedena z toho důvodu, že se jedná o stavbu vypsanou na měřený kontrakt (tradiční systém DBB) a dle červené knihy FICID. Na obr. 1 jsou znázorněna nejčastější hodnotící kritéria na stavbách ŘSD. Je vidět, že veřejné zakázky na měřený kontrakt se hodnotí dle nejnižší nabídkové ceny, která udává 90 % z celkového hodnocení. Záruční délka v měsících je 10 % a bývá ohraničena minimální a maximální dobou. [7]

⁶ Oproti metodě PPP nebo D&B je zde větší transparentnost myšlena tím, že je zřejmé, za jaké práce se platí. U PPP projektů se platí měsíční splátky, které jsou sjednané při podpisu smlouvy. U D&B mohou být vyplaceny určité celky (např. celý SO nebo celá skladba vozovky).

Za dobu své krátké zkušenosti při praktické přípravě a realizaci dopravních staveb jsem se ještě nesetkal u délky záruční doby v měsících s tím, že by někdo nevyužil maximální dobu. Pokud se tedy u všech veřejných zakázek soutěží na nejnižší cenu, kde se může stát, že generální dodavatel nabídkovou cenu tzv. podsekne a následně se na stavbě snaží uplatnit velké množství claimů (nároků na vícepráce), kritérium délky záruční doby se do jisté míry stává neefektivním.

| Kritéria hodnocení | Váha kritéria v celkovém hodnocení |
|---|---|
| Nabídková cena stavby v Kč bez DPH | 90 % |
| Délka záruční doby v měsících | 10 % |

Obrázek 2: Hodnotící kritéria D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží [7]

U staveb PPP nebo D&B dochází k různorodosti hodnotících kritérií (viz 3.3 *Design & Build* a 3.4 *PPP projekty*).

Veřejné stavby na měřený kontrakt se mohou vypisovat na všechny druhy typů staveb (dálnice, mosty, tunely), tak i na všechny typy krytů vozovky (asfaltová nebo cementobetonová vozovka). Zde se o zakázky mohou ucházet všichni účastníci, kteří splní technická a ekonomická kritéria.

3.3 Design & Build

Druhou metodou, která se začíná využívat i na větší dopravní stavby, je metoda Design & Build (neboli naprojektuj a postav). Oproti metodě měřeného kontraktu je zde odpovědnost za projektovou dokumentaci přenesena na zhotovitele. Tím jsou na něj přenesena i nová rizika, která má při měřeném kontraktu zadavatel. Zadavatel musí v zadávací dokumentaci zajistit úplnost a celistvost zadání, rozsah a minimální požadavky, aby mohly být nabídky porovnatelné a vznikl projekt o požadované kvalitě. Pokud tak neučiní, může hrozit, že některý účastník vytvoří projekt, který sice bude splňovat minimální požadavky dle technických norem a předpisů, ale bude vzdálen od představy zadavatele. Ten následně bude muset buď takový projekt schválit, nebo soutěž zrušit a upravit podmínky. Zde riskuje, že může dojít k určitému vyrovnání mezi zadavatelem a předchozím vítězným uchazečem. Zadavatel si musí uvědomit, že oproti měřenému kontraktu zadává specifikaci výstupů. To znamená, že se určí minimální požadavky, co musí daný projekt obsahovat a v jaké kvalitě. To je rozdíl oproti měřenému kontraktu, kde jsou uvedené výstupy. Uchazeč tedy obdrží projektovou dokumentaci a dle té musí provést dílo.

Budoucí zhotovitel tedy v tomto případě dílo vyprojektuje a následně i zrealizuje. Oproti měřenému kontraktu zde dochází častěji k vytvoření tzv. konsorcií, která se podílí na odevzdání a následné realizaci díla⁷. Nejčastěji zde vytvoří konsorcium stavební

⁷ Pojem konsorcium (pro něj zpravidla volená společnost SPV) byla popsána v bakalářské práci *Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu* v kapitole 3.2 *Účastníci*. [87]

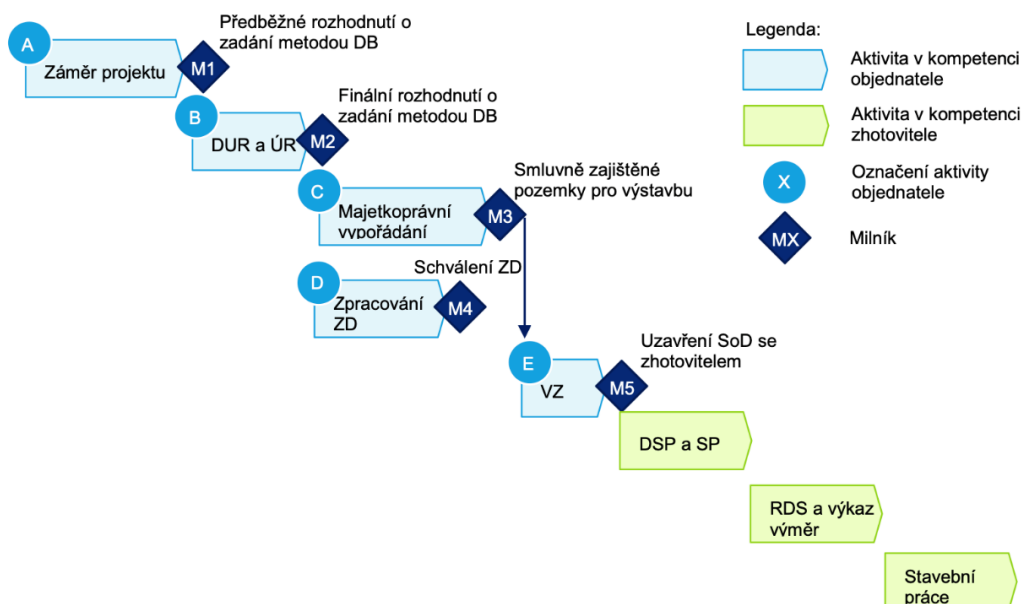
společnost (např. HOCHTIEF CZ, a. s.) s projekční společností (např. METROPROJEKT Praha, a. s.). Jelikož zhotovitel odpovídá za projektovou dokumentaci, případné vícepráce by měly být minimální. [8]

Pokud za projektovou dokumentaci a za realizaci odpovídá konsorcium, může zde dojít k překrytí těchto činností, a následně může být zahájení stavby urychleno. To může mít pozitivní vliv, pokud je nutné zahájit stavbu k určitému datu z důvodu čerpání evropských peněz. [9]

3.3.1 Odbornost týmu na straně zadavatele

Jak již bylo zmíněno výše, v rámci přípravy zadávací dokumentace je důležité zpracovat kvalitní zadání projektu, vč. budoucích smluvních podmínek. Oproti měřenému kontraktu je třeba nastavit i vhodné vyhodnocování výkonných parametrů (kontrola dodržování zadání a kvality díla). Tyto požadavky kladou zvýšenou odbornost na stranu zadavatele. Proto si běžně v těchto případech zadavatel objedná zvlášť externí pracovníky, kteří mu pomáhají zpracovat tyto požadavky. Stávající a externí pracovníky je třeba rozdělit na dva základní týmy. První tým tvoří právní poradci, kteří mívají větší zkušenosti s přípravou smluvních podmínek než pracovníci zadavatele, kteří jsou zvyklí pracovat s jedním typem smlouvy, kterou upravují (smlouva na měřený kontrakt). Tento tým by měl připravit veškeré smluvní požadavky, které budou předkládány v zadávací dokumentaci. Určitě je vhodné, aby byly týmy provázané a pracovaly společně. Druhým týmem je technické a ekonomické poradenství. Zde by měly být mimo posouzení stávající dokumentace navrženy minimální technické podmínky u požadavků zadavatele. [8]

Rámcové schéma postupu zadání metodou Design-Build



Obrázek 3: Schéma postupu zadání metodou Design & Build [9]

Externí a interní tým zadavatele by měl vytvořit podmínky pro vypsání veřejné soutěže a následně pro úspěšný podpis SoD s vítězným uchazečem. Následně tento tým bude provádět kontrolní činnost nad projektovou dokumentací a nad prováděnými stavebními pracemi. Tým bude nadále dohlížet na dodržení minimálních požadavků a smluvních

podmínek, které jsou součástí zadávací dokumentace a SoD. Do milníku M5 (viz obrázek 3) zajišťuje veškeré práce zadavatel.

3.3.2 Výběr zhotovitele

Metoda D&B s sebou nese i částečný přenos rizik na zhotovitele. Proto je důležité nastavit ve veřejné soutěži podmínky pro výběr vhodných uchazečů, kteří jsou schopni daný projekt zrealizovat, ale jsou i schopni na sebe přenést tato rizika a snažit se je eliminovat. Cílem nastavení podmínek je odradit uchazeče, který nemá s tímto typem projektů zkušenosti, a projekt by proto mohl skončit nezdarem. Pro takového uchazeče, který nesplňuje podmínky, je možnost vytvořit konsorcium se společností, která má s tímto typem projektů již zkušenosti nebo má potřebné reference. Nejčastěji volí zadavatel tři typy požadované kvalifikace na uchazeče. Prvním a druhým požadavkem je, aby uchazeč doložil, že má požadovanou ekonomickou a technickou kvalifikaci⁸. Třetím typem je taktéž technická kvalifikace. Ta je v tomto případě myšlena jako potřebné zkušenosti budoucího realizačního týmu. Nejčastěji se zde požadují stavební inženýři/technici s praxí v daném oboru a na obdobných stavbách. Častou profesí je vedoucí projektu, stavbyvedoucí nebo geodet. U staveb D&B a PPP projektů je to i hlavní inženýr projektu nebo hlavní projektant. [8]

Požadované kvalifikace, které jsou uvedené v metodě D&B, se využívají i u měřeného kontraktu a u PPP projektu. Je na zadavateli, jak vysoké požadavky bude mít u jednotlivých forem. Nicméně spíše než forma zadání zde rozhoduje rozsah a typ projektu.

Důležitou částí výběru zhotovitele je hodnocení nabídek a nastavení kritérií hodnocení. Jelikož základní hodnotící kritéria na typickou stavbu ŘSD jsou již sepsána v kap. 3.2 – *Měřený kontrakt*, rozhodl jsem se využít současně uveřejněné veřejné zakázky na stavbu I/36 Pardubice, Trnová-Fáblůvka – Dubina, která je vypsána ve formě D&B. Zde veřejný zadavatel (ŘSD) využil možnost vypsání této formy a oproti běžným dopravním zakázkám zde zapracoval do zadávací dokumentace více hodnotících kritérií.

| | Kritéria hodnocení | Váha kritéria v celkovém hodnocení |
|-----------|---|---|
| A. | Nabídková cena stavby v Kč bez DPH | 80 % |
| B. | Délka záruční doby v měsících | 5 % |
| C. | Kvalifikace a zkušenosti osob, které se budou podílet na realizaci veřejné zakázky | 6 % |
| D. | Přípravenost dodavatele na realizaci stavebních prací | 3 % |
| E. | Technologie a vybavení | 6 % |

Obrázek 4: Hodnotící kritéria u stavby I/36 Pardubice, Trnová-Fáblůvka – Dubina [10]

Jak je zřejmé, oproti typickým hodnotícím kritériím u staveb formou měřeného kontraktu zde ŘSD využilo pět hodnotících kritérií, kde 2-3 jsou odlišné od typických hodnotících kritérií. Nabídková cena je zde taktéž velmi dominantním kritériem, ovšem pokud se do

⁸ Technická kvalifikace: Projekt má asfaltovou vozovku a zadavatel požaduje, aby uchazeč měl referenci na provádění asfaltové vozovky na obdobném projektu.

Ekonomická kvalifikace: Minimální roční obrat uchazeče za sledované období. [7]

soutěže zapojí méně zkušený uchazeč, může ztratit až dalších 20 %, která mohou sehrát významnou roli.

Velmi zajímavým kritériem je bod D (obr. 4), kde zadavatel vyžaduje „*Přípravenost dodavatele na realizaci stavebních prací*“. V tomto bodě musí uchazeč dle zadávací dokumentace popsat způsob realizace díla, které má být provedeno co nejkvalitněji, ale zároveň by se měl budoucí zhotovitel vyvarovat případného prodloužení díla. Zadavatel nepočítá se změnou harmonogramu, nicméně uchazeč musí popsat jím viděnou kritickou cestu a následně popsat časové rezervy, které lze v případě prodloužení díla využít, aby bylo dílo provedeno včas dle zadávací dokumentace.

Další částí bodu D (obr. 4) je přístup k základním stavebním hmotám, potřebným k realizaci díla. Při odevzdání nabídky by měl mít uchazeč podepsanou smlouvu nebo podepsanou smlouvu o smlouvě budoucí na lom či zemník, kterým je schopen na stavbu dodávat sypaninu pro zemní tělesa a kamenivo⁹. Tento bod je ze strany zadavatele velmi zajímavý, jelikož stavba vykazuje nedostatek sypaniny až 310 tisíc m³. [10]

Zadavatel se zde důkladně zamyslel nad svým dílem a snažil se využít prostředky, které mohou dílo zkvalitnit. Již uvažovaný lom v blízkosti stavby může posloužit k menší zátěži dopravních tras na stavbu, kde se provede kvalitní pasportizace nebo se navrhne co nejeefektivnější dopravní trasa. Směr, kdy zadavatel nesoutěží veřejnou zakázku na nejnižší cenu, tedy může vést k efektivnější a kvalitnější realizaci.

3.3.3 Stavby

Projekty D&B mohou v blízké době částečně nahradit tradičně užívanou formu měřeného kontraktu. Ovšem tento systém nelze uplatnit na všech projektech. U realizace dálnice či komunikace by mělo být stále výhodnější zvolit způsob měřeného kontraktu, a to i z důvodu lepší kontrolovatelnosti z pohledu zadavatele. Bohužel v rámci těchto staveb dochází velmi často k vícepracím, které nelze kvůli projektové dokumentaci zcela eliminovat. Může to být např. neúnosná zemina, kde projekt uvažoval s určitou statickou pevností ($E_{def,2}$).

D&B se v dopravním stavitelství využívá pro realizaci novostaveb mostů, tunelů, mimoúrovňových křižovatek nebo technologických objektů. [8]

Libeňský most:

Projekt, který částečně rozdělil odbornou, ale i neodbornou společnost. Někteří tvrdí, že po letech minimální údržby je třeba zachovat most z roku 1928 pro další generace, kdežto druhá část odborné veřejnosti si myslela, že bude lepší most zbourat a postavit nový. Pražští radní nakonec zvolili první variantu, kdy se rozhodli most opravit a vypsalí proto veřejnou zakázku formou D&B. Soutěž byla vypsána na základě prováděných statických zátěžových zkoušek. Veřejná soutěž umožnila částečně pracovat s projektem a budoucí zhotovitel mohl částečně uzpůsobit projekt svým potřebám. [11]

⁹ Uvedený zemník nebo lom musí splňovat specifikaci materiálu uvedenou v zadávací dokumentaci. [10]



Obrázek 5: Vizualizace podoby Libeňského mostu [11]

I/36 Pardubice, Trnová - Fáblovka - Dubina:

Začátkem roku 2021 vypsalo ŘSD formou D&B výběrové řízení pro tzv. severovýchodní obchvat Pardubic. Tato zakázka se stala zatím největší silniční zakázkou na území České republiky, která je vypsána v tomto režimu. Projekt má délku komunikace 4170 m. [12]

Z pohledu zhotovitele je zajímavou možností uzpůsobit si zavěšený most přes Labe a slepé rameno. Další možností je věnovat se hodnotícím kritériím či technickým možnostem na hlavní trase (vozovka či zemní práce).



Obrázek 6: Situační obrázek I/36 Pardubice, Trnová - Fáblovka - Dubina [13]

3.4 PPP projekt

„V rámci bakalářské práce (*Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu*) jsem měl možnost velmi detailně popsat PPP projekty (*kap. 3 – Seznámení s PPP projektem*), jejich historii (*kap. 4 – Historie*), výhody a nevýhody PPP projektů (*kap. 5 - Výhody a nevýhody PPP projektů*), realizované projekty (*kap. 6 – Silniční PPP projekty*) a různé modely a smlouvy (*kap. 7 – Typy smluv a modely PPP*). Rád bych tedy využil této možnosti a v diplomové práci bych více přiblížil model DBFOM, který bude následně využit i v praktické části“. [87]

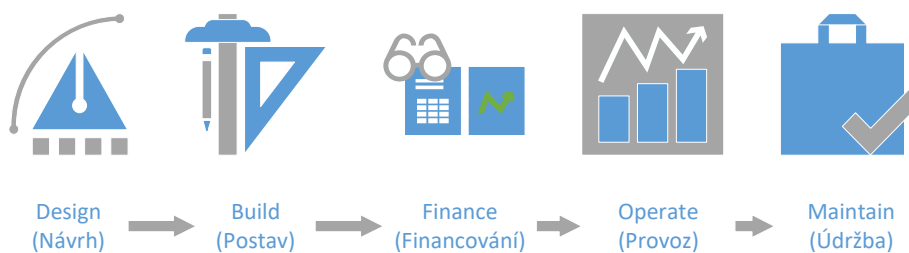
Poslední zkoumanou metodou je proto metoda formou PPP projektu, který je u nás ve veřejných zakázkách na dálniční stavby v začínajícím stádiu. PPP je spolupráce mezi soukromým a veřejným sektorem v poskytování veřejného majetku a vykonávání veřejné služby. V dopravních stavbách se jedná o výstavbu dálničních úseků (veřejný majetek) a následně poskytování údržby a provozování dálničního úseku (veřejná služba). Metoda PPP se oproti měřenému kontraktu a D&B vypisuje na velké projekty (velký objem prací a vysoká cena). Je to dáno i atraktivitou pro soukromý sektor, aby se o takovou zakázku ucházel, jelikož zpracování nabídky je výrazně komplikovanější a dražší než u tradiční veřejné zakázky. Tyto projekty se následně vyznačují dlouhodobě trvající smlouvou, která platí 20-30 let. Během této doby soukromý sektor de facto zajišťuje veřejné služby a veřejný sektor mu za to platí. Zadavatel tyto projekty využívá, protože je u nich za relativně krátké období postaveno významné množství nových kilometrů pozemní komunikace. Financování PPP projektů je zjednodušeně půjčka, kdy si zadavatel (veřejný sektor) „půjčí“ peníze od zhotovitele (SPV firma – soukromý sektor) a následně po dobu sjednanou a podepsanou dle koncesionářské smlouvy tyto peníze splácí.

3.4.1 Model DBFOM

Pozn.: Podrobnější seznámení se s modelem DBFOM bude z důvodu využití tohoto modelu ještě následovat v praktické části.

Model DBFOM neboli „Navrhni – Postav – Zafinancuj – Provozuj – Udržuj“ pracuje s faktem, že oproti metodě D&B jsou zde přidány i další části díla. Konsorcium bude dílo financovat z vlastních prostředků či z prostředků získaných od věřitelů (např. banky, soukromý investor). Po dokončení realizace a uvedení díla do provozu se počítá s následnou údržbou a správou provozu. Zjednodušeně bude mít konsorcium po dobu trvání provozu vlastní středisko správy a údržby. [14]

U modelu DBFOM dochází k největšímu přenosu rizik ze strany veřejného sektoru na soukromý sektor.



Obrázek 7: DBFOM model (vlastní obrázek)



Design (Návrh):

Návrh, neboli vypracování projektové dokumentace v rámci modelu (společně se smlouvou na realizaci) by měl mít pozitivní vliv na kvalitu projektu a následně i eliminaci chyb mezi projekcí a výrobou, jako je běžné u měřeného kontraktu.

Tím, že realizaci a návrh zajišťuje konsorcium, měly by odpadnout i následné vícepráce. Zde samozřejmě záleží na typu smlouvy a převodu rizik mezi soukromým a veřejným sektorem. Koordinace realizace a návrhu projektu má pozitivní vliv na harmonogram díla a na náklady. Konsorcium si může projekt vytvořit dle vlastních představ (vytvořit ho tzv. „*na míru pro sebe*“) za předpokladu, že dodrží minimální technické podmínky stanovené zadavatelem.



Build (Postav):

Dle projektové dokumentace se následně realizuje dílo. Cílem konsorcia je kvalitně postavené dílo, které je uvedeno do provozu v nejkratší možný čas (s ohledem na platební mechanismus) a za náklady, které byly stanoveny v přípravné fázi projektu. Realizační fáze je u nás tradičně vypisována jako měřený kontrakt. Většinou v rámci konsorcia působí jedna společnost, která se věnuje čistě realizaci díla¹⁰.



Finance (Financování):

Financování celého projektu (v závislosti na smlouvě a zadávacích podmínkách) hradí vítězné konsorcium (soukromý sektor). Soukromý sektor musí opatřit finance na celý projekt. Po dobu realizace, tedy před uvedením díla do provozu, leží veškerá tíha financování na soukromém sektoru. Po uvedení díla do provozu začínají být realizovány měsíční či roční platby od veřejného sektoru. Platby by měly být nastaveny po dobu trvání koncesní smlouvy. Veřejný sektor těmito platbami splácí „*půjčku*“, kterou si vzal od soukromého sektoru. Výhodou je, že potřebný úsek dálnice je již v provozu a veřejný sektor může splátky na daný projekt rozložit do více let.

Financování projektu motivuje soukromý sektor více se zamyslet nad propojením realizace a projektu jako takového, protože platby začínají chodit až při uvedení díla do provozu. Pokud tedy dojde během realizace ke zpoždění (např. měsíce či rok), může začít veřejný sektor uplatňovat pokuty za neuvedení díla do provozu. Další aspekt kromě správně nastaveného časového plánu je i správná kalkulace díla a eliminace rizik.



Operate (Provoz):

Veřejný sektor přenáší odpovědnost za provozování úseku na soukromý sektor. Ten musí daný úsek držet v provozu dle stanovených podmínek ve smlouvě. Provoz úseku je úzce spjatý s údržbou. Již při tvorbě projektové dokumentace je vhodné, aby do ní vnesla myšlenky a náměty i složka odpovědná za pozdější provoz, která se o daný úsek může starat až 30 let. U dálničního úseku je vhodné, aby daný úsek byl v provozu, tudíž soukromý sektor musí vybudovat monitorovací a řídicí systémy pro dohled nad daným úsekem, aby v případě např. nehody či nutné opravy mohl operativně reagovat.

¹⁰ V rámci přípravy nabídky na dostavbu dálnice D4 jsem měl možnost být součástí velkého konsorcia. Společnost, pro kterou pracuji, odpovídala za následnou realizaci a za náklady, které vzniknou při stavbě.



Maintain
(Údržba)

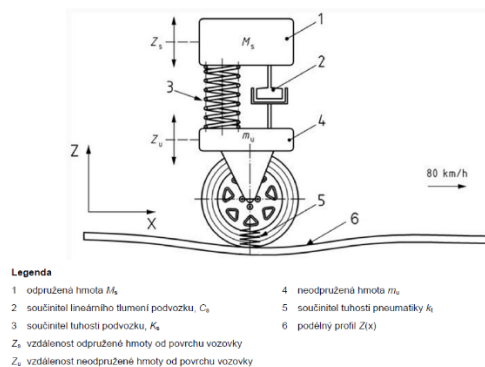
Maintain (Údržba):

Soukromý sektor přebírá odpovědnost za údržbu daného úseku dálnice. To znamená, že úsek musí udržovat v požadované kvalitě. Při podávání nabídek musí uchazeč odhadnout dlouhodobé náklady na údržbu, protože se většinou soutěží a odevzdává na pevnou cenu¹¹. U dopravních staveb je třeba myslet na složku měkké údržby (zimní údržba či péče o zeleň), ale i na střední a těžkou údržbu (výměna obrusné vrstvy, modernizace vozovky). Tyto náklady by měly být součástí nabídkové ceny. Je tedy vhodné, aby tyto projekty realizovalo konsorcium, které má s tímto typem již zkušenosti. Po uplynutí smlouvy se musí projekt předat dle dohodnuté kvality. Tím může dojít k opravám na dílčích objektech. Na tyto náklady musí soukromý sektor při odevzdání nabídky taktéž myslet. [15]

3.4.2 D4 formou PPP projektů – hodnotící kritéria

Projekt dostavby dálnice D4 v úseku Háje – Krašovice formou PPP projektu je při psaní diplomové práce ve fázi realizace a projektování. Jedná se o první dálniční PPP projekt, který je realizovaný na území České republiky. Projekt je zde uveden z důvodu ukázky dalších hodnotících kritérií, které je možné využít. Dominantním hodnotícím kritériem zde byla nabídková cena, tedy nejnižší cena. Ovšem v tomto případě se cena musela skládat jak z nákladů na realizaci díla (běžné i u nabídky na měřený kontrakt), tak i z nákladů na vypracování projektu, vlastní provoz a zajištění údržby po dlouhé období. Zadávací dokumentace obsahovala ještě dvě další dílčí hodnotící kritéria. Tím byl parametr IRI a hloubka vyjetých kolejí. Oba tyto parametry se zkoumají při převedení díla zpět do rukou veřejného sektoru. [16]

Parametr IRI: Mezinárodní index nerovnosti IRI (m/km) je parametr, kterým se měří míra podélné nerovnosti. Nerovnost se stanovuje na základě jízdy dvoumotového referenčního odevzového systému – čtvrtiny vozidla. Měření se provádí při rychlosti 80 km/h. [17]



Obrázek 8: Dvoumotový referenční odevzový systém – čtvrtina vozidla [17]

Hloubka vyjetých kolejí: Tento typ poruch tuhých vozovek spadá do deformace vozovky. Během provozu může docházet v příčném i podélném směru k deformacím vozovky. Ty mohou vznikat např. při stání nebo častěji při opakovaném zatěžování těžkou nákladní dopravou. [18]

¹¹ V případě odevzdání pevné ceny nemůže být tato cena navyšována během trvání smlouvy z důvodu vyšších nákladů. Zde by nemělo docházet k budoucím vícenákladům. Vícenáklady mohou vzniknout pouze v případě, že vznikne riziko, které bylo na straně zadavatele. [19]



Obrázek 9: Ukázka vyjetých kolejí (trvalé deformace) na pozemní komunikaci [20]

4 Výhody a nevýhody způsobů realizace dálničních vozovek

Každá varianta zadávání veřejné zakázky má svoje výhody a nevýhody. Nelze říci, že jedna varianta je výhodnější oproti druhé. Zadavatel by si měl vždy uvědomit, co je cílem projektu a jak ho chce dosáhnout. Na základě tohoto rozhodnutí by měl vybrat formu realizace dálniční vozovky.

4.1 Metoda tradiční veřejné zakázky

4.1.1 Výhody

Tradiční veřejná zakázka se skládá primárně ze tří částí. První část je projektování, druhá je zadání veřejné zakázky a jako třetí následuje realizace. Zadání provádí sám zadavatel, kdy pomocí vlastních kapacit nebo s přispěním odborné společnosti specializující se na tvorbu smluv zadá veřejnou zakázku. Ta se soutěží na základě dokumentace, která je vypracována projekční společností. O zakázku soutěží stavební firmy, které se snaží nabídnout nejlepší podmínky dle hodnotících kritérií a následně projekt postavit. Tato metoda má oproti D&B menší propojení mezi projektantem, který vypracovává projektovou dokumentaci přímo pro zadavatele, a realizační společností. Z pohledu zadavatele jde o jasný typ soutěže, kdy zadá menší části celého projektu různým společnostem. Projektant dostane od zadavatele vstupní podklady a následně i výstupní požadavky. Následně na to vytvoří projektovou dokumentaci. Během realizace vykonává projektant autorský dozor, zda je dodržena jeho vize. Oproti D&B a PPP projektům probíhají jednotlivé části metody DBB samostatně a zadavatel tak má lepší přehled o zpracování projektu a o jeho kontrole. [21]

Konkurenční nabídky: Soutěž DBB je nejčastěji užívaná forma na vypsání veřejné zakázky pro realizaci dálniční stavby. Jelikož s ní mají zkušenosti jak zadavatelé, tak realizační společnosti, očekává se, že bude odevzdáno více nabídek, které budou porovnatelné. Lepší porovnatelnost oproti dalším metodám je dána tím, že uchazeči oceňují stejný projekt, který se nesmí měnit.

Zapojení projektanta: Projektant je osoba, která tvoří projekt jménem vlastníka. Vypracovává projekt v různé úrovni řízení. Nicméně jelikož se u projektů DBB o stavební povolení stará zadavatel, měl by projektant vytvořit projekt v dostatečné úrovni, aby se

dle něho následně dalo stavět. U dálničních staveb je typické, že vítězný uchazeč následně vypracovává ještě tzv. realizační dokumentaci, která ovšem oproti poskytnuté dokumentaci ve veřejné zakázce doznává pouze kosmetických změn. Projektant tedy navrhne dílo, které následně jako autorský dozor kontroluje.

Odlišné role odpovědnosti: Zadavatel projekt rozdělí na více částí. Tyto části následně zadá k vypracování jednotlivým vítězným uchazečům. Jelikož dojde k rozdělení projekčních prací a realizační části, mají jednotliví uchazeči a vítězní uchazeči jasně definované role a jsou na sobě nezávislí. Zodpovědnost za jednotlivé části, stejně jako ručení za ně jsou jasně dané. [22]

4.1.2 Nevýhody

Metoda DBB má lineární povahu, kdy se nejdříve vypracovává projektová dokumentace a následně je vypsána veřejná zakázka na realizaci, na níž navazuje samotná realizace. V případě změny v pokročilé fázi či ve fázi zadání musí zadavatel veřejnou zakázku zrušit a zadat požadavek na přepracování, což je značně nepružné. Po dokončení opravy může být vypsána nová veřejná zakázka. Projektanti v tomto případě i při odevzdání nabídky přicházejí o zpětnou vazbu ohledně případného alternativního postupu zamýšleného ze strany uchazeče nebo o stanovení nákladů. Může nastat situace, kdy všechny nabídky v soutěži překračují předpokládanou cenu. V tomto případě může zadavatel buďto uzavřít smlouvu s nejuhodnější nabídkou, nebo soutěž zrušit a projekt vrátit projektantům, aby se snažili najít úspory v projektu (např. úpravou konstrukce). To oddaluje zahájení stavby. Metoda D&B je oproti metodě DBB více pružná. Uchazeč, kterým je většinou konsorcium (stavební společnost a projekční společnost), si v rámci tohoto sdružení předává průběžně informace a daný projekt se může na základě dodržení minimálních technických podmínek měnit dynamičtěji.

Jelikož jednotlivé fáze projektu probíhají samostatně, v případě zpoždění jedné z částí může nastat tzv. dominový efekt, který vede ke zpoždění všech následujících fází. V metodě DBB se nejčastěji soutěží na nejnižší cenu, která je opřena o projektovou dokumentaci. Za tu nese rizika sám zadavatel, který je může přenést na projekční společnost dle rozsahu podepsané smlouvy. V případě realizace může dojít k novým skutečnostem a žádosti zhotovitele o nárok na vícepráce, a tím vzniku vícenákladů. Jelikož se soutěží nejčastěji na cenu, která je dominantní při vyhodnocování nabídek, může to mít negativní vliv na kvalitu. [21]

Vícepráce: Zhotovitel bude stavbu realizovat přesně dle projektové dokumentace, kterou poskytl zadavatel, a nese za ní tedy i určitá rizika. V případě odchylky od projektové dokumentace či nalezení nových skutečností na stavbě dochází ze strany zhotovitele k nároku na vícepráce. Tento nárok může být jak finanční, tak i časový. U metody DBB je větší předpoklad, že bude docházet k nárokům na vícepráce. Jednotlivé fáze projektu jsou totiž řešeny samostatně a rizika jsou rozdělena mezi více účastníků výstavby.

Prodloužení časové osy: Nejčastěji dochází k prodloužení realizační fáze, která bývá dle veřejného mínění viditelná. Ovšem v rámci projektu může dojít k posunu jakékoliv fáze, a tím se může odsunout zahájení fáze následující.

Nedostatek přehledu o dostupnosti vstupních materiálů: Jelikož projektanti nerealizují stavby, může dojít k návrhu projektu, kde vstupní materiály nebudou dostupné nebo bude velmi komplikovaná logistika dopravy či koordinace na stavbě. Projektant může navrhnout nejlepší možné řešení, ovšem nemusí přihlížet k aktuálním cenám vstupních materiálů, které mohou daný projekt velmi prodražit. Materiál nemusí být ovšem ani naskladněn u dodavatelů materiálů, čímž dochází k prodloužení doby trvání realizace a následnému navýšení nákladů.

Konflikt mezi jednotlivými fázemi: Jednotlivé fáze se navrhují samostatně a jednotliví účastníci projektu pracují na základě svého nejlepšího zájmu. Tím může dojít ke zhoršení komunikace či spolupráce, kdy každý člen (na jedné straně projekční společnost, na druhé zadavatel a na třetí realizační společnost) jedná pouze na základě svého nejlepšího zájmu, což může vést ke zhoršení kvality projektu, jeho časovému prodloužení, zvýšení nákladů a následně až k soudním sporům. [22]

4.2 Metoda Design and Build (D&B)

Rozdílem oproti metodě DBB je, že zde za projekt a realizaci odpovídá stejný uchazeč a jednotlivé fáze jsou v tomto případě sloučeny. Jednotliví uchazeči jsou konsorcia, která se skládají z realizačních a projekčních společností, které připravují daný projekt.

4.2.1 Výhody

Efektivnější týmová práce: Tím, že projekční a realizační společnosti tvoří jedním týmem, dochází k efektivnější spolupráci, a tím i k předpokladu zkvalitnění projektu. Jelikož realizační firma na projekt nahlíží z pohledu realizace a financí, může v případě nejasností či zlepšení těchto indikátorů dát zpětnou vazbu projektantům, kteří okamžitě provádějí úpravy na projektu. Oproti DBB se odevzdává jak finanční nabídka, tak i samostatná projektová dokumentace.

Celková odpovědnost za projekt: Projektant se v tomto případě nachází v jiné situaci než u metody DBB. Zde musí přemýšlet, jak daný projekt postavit efektivně, kvalitně a za nejlepší cenu, aby byl náležitě odměněn. Projektant nahlíží na lokální trhy pro případné využití lokálních materiálů a zlepšení logistiky na stavbě ve spolupráci s realizační společností. Dále může navrhnout takové materiály, které mohou mít stejné vlastnosti jako běžně využívané, ovšem mohou být výrazně levnější či dostupnější (za předpokladu, že tyto materiály zadavatel akceptuje). Tím, že na projekt nahlíží projektant a realizační firma, může dojít ke zlepšení projektu a tím eliminaci nálezu nových skutečností na stavbě. Je třeba ovšem přikládat velkou váhu vstupním podkladům, na jejichž základě se vypracovává projekt (např. geologický průzkum).

Kontinuita projektu: Jelikož jsou fáze projektu spojeny do jedné, může dojít k tomu, že stejní lidé se podílejí jak na projektování, tak i na realizaci, což může vést k efektivnímu přístupu a zlepšení kvality projektu.

Častější komunikace: Jelikož jeden tým tvoří projektant a realizační společnost, probíhají pravidelné porady, jejichž cílem je navrhnout a postavit úspěšný projekt.

Časové úspory: Jednou ze základních výhod metody D&B je časová úspora celého projektu. Sloučením dochází k rozpadu lineárního zadání. Dále si konsorcium může upravit projekt sobě na míru, což může vést k úspoře při realizaci. Další výhodou může být úspora v případě nalezení problému na stavbě. Jelikož projektant a realizační firma jsou jedna společnost, dochází k rychlejší komunikaci a ke snaze problém vyřešit efektivně a rychle, aby to nemělo významný dopad na realizaci stavby, či na zisk společnosti. [23]

4.2.2 Nevýhody

Prekvalifikace: Zakázky D&B vyžadují značné množství uchazečů (konkurenceschopnost) a nejčastěji se soutěží formou užší soutěže, kdy v prvním kole, tedy v prekvalifikaci, zadavatel určí podmínky. Jedná se převážně o reference, aby bylo zajištěno, že nabídku odevzdá konsorcium, které se s daným typem projektu již setkalo.

Méně konkurenční: Tím, že se jedná o užší řízení a nabídku může odevzdat omezené množství uchazečů, stává se soutěž méně konkurenční. Oproti metodě DBB zde dochází ke zvýšení nabídkové ceny. Je to dáno tím, že uchazeč do nabídky přidá rizika. Uchazeči mohou taktéž najít chyby v původním projektu zadavatele (za předpokladu, že zadavatel poskytl zpracovanou dokumentaci), což může taktéž vést ke zvýšení ceny. Zároveň by však mělo docházet k eliminaci víceprací.

Obtížnost porovnání nabídek: Zadavatel musí jasně stanovit minimální technické požadavky a následně i hodnocení nabídek v předstihu. Jelikož uchazeči předkládají svoje návrhy projektu, může to vést k horší porovnatelnosti a posouzení vítězného uchazeče. Proces porovnání trvá déle, kromě nabídnuté ceny se musí se zkontrolovat i celý projekt.

Nižší kontrola zadavatele během výstavby: Zadavatel musí jasně stanovit rozsah požadavků na kontroly a předkládání informací či vzorků. Pokud to není stanoveno, je zadavatel omezen při kontrole provádění prací¹². Dále je třeba stanovit mechanismus placení a jeho kontroly, aby byly dodrženy požadavky zadavatele při realizaci.

Pozdní zahájení prací: Oproti tradiční veřejné zakázce, kdy se po dokončení soutěže může začít realizovat téměř ihned, zde může dojít k určitému opoždění. Po dokončení je třeba projekt dodělat do takového stupně, aby se dle něho dalo realizovat. Dále může dojít k tomu, že zhotovitel si musí zajistit povolení, s čímž se musí v harmonogramu počítat. Je třeba ve smlouvě uvést datum, kdy musí být zahájeny stavební práce, a co tomuto datu předchází. [24]

4.3 Metoda PPP

Výhody a nevýhody PPP projektů jsou popsány v bakalářské práci *Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu* v kapitole 5 *Výhody a nevýhody PPP projektů*. Na tomto místě je proto provedeno jen shrnutí klíčových aspektů. [87]

¹² Zadavatel musí stanovit metodiku kontrol provádění prací a kvality. Např. u zakázek formou měřeného kontraktu je prováděna kontrola na základě geodetického měření a fakturování jednotlivých položek. Zde se nemusí odevzdávat cena se soupisem prací, ale pouze finální cena po objektech. Zadavatel tedy musí určit, na základě jaké metody bude kontrolovat provedené práce.

4.3.1 Výhody

Výhodou je propojení soukromého a veřejného sektoru. Soukromý sektor se v tomto případě soustředí na efektivitu a kvalitu prováděných prací na základě svých zkušeností, dostupné technologie a vstupních materiálů. Oproti tomu veřejný sektor se může soustředit na další odvětví, pokud dostatečně dobře zadá podmínky výstupu daného projektu. Proto je třeba pro aplikaci PPP zvolit vhodný projekt, který dává pro soukromý a veřejný sektor smysl. V tom případě je jeho aplikace oboustranně výhodná.

Zvýšení nákladů na financování infrastruktury: Projekty PPP umožňují veřejnému sektoru rozložit náklady do více let, což může vést k tomu, že lze zadat více projektů v daný čas. PPP projekty jsou zadávány na velký rozsah a po jejich dokončení se uvádí do provozu dlouhé dálniční úseky (např. 50 km), které se ze strany zadavatele splácí v dlouhodobém horizontu. Tím, že se za projekt nezaplátí ihned, může veřejný sektor investovat i v dalších odvětvích, která mohou zvýšit komfort společnosti v souvislosti s daným projektem či nezávisle na něm.

Tím, že počáteční investice do projektu vkládá soukromý sektor, který dostává zapláceno až na základě platebního mechanismu, nejčastěji po zprovoznění díla, může veřejný sektor provést potřebné investice i do dalších částí infrastruktury, které by v případě nezadání projektu metodou PPP musel odložit.

Efektivita soukromého sektoru: Sloučením více fází projektu pod jednu veřejnou soutěž (sloučení projekce, realizace či údržby), dochází k zefektivnění celého projektu a k předpokládané vyšší kvalitě. Tento postup by měl následně vést i ke zvýšení kvality po celou dobu životního cyklu. Konsorcium se snaží vypracovat co nejlepší projekt, který dokáže zrealizovat, ale následně i udržovat po dlouhou dobu. Jelikož jsou projekty plánovány a uzavírány na dlouhodobou smlouvu, může takovou smlouvu uzavřít i soukromý sektor, což vede k lepší organizaci a plánování díla. Soukromý sektor se v tomto případě snaží optimalizovat náklady během celého trvání díla. Smlouva se nejčastěji uzavírá na 25 - 30 let. Zhotovitel tedy může mít vyšší investiční náklady, které se mu ovšem mohou vrátit tím, že vozovka bude kvalitní a bude vyžadovat menší množství úprav. Zhotovitel by měl taktéž lépe řídit veškerá rizika, která mohou nastat. O PPP projekty se nejčastěji ucházejí společnosti, které mají již s takovým typem výstavby zkušenosti. Další výhodou může být inovativní přístup zhotovitele, který může oproti běžné veřejné zakázce snáze aplikovat. Pokud to dovolí minimální technické požadavky, může zhotovitel využít i vlastní inovativní přístup, který mu sníží náklady či dobu trvání. Může jít o lepší koordinaci provádění stavby, či využití nových technologií nebo materiálů.

Snížení rizik na straně veřejného sektoru: U PPP projektů dochází k velkému přenesení rizik na soukromý sektor. Je to dáno tím, že soukromý sektor má na starost více fází a nese za ně odpovědnost. Převod rizik by měl vést i k lepší kontrole celkových nákladů na projekt, dodací lhůty a kvalitu provedených prací. Rozdělení rizik by mělo proběhnout dle toho, která strana dokáže nejlépe rizika řídit či eliminovat. [25]

4.3.2 Nevýhody

Projekty PPP je třeba aplikovat na správná díla, která mohou vést k oboustranně výhodné investici. Jedná se o velmi složité projekty, které je třeba analyzovat z pohledu potřeby

a výhodnosti aplikace PPP modelu. Jelikož se jedná o složité projekty, předpokládá se, že tyto projekty budou mít vyšší náklady. Projekty představují dlouhodobý závazek mezi veřejným a soukromým sektorem a veřejný rozpočet je zatížen na dlouhou dobu, s čímž je třeba počítat. Pro soukromý sektor to je motivace, jak si zajistit dostatečné finanční prostředky a využití svých kapacit na dlouhé roky dopředu, ovšem pro veřejný sektor to může představovat omezení. U těchto projektů je třeba mít zajištěn dostatečný politický závazek napříč politickým spektrem, jelikož aktuální vláda může PPP projekt podpořit, ale její mandát je mnohem kratší než trvání PPP projektu. Proto je třeba mít dostatečnou podporu napříč. Smlouva musí být také dostatečně flexibilní, jelikož se většinou jedná o závazky na 25 - 30 let a je třeba počítat s mnoha okolnostmi, které mohou vstoupit do projektu.

Uchazeči o PPP projekty jsou většinou zahraniční společnosti, které mají s tímto typem výstavby zkušenosti. Tyto společnosti si s sebou vezmou odborníky či bankovní úvěr z jiných zemí, což může mít katastrofální následek pro lokální hráče, kteří mohou být od tohoto projektu odtrženi. Další problém může nastat, pokud se jedná o opravdu velký projekt, který má vysoké nároky, a to i z pohledu dostatečné dostupnosti materiálů. To může lokálně zvýšit poptávku a může dojít k omezení prací na jiných projektech či prodražení stavebního materiálu. Je třeba, aby veřejný sektor měl naplánované stavby tak, aby nedocházelo k jejich omezení z důvodu nedostatku pracovníků či materiálů. [26]

5 Rizika u silničních projektů

Rizika u silničních projektů jsou popsána v bakalářské práci *Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu* v kapitole 9 *Rizika u silničních projektů*. V rámci bakalářské práce je zpracován postup identifikace rizik, jejich alokace neboli rozdělení a následně alokační matice. Další částí jsou rizika spojená s projektem, stavební rizika a následně i provozní rizika. [87]

5.1 Definování rizika – cyklus řízení rizik

Riziko ve stavebnictví lze definovat jako pravděpodobnost, že může nastat situace, která by způsobila, že nalezená skutečnost na stavbě bude odlišná od projektu. To může mít vliv na předpokládaný přínos a celkové náklady. Protikladem rizika u projektů může být příležitost, která by měla naopak pozitivně ovlivnit celkové náklady či přinést vyšší zisk. Řízení rizik je proces, který zahrnuje jejich identifikaci a ohodnocení jednotlivých rizik. Je třeba si uvědomit, že rizika a příležitosti jsou teoretické situace, které mohou nastat v projektu, ovšem zhotovitel s nimi musí počítat a náležitě je ocenit.

Riziko se charakterizuje pomocí dvou základních faktorů. Prvním faktorem je pravděpodobnost, že k danému riziku během trvání projektu dojde. Druhým faktorem je dopad takového rizika. Dopad lze určit pomocí finanční hodnoty. Riziko lze vyčíslit následovně:

$$R_{\text{riziko}} = P_{\text{pravděpodobnost}} * D_{\text{dopad}} \Rightarrow PR_{\text{pravděpodobnost výskytu}} * FD_{\text{finanční dopad}}$$

Rizika by měla být správně určena a je nutné je řídit. Je třeba určit rizika, která mají vysokou pravděpodobnost vzniku a následně ohodnotit jejich potencionální finanční dopad. Z pohledu veřejného sektoru existuje mnoho rizik, která ovlivňují projekt. Jedná se např. o sociální riziko, riziko zrušení procesu PPP nebo zpoždění a prodražení projektu. Ve smlouvě je tedy nutné rozdělit rizika mezi jednotlivé strany, určit jim odpovídající odpovědnost a pokusit se je ohodnotit. U PPP projektů je nutné určit rizika od podpisu smlouvy až do konce definovaného životního cyklu, tedy po dobu trvání koncesní smlouvy.

U PPP projektů se rizika uvažují u podpisu smlouvy a je třeba se s nimi vypořádávat po dlouhou dobu. V přípravě projektů se musí zvažovat elká škála rizik, která mohou mít významný vliv na celý projekt. Rizika by měla být řešena pomocí organizovaného a strukturovaného přístupu a je třeba ke každému riziku přistupovat zvlášť. Organizovaný a strukturovaný přístup by měl nejdříve jednotlivá rizika identifikovat (rizika, která se mohou objevit v projektu), následně posoudit jejich možné důsledky (pravděpodobnost vs. dopad). Pro jednotlivá rizika je třeba provést analýzu a snahu o implementování zmírňujících či úplných opatření. Dle tohoto určení je následně třeba rozhodnout, která strana dokáže jednotlivá rizika nejlépe zmírnit či s nimi pracovat a na základě toho je třeba tato rizika rozdělit a uvést do smlouvy. Rizika mohou být následně přenesená (odpovídá za ně soukromý sektor) nebo ponechána (odpovídá za ně veřejný sektor). Třetím typem rizik jsou rizika sdílená, která si procentuálně rozdělují mezi sebou oba sektory.

Po dokončení tohoto procesu dochází k implementaci strategie řízení jednotlivých rizik, kdy jsou některá rizika z pohledu veřejného sektoru zapracována do projektu ve formě navýšení ceny, další rizika lze případně pojistit. Veřejný sektor by měl veškerá rizika během projektu monitorovat a vyhodnocovat. Případně mohou být objevena nová rizika, která musí být do projektu zapracována. Jelikož se projekt realizuje z veřejných peněz, je třeba monitorovat všechny typy rizika.

Soukromý partner kromě převedených rizik od veřejného sektoru může mít i svoje vlastní rizika. I on by měl mít mechanismus na monitorování a řízení rizik během projektu. [27]

5.2 Rizika spojená s projekční fází

V bakalářské práci jsou uvedena rizika schvalovacího procesu a rizika odpovídajícího návrhu. [87] Dalším rizikem, které je spojeno s projekční fází, je riziko změny návrhu. Toto riziko je v případě PPP projektů buď riziko ponechané, nebo riziko přenesené. V případě, že uchazeč splnil požadavky zadavatele, ale projekt se mu nelíbí a vyžádá si změnu projektu, jedná se o riziko na straně zadavatele. Ten na sebe následně přebírá riziko zvýšení nákladů a prodloužení času. Další náklady vzniknou při vypracování projektu a vhodné přípravě. Pokud je návrh od uchazeče nedostatečný a nejsou dodrženy minimální technické požadavky, je toto riziko na straně soukromého sektoru, který na vlastní náklady projekt musí přepracovat.

5.3 Rizika spojená s realizační fází

V bakalářské práci jsou uvedena rizika překročení nákladů, zpoždění stavebních prací a dodržování norem a technických podmínek. [87] Jako další rizika byla vybrána dodržování BOZP, které je v současnosti velmi důležitým aspektem při realizaci projektu, a dále vady a vadné materiály, které jsou součástí takřka každé stavební zakázky.

Dodržování BOZP: Dodržování BOZP na stavbě je riziko na straně zhotovitele, který by měl zajistit bezpečné pracovní prostředí. Dále je nutné, aby byly dodrženy všechny platné normy a zákony. Zhotovitel by měl provést taková opatření, aby eliminoval případná zranění na stavbě. Dále by mělo být prováděno průběžné vyhodnocení a při vzniku nových prací zaváděna i nová opatření.

Vady a vadné materiály: Soukromý sektor by měl navrhnout a postavit projekt dle minimálních technických požadavků. V rámci zajištění dohodnuté měsíční splátky provede zhotovitel dílo bez vad. Ty se rozdělují na viditelné a skryté. Viditelné vady jsou zhotovitelem po technické prohlídce opraveny, aby bylo dílo předáno bez nich. Projekt může obsahovat i skryté vady, na které by měla být sjednána záruční doba. Zhotovitel je povinen předkládat atesty k použitým materiálům, které zabudovává do stavby.

5.4 Rizika spojená s provozní fází

Zvýšené provozní náklady a ovlivnění výkonu: Soukromý sektor při odevzdání nabídky předkládá i cenu za údržbu. Tím na sebe přebírá i většinu rizik spjatých s provozní fází. Zvýšené náklady mohou být dány chybou v odhadované ceně na údržbu nebo může dojít k extrémnímu výkyvu počasí a nutnosti zvýšení kapacit. Ovšem toto je riziko zhotovitele a ten na své náklady musí udržovat komunikaci ve standardu sjednaném ve smlouvě (v případě např. zemětřesení se většinou riziko ponechává na straně zadavatele). Jediné navýšení, které lze akceptovat, je úprava o inflaci.

Standardy údržby: Zadavatel musí ve smlouvě přesně určit, jak má být komunikace udržována během koncesní smlouvy, a v jakém stavu by měla být stavba předána. Je následně rizikem zhotovitele, aby dodržel tyto podmínky a mohlo dojít k hladkému předání aktiv zpět do rukou zadavatele. Údržba obsahuje každodenní běžnou údržbu, ale i tzv. tvrdou nebo střední údržbu, která může obsahovat např. výměnu obrusné vrstvy. Je třeba do projektu odhadnout náklady na celý životní cyklus. Tím, že soukromý sektor bude zapojen do provozu a údržby, může to přinést řadu výhod, pokud tyto služby budou provázány s platebním mechanismem. Zadavatel by měl určit tým, který bude provádět supervizi nad prováděnou údržbou a vyhodnocovat stav. Následně může dojít ke zkrácení výše měsíční platby.

5.5 Ostatní rizika

Dodržování ekologických požadavků, předpisů a zákonů: Riziko, které je v plné výši přeneseno na soukromý sektor. Ten by měl odpovídat za dodržování různých ekologických nařízení a měl by odpovídat za environmentální opatření. Jedná se např.

o aplikaci vhodných strojních mechanismů, skladování odpadů či materiálů nebo ochranu životního prostředí.

Sociální riziko – protestní akce zaměstnanců: Jedná se o riziko, které nese soukromý sektor v případě, že dojde k pracovnímu sporu nebo ke stávce. Pokud se jedná o protestní akci politického rázu, přebírá toto riziko zadavatel.

Přístup na stavbu a související infrastruktury: Během realizační fáze je v zásadě zadavatel odpovědný za zajištění přístupu na staveniště a za potřebné pozemky. Pokud si pozemky určí sám zhotovitel, pak za ně bude odpovědný on. Ve smlouvě je nutné uvést, jak se bude řešit pasportizace okolních komunikací a zástavby po dokončení stavby, a kdo za to ponese odpovědnost.

Selhání či insolvence soukromého partnera: Soukromý partner nese riziko, že nebude schopný zajistit technické či finanční prostředky pro realizaci projektu. Takové selhání je sice rizikem zhotovitele, nicméně má to významný dopad i na zadavatele a budoucí uživatele. Proto by měl zadavatel uvážit, zde je daný uchazeč schopen projekt realizovat a uvést ho včas do provozu. [28]

6 Asfaltové vozovky

Asfaltové vozovky jsou tvořeny z vrstev asfaltových směsí, které jsou využívány v obrusné, ložní a podkladní vrstvě. Kamenivo a asfaltové pojivo, jímž může být asfalt, asfaltová emulze nebo ředěný asfalt, jsou základní složky, z nichž se vyrábí asfaltová směs. Dalšími složkami mohou být přídavné příměsi, které ovlivňují vlastnosti asfaltové směsi. Jednotlivá zrna kameniva tvoří skelet, na něž se nabaluje použité asfaltové pojivo, které jednotlivá zrna stmelí do požadované směsi. Dávkování a typ vstupních materiálů se odvíjí od dopravního zatížení, typu směsi či návrhové úrovně porušení¹³.

Směsi, které jsou zpracované za horka (např. asfaltový beton nebo litý asfalt), jsou složeny z kameniva (93 - 96 % s objemovou hmotností přibližně 2400 - 2800 kg/m³) a asfaltového pojiva (cca 4 - 7 % s objemovou hmotností 1000 - 1020 kg/m³). Kamenivo ve zpracované asfaltové směsi, tedy směsi, která je položená a zhutněná, zabírá obvykle 80-85 %, asfaltové pojivo 10 - 17% a 3 - 5 % tvoří vzduchové mezery. [29]

6.1 Asfalty

Asfalt se řadí mezi formy živice, což jsou organické kapaliny, které se vyznačují vysokou viskozitou, černou barvou a jsou zcela rozpustné v sirovodíku. [30] Živice se za běžných teplot vyznačují svojí tvárností, neboť spadají mezi tzv. viskoelastické látky a díky mechanickému zatížení u nich dochází k trvalé deformaci. Deformace u asfaltů je závislá

¹³ U návrhové úrovně porušení se předpokládá budoucí vývoj porušování vozovky, který je dle TP 170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací vyjádřené přípustnou plochou poruch na konci navrhovaného období. [32]

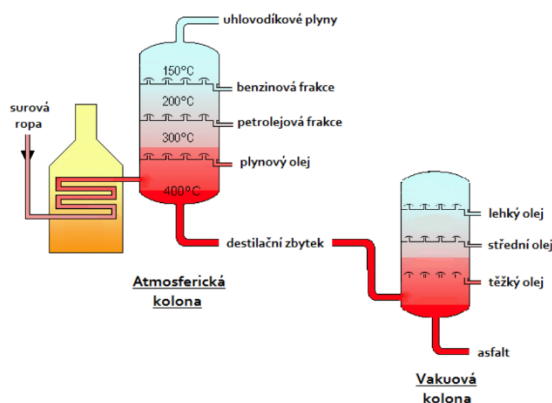
na teplotě. Čím vyšší je teplota, tím vyšší je deformace. V případě příliš nízkých teplot hrozí u asfaltu naopak křehký lom¹⁴. [31]

Asfalt je přírodní materiál, nebo je vyráběn z ropy. Přírodní asfalt se nachází v přírodních ložiscích. Přírodní asfalt se vyskytuje na světě v malém množství. Jedná se o poměrně tvrdý asfalt, který je smíchan s minerální látkou. Získání čistého asfaltu je možné jeho zahřátím na teplotu vyšší než 160 °C. Zahřátý asfalt se následně prolíje přes připravená síta, která mají za úkol zachytit hrubé nečistoty a organické zbytky. Přírodní asfalt se při 25 °C chová jako tuhá látka, ale při 175 °C se již chová jako viskózní kapalina.

Druhým typem – dominujícím a nejčastěji používaným – je ropný asfalt, který je získáván pomocí frakční destilace vytěžené surové ropy. Ropný asfalt se následně dělí na asfalt s vysokým množstvím asfaltických složek, poloasfaltický a neasfaltický, kde je jen malé množství asfaltových látek. [33, 34]

Zpracování ropy:

Vytěžená surová ropa je zpracována v rafinériích pomocí frakční destilace. Díky této technologii se ze surové ropy získá co nejvíce látek, které jsou využívány v běžném životě. Frakční destilace neboli rektifikace funguje na tzv. kolonách, kdy se pomocí postupného zvyšování teploty (v intervalu 150 - 400 °C) získávají jednotlivé frakce. Tyto frakce jsou při jednotlivých teplotách postupně odebírány a jsou dále zpracovávány. Frakční destilace se dělí na atmosférickou kolonu a na vakuovou kolonu. V atmosférické koloně dochází k získávání frakcí pomocí zvýšené teploty za atmosférického tlaku (cca 101,3 kPa). Zbytkem atmosférické kolony je destilační zbytek neboli mazut, z kterého se následně získává dalším zpracováním a rafinérskými procesy asfalt, který v zásadě tvoří pro petrochemický průmysl „odpad“. Mazut se dále zpracovává ve vakuové koloně, kde pomocí sníženého tlaku a zvýšené teploty dochází k rozdělení na jednotlivé frakce (lehký, střední a těžký olej). Zbytkem vakuové kolony je asfalt. Asfalt se proto také označuje jako konečný zbytek, který vzniká frakční destilací surové ropy. [35]

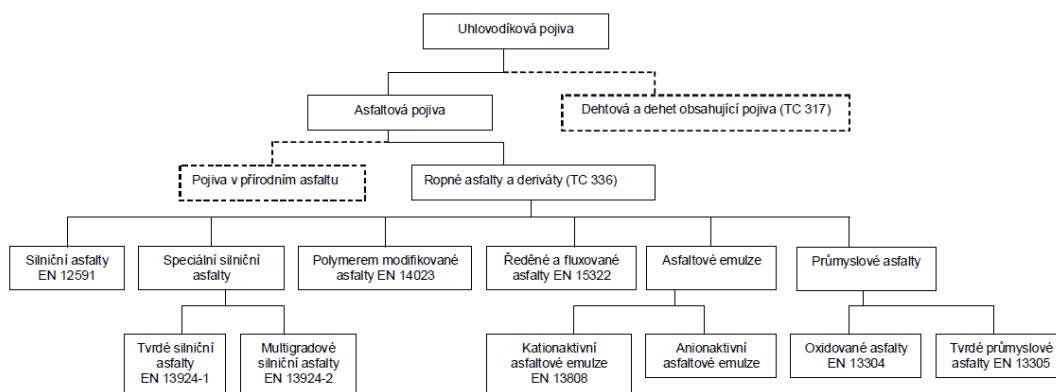


Obrázek 10: Schéma frakční destilace ropy [35]

Mezi ropné asfalty lze zařadit např. **silniční asfalty** (nejčastější typ asfaltu, který se používá k obalení kameniva nebo R-materiálu a jeho využití je u realizace dopravních staveb) nebo **modifikovaný asfalt** (asfaltové pojivo, které má při výrobě upravené vlastnosti užitného

¹⁴ Křehký lom – jedná se o lom, který je blízký mezi pružnosti, ovšem bez zřetelné plastické deformace. To znamená, že při lomu nedojde k varování, ale k okamžitému poškození. [36]

chování. Asfalt se modifikuje z důvodu neustále se zvyšujícího dopravního zatížení a dalších účinků, které na tento materiál ve vozovce působí). [33, 34]



Obrázek 11: Terminologie uhlovodíkových pojiv [33]

Asfalty se ve stavebnictví využívají pro dopravní stavby (asfaltové postřiky, asfaltové směsi), obecně pro hydroizolace nebo jako asfaltové hydroizolační pásy nebo střešní krytina v podobě asfaltových šindelů. Hydroizolační pásy jsou využívány v případě hydroizolace pozemních staveb nebo např. u izolace mostních objektů. Dříve se využíval i přírodní asfalt, a to jako spojovací tmel u zdiva a jako hydroizolační materiál. Asfalt je sloučenina, která je složena z uhlovodíků, kyslíku, dusíku a síry. [31]

6.1.1 Výroba ropného asfaltu

Asfalt, který vznikl z frakční destilace, lze dále upravovat na oxidovaný, polofoukaný, ředěný a modifikovaný asfalt.

Oxidované asfalty: Pomocí profukování vzduchu o teplotě 250 - 300 °C lze z asfaltu z vakuové kolony připravit oxidovaný asfalt. Kyslík, který je profukován, se váže na vodík, který je součástí základního asfaltu. Vodík a kyslík se během profukování spojují a dochází ke zvýšení obsahu asfaltenů¹⁵, což vede k vytvoření gelové kostry.

Díky spojení vodíku a kyslíku dochází ke změně v chemickém složení. Chemické složení dále ovlivňuje fyzikální vlastnosti. Oxidovaný asfalt je díky chemické reakci méně citlivý na teplotní změny, které nastávají během ročního období. Tento typ asfaltu se primárně využívá v izolační technice (hydroizolační pásy).

Ředěné asfalty: Dalším typem jsou ředěné asfalty, které se odlišují svojí sníženou viskozitou. Ředěné asfalty vznikají přidáním organických rozpouštědel do asfaltů z frakční destilace nebo do oxidovaných asfaltů. Organické rozpouštědlo tvoří 40 - 50 % hmotnosti. Nejčastější rozpouštědla jsou jednotlivé frakce ze surové ropy (např. benzín, toluen). Výroba ředěných asfaltů se v dnešní době snižuje, jelikož z rozpouštědel unikají výpary, které jsou škodlivé a nebezpečné. Nejčastější využití tohoto typu je u studených

¹⁵ Asfalt je chemická směs tvořená z asfaltenů (křehké látky z uhlovodíků, látky, které tvoří tvrdost asfaltu) a malténů (látky, které vytvářejí prostředí pro molekuly asfaltenů, které jsou v prostředí malténů rozptýleny). Maltény ovlivňují u asfaltu plastické a lepkavé vlastnosti. [31]

asfaltových směsí. Ty jsou využívány při lokálních opravách vozovek pozemních komunikací.

Modifikované asfalty: Do původního asfaltu je přidán nejčastěji elastomer (kaučuk, styren-butadien atp.) nebo plastomer (termoplast například v podobě etylen-vinyl-acetátu). Přidáním jedné z těchto složek dochází k modifikaci neboli změně vlastností původního asfaltu a vzniká kvalitnější výrobek. Tento typ je využíván v silničním stavitelství jako asfaltová směs, ale může být využita i jako hydroizolace. Modifikované asfalty mají oproti původnímu asfaltu vyšší hodnotu bodu měknutí a vyznačují se nižším bodem lámavosti (mají tedy širší obor plasticity). Modifikované asfalty se po mechanickém namáhání, kdy dochází k deformaci, vracejí do původního tvaru. Tyto asfalty mají vyšší viskozitu, což způsobuje jejich horší zpracovatelnost.

Mezi nejběžnější elastomer, který se přidává do původního asfaltu, je styren-butadien-styren (SBS). SBS je přidáván v množství 3 - 15 % hm. a při jeho rozpouštění v asfaltu dochází k pohlcení naftenového podílu a části asfaltenů, což vede k větší pružnosti daného asfaltu oproti původnímu asfaltu.

APP neboli ataktický polypropylen je typickým zástupcem plastomerů použitých k modifikaci původního silničního (ropného) asfaltu. Do původního asfaltu se přidává v množství 5 - 35 % hm. Díky plastomerům dochází u modifikovaného asfaltu ke zvýšení bodu měknutí a zvyšuje se i pružnost. Toto řešení se historicky začalo využívat při modifikaci hydroizolačních pásů.

Užití elastomeru a plastomeru v asfaltu přispívá ke zlepšení vlastností, což je patrné z níže uvedeného obrázku. [31]

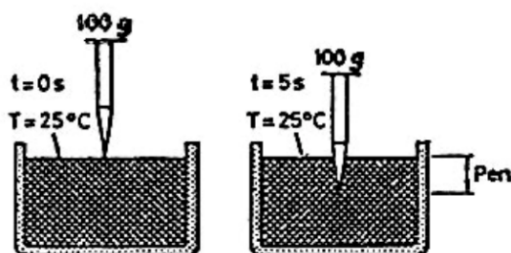
| Vlastnost | Oxidovaný asfalt | Asfalt modifikovaný APP | Asfalt modifikovaný SBS |
|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| Bod měknutí KK (°C) | cca 95 | cca 135 | cca 120 |
| Ohebnost za chladu (°C) | 0 | -5 až -15 | až -35 |
| Pružnost | žádná | malá | vysoká |
| Průtažnost (%) | 2 až 5 | cca 20 | > 100 |

Obrázek 12: Porovnání vlastností modifikovaného a oxidovaného asfaltu [31]

6.1.2 Zkoušení asfaltů

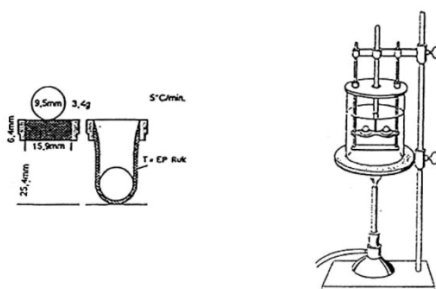
Na asfaltu se provádí mnoho zkoušek. Pro tuto diplomovou práci byly vybrány pouze ukázkové zkoušky, které je možné na asfaltech provádět. Mezi další zkoušky lze zařadit např. ověřování teplotní stálosti, silovou duktilitu, dynamickou viskozitu či bod vzplanutí, kdy se měří nejnižší teplota, při níž dojde k hoření páry po dobu minimálně 5 vteřin.

Penetrace: Zkouška, u které se určuje tvrdost asfaltů při teplotě 25 °C. Pomocí zkoušky je asfaltové pojivo následně označeno (např. 70/100, což znamená, že toto pojivo by mělo mít průnik normové jehly přibližně do hloubky 5 - 7 mm). Na zkušební vzorku asfaltu se měří průnik normované jehly o hmotnosti 100 g. Výsledek se udává v desetínách mm a je měřen po 5 vteřinách po průniku normové jehly do zkušebního tělesa. [31, 34]



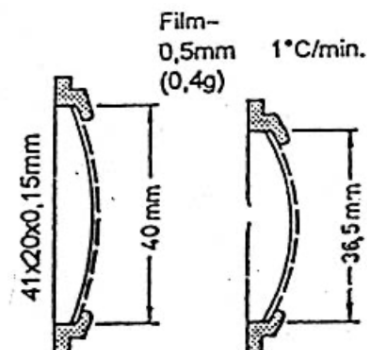
Obrázek 13: Penetrace [34]

Bod měknutí – kroužek a kulička (KK): Při postupném ohřevu se asfaltové pojivo mění z pevné látky na kapalnou látku. Asfalt nemá definovanou teplotu tání, a z toho důvodu se začala používat metoda bodu měknutí, kdy při určité teplotě je asfalt tvárný již při nízkém účinku mechanického zatížení. Metoda je založena na nalití a zatuhnutí asfaltové látky v kroužku. Po zatuhnutí je na asfalt položena kulička a celé zařízení je umístěno do stojanu s kádinkou, kde je asfalt v kroužku s kuličkou ponořen do tepelně stálé kapaliny. Kapalina je postupně ohřívána a s každou přibývajícím minutou by kapalina měla mít teplotu o 5 °C vyšší. Se zvyšující se teplotou dochází k měknutí asfaltu a pomocí zátěže ocelové kuličky je asfalt postupně prohýbán. Při průhybu 25,4 mm dochází k zastavení zkoušky a teplota při tomto průhybu je následně označena jako bod měknutí. [31]



Obrázek 14: Bod měknutí – kroužek a kulička [34]

Bod lámavosti: Vrstva asfaltu o tl. 0,5 mm je teplotně zatížena a postupně ohýbána. Teplota s přibývajícím časem (1 °C/min) postupně klesá. Bod lámavosti je teplota, při níž dojde k prasknutí nebo jinému mechanickému porušení asfaltové vrstvy. [34]



Obrázek 15: Bod lámavosti [34]

Přilnavost ke kamenivu: Přilnavost asfaltového pojiva ke kamenivu se zkoumá v silničním stavitelství a touto zkouškou se zabývá norma ČSN 73 6161 – Stanovení přilnavosti








asfaltových pojiv ke kamenivu. Pro zkoušku je třeba mít 650 g kameniva a 65 g asfaltového pojiva, které musí být zbaveno nečistot. Tato zkouška se provádí dvojmo. Pro zkoušku se využije kamenivo frakce 8 - 16 mm, které je nejdříve umístěno na síta a zbaveno nadsítného a podsítného. Následně je kamenivo vyčištěno pomocí proplachu a vysušeno do ustálené hmotnosti v sušárně.

Do připravené porcelánové misky se následně naváží kamenivo o hmotnosti 300 ± 3 g. Miska se vloží do vyhřáté sušárny. Následně se do kovové vyhřívací nádoby nalije asfaltové pojivo. Vyhřívací nádoba je přikryta sklem a vložena do druhé vyhřáté sušárny. Po cca 30 minutách jsou obě složky vyndány ze sušárny a do porcelánové misky se nalije asfaltové pojivo a promíchá se. Množství asfaltového pojiva je stanoveno v příslušné normě. Pojivo a kamenivo se promíchává až do úplného obalení. Pokud nedojde k úplnému obalení kameniva, je zkouška ukončena a provedena znovu. Jestliže při druhém pokusu nedojde k úplnému obalení, je zkouška úplně ukončena a pro kamenivo je zaznamenáno, že je nelze obalit.

V případě úspěšného obalení dojde pomocí špachtle k přesunu směsi na dno skleněné misky, kde je směs rozprostřena. Takto připravená směs se nechá 24 hodin v laboratorní teplotě, z důvodu ztuhnutí asfaltového pojiva nebo vyschnutí vody z emulze. Dle teploty stanovené normou se po 24 hodinách na směs nalije destilovaná voda. Voda musí být minimálně 10 mm nad horní hranou směsi. Směs s destilovanou vodou je zakryta krycím sklem a následně je ponořena do vodní lázně. Po 60 minutách se obalené kamenivo vyhodnocuje vizuálně ve světle lampy. Zkoumá se procentuální plocha obalovaného kameniva asfaltovým pojivem dle obrázku níže¹⁶.

Druhou částí zkoušky je zkouška s vlhkým kamenivem, kdy je kamenivo před zkouškou ponořeno na hodinu do vodní lázně. Po hodině je kamenivo vyndáno a po pětiminutovém odkapání je kamenivo obaleno a postupuje se stejným postupem, jako při zkoušce se suchým kamenivem. [37]

¹⁶ Výsledkem je měření dvou souběžných stanovení a jejich aritmetický průměr. Pokud se výsledky liší o více než 10 %, je nutné zkoušku opakovat. [37]

| Obalená plocha v % | Asfaltem obalené zrně kameniva | Charakteristika asfaltového spojení filmu se zrnem kameniva | Poznámka |
|--------------------|---|---|---|
| 100 |  | A | Celé zrně obaleno, hrany a rohy mohou být slabě potaženy průsvitným filmem |
| 90 |  | B | Zrně obaleno slabě, na zbylé ploše mohou být drobně obnažená místa (hrany, rohy, drobné plošky) |
| 80 |  | C | Obnažené hrany a rohy, zbylá plocha zrna obalena |
| 70 |  | D | Obnažené hrany a rohy, na ostatní ploše se ojediněle vyskytují malá neobalená místa |
| 50 |  | E | Obnažené hrany a rohy, na ostatní ploše se vyskytují neobalená místa, obalená plocha převládá |
| 40 |  | F | Neobalená plocha převládá, obalená plocha je tvořena ještě jednotlivými souvislými plochami |
| 20 |  | G | Nesouvislý obalený povrch tvořený jednotlivými kapkami asfaltu |

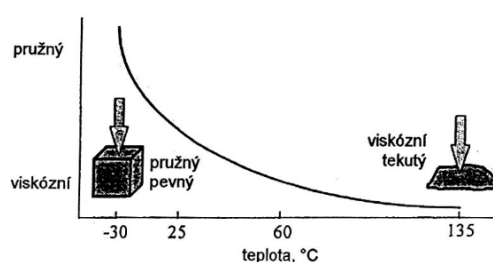
Obrázek 16: Vyhodnocení zkoušky přilnavosti asfaltového pojiva ke kamenivu [37]

6.2 Vlastnosti a obecné požadavky na asfaltové směsi

6.2.1 Vlastnosti

Ve vodě se asfaltové pojivo téměř nerozpouští, nedochází k bobtnání nebo jiným formám objemových změn. Na povrchu asfaltu dochází k minimálnímu přijímání vody. Asfalt je díky těmto vlastnostem vhodný jako hydroizolační materiál. Hustota asfaltu se pohybuje v rozmezí 980 - 1100 kg/m³ a součinitel teplotní roztažnosti je 600*10⁻⁶ K⁻¹. Asfalt se vyznačuje mrazuvzdorností, ovšem při nižších teplotách začíná být asfalt křehký. Asfalt je rozpustný v organických rozpouštědlech typu benzín nebo benzen, což může být riziko, pokud např. dojde k dopravní nehodě a úniku benzínu na asfaltovou vozovku. [31]

Teplotní citlivost asfaltového pojiva je jedna z důležitých charakteristik, které jsou na asfaltu pozorovány. Pokud jsou prováděny zkoušky na asfaltech, tak při různých teplotách dochází k jiným výsledkům. Proto je důležité při zkouškách zapisovat i teplotu. Asfaltová pojiva jsou díky rozdílným vlastnostem v závislosti na teplotě označována jako viskoelastický materiál. Asfalt se za nízkých teplot chová jako pružná pevná látka. Při zvýšení teploty dochází k přeměně na kapalný viskózní materiál. Při běžných teplotách by měl mít asfalt obojí vlastnosti, tedy visko-elastické. Viskozita u asfaltu vyjadřuje jeho odpor proti deformaci. V závislosti doby zatížení a viskozity u asfaltu dochází k různé velikosti deformace.



Obrázek 17: Asfalt – visko-elastický materiál [34]

Asfaltové pojivo vlivem oxidace tvrdne a stárne. Kvůli tomu má asfaltové pojivo tvrdší a křehčí strukturu. Oxidace je způsobena tím, že asfaltové pojivo je organická látka a ta reaguje s kyslíkem. [34]

6.2.2 Obecné požadavky na asfaltové směsi

Na asfaltové směsi, které jsou využívány v dopravním stavitelství při pokládce asfaltové vozovky, existuje mnoho požadavků. Zde jsou zmíněny pro představu některé z těchto požadavků.

Zhutnitelnost: Za asfaltovým finišerem, který pokládá asfaltovou směs, je připravena sestava tandemových válců. Pokud nedojde ke správné míře zhutnění, může hrozit dřívější výskyt poruch na asfaltové vozovce. Zhutnitelnost ovlivňuje vlastnosti pokládané asfaltové směsi a závisí na tvaru použitých zrn ve směsi nebo na asfaltovém pojivu.

Segregace zrn: Při špatné manipulaci nebo ručním urovnání může dojít k rozpojení hrubé a jemné frakce zrn u kameniva, čímž dochází k segregaci. Aby k tomuto jevu nedošlo, je třeba dodržet technologické předpisy stanovené dodavatelem stavby nebo výrobcem. Při segregaci dochází ke snížení soudržnosti směsi, a tím k pokládce nekvalitního materiálu, který bude muset být vyfrézován a vyměněn.

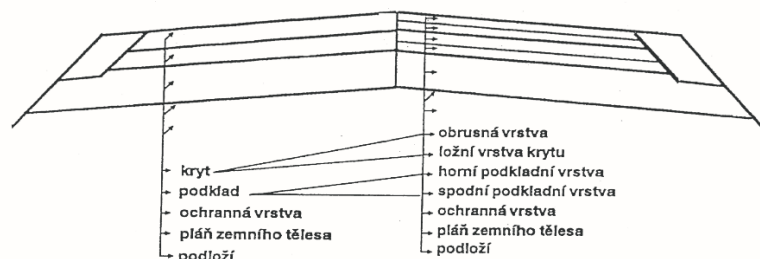
Odolnost proti trvalým deformacím: Asfaltová směs, která je využita na vozovku, by měla odolávat trvalým deformacím (vyjeté koleje viz kap. 3.4.2 *D4 formou PPP projektů – hodnotící kritéria*). Odolnost asfaltových směsí je schopnost jejich odolávání proti deformacím při vysokých teplotách nebo při stání vozidla na vozovce či při pomalé jízdě. Asfaltová směs musí vykazovat vysokou pevnost ve smyku. Toho je dosaženo, pokud je asfaltová směs složena z drceného kameniva, případně přidáním modifikovaných pojiv.

Trvanlivost: Asfaltovou směs je třeba navrhnout s přihlédnutím k místním podmínkám a v závislosti na dopravním zatížení. Trvanlivost znamená odolnost směsi vůči dopravnímu zatížení či klimatickým podmínkám (děšť, mráz a teplota).

Rovinatost povrchu: Tento požadavek je třeba zohlednit při tvorbě skladby vozovky a při směrovém a výškovém vedení. Rovinatost závisí na tloušťce vrstvy a na použití maximální velikosti zrna. Dále závisí na pokládce dané vrstvy, aby byly dodrženy základní obecné předpisy. Rovinatost má pozitivní vliv na jízdní komfort či na odvod vody z komunikace do odvodnění. Tím dochází i k bezpečnému provozu. [38]

6.3 Rozdělení asfaltových směsí

Pozemní komunikace se skládá ze zpevněných a nezpevněných částí. Mezi zpevněné části se řadí i samotná vozovka. Vozovka je realizována odspodu nahoru a skládá se z jednotlivých konstrukčních vrstev, které mají konkrétní účel a funkci v celkovém souvrství.



Obrázek 18: Schéma konstrukce vozovky [39]

Krytová vrstva: Krytová vrstva se skládá z ložní a obrusné vrstvy. Obrusná vrstva je nejvýše položená část vozovky. Tato vrstva je přímo pojižděná a musí odolávat klimatickým vlivům. [39]

Ložní vrstva napomáhá lepšímu rozložení dopravního zatížení a přenesení sil do podkladních vrstev. Ložní vrstva by měla odolat a přenést hlavně smykové síly, které vznikají při dopravním zatížení. [40]

Podkladní vrstva: Tato vrstva se často rozděluje na horní a spodní podkladní vrstvu. Jedná se o důležitou vrstvu, která tvoří hlavní nosnou část vozovky. Hlavním úkolem vozovky je přenést zatížení z krytové vrstvy do podloží. Podkladní vrstva by měla omezit účinky zatížení do podloží a toto zatížení od krytového souvrství vhodně roznést.

Ochranná vrstva: Hlavní funkcí je zamezení pronikání vody. Tato vrstva rovněž dokáže přenést zatížení a jedná se tedy o nosnou část vozovky. Tato vrstva má zamezit pronikání vody z podloží do skladby vozovky. K tomu může docházet infiltrací. Díky zamezení průniku vody dochází ke zvýšení trvanlivosti vozovky a k ochraně před účinky mrazu v zimních obdobích. [39]

6.3.1 Typ kompozitní směsi – asfaltový beton (AC)

Tento typ asfaltové směsi má plynulou čáru zrnitosti. Na skeletu, který je tvořen z kameniva, se tedy podílejí veškeré frakce, které jsou ve směsi. Skelet je tvořen z hrubého, drobného kameniva a z přídatného fileru. Pojivem v asfaltovém betonu je silniční asfalt, polymerem modifikovaný asfalt, tvrdý silniční asfalt, multigradový asfalt nebo směs z přírodního asfaltu. Minimální množství pojiva je v rozmezí 3,0 - 8,0 %. Tyto složky tvoří ztuhlý skelet a dotýkají se vzájemně zrní. Jednotlivé složky kameniva a celková směs musí odpovídat ČSN EN 13043 – *Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch*.¹⁷ Následně je toto kamenivo zkoušeno dle ČSN 73 6161 – *Stanovení přilnavosti asfaltových pojiv ke kamenivu*, jehož postup je popsán v kap. 6.1.2 *Zkoušení asfaltů*. Tento typ směsi se využívá u dálničních, silničních či letištních staveb a lze ho využít do obrusné, ložné a podkladní vrstvy. Asfaltový beton je vyráběn na obalovně a následně za horka pokládán. Po ztuhnutí tato směs vykazuje vodotěsnost. [29, 41]

Směs se značí AC, tedy Asphalt Concrete. U nás je užívaný překlad asfaltový beton. Dle typu umístění je za značkou AC doplněn ještě další písmenný znak (ACO - pro obrusné

¹⁷ V této normě jsou vypsány jednotlivé požadavky na použití kameniva do asfaltových směsí.

vrstvy, ACL – pro ložní vrstvy a ACP – pro podkladní vrstvy)¹⁸. Po tomto základním rozdělení dochází ještě k doplňujícím označení. První je označení dle největšího použitého zrna (ACO – D, kdy D udává v milimetrech největší velikost zrna, která je ve směsi použita).

Za označením velikosti zrna je dále přidán symbol, který značí další kvalitativní charakteristiky asfaltového betonu:

AC – D (S; +; bez označení; CH)

S: Směsi, které mají zvýšenou odolnost proti tvorbě trvalých deformací.

±: Jedná se o směsi, které byly dříve označovány jako kvalitativní třída I, která byla uváděna v ČSN 73 6121 do roku 2008.

Bez označení: Dříve označované dle ČSN 73 6121 jako směsi kvalitativní třídy II a III.

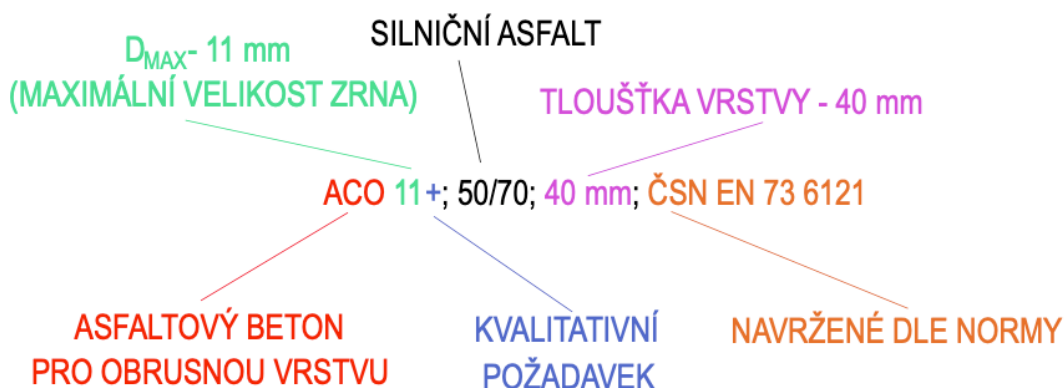
CH: Směsi určené pro nemotorové vozovky či pro chodníky.

Tabulka 2: Možné označení asfaltového betonu (vlastní úprava) [29]

| Vrstvy/kvalitativní označení | Obrusné | Ložní | Podkladní |
|------------------------------|------------|-----------|-----------|
| S | ACO - D S | ACL - D S | ACP - D S |
| + | ACO - D+ | ACL - D+ | ACP - D+ |
| Bez označení | ACO - D | ACL - D | |
| CH | ACO - D CH | | |

Na základě výše uvedeného se asfaltový beton označuje následovně:

Označení – Asfaltový beton pro obrusnou vrstvu vozovky dopravního zatížení III s velikostí max. zrna 11 mm, tloušťka vrstvy 40 mm, navržený podle ČSN EN 13108-1 dle Praktické aplikace v pozemních komunikacích od Ing. Petra Hýzla, Ph.D. [29]



Obrázek 19: Příklad označení asfaltového betonu (vlastní úprava) [29, 44]

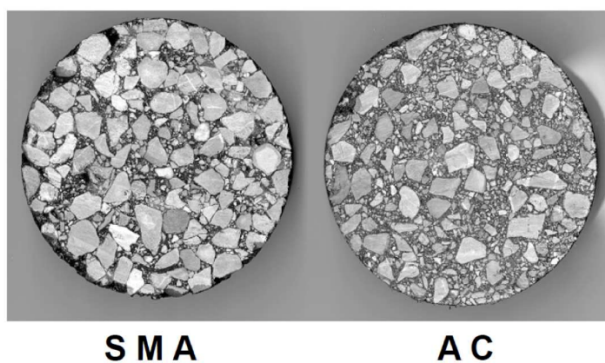
¹⁸ Dříve se asfaltový beton označoval např. AC₀ (tedy dolní index), což je uvedeno i v podkladech praktické části aplikace v pozemních komunikacích od Ing. Petra Hýzla, Ph.D. V současnosti se užívá označení ACO, což je uváděno např. v normě ČSN 73 6121 – Provádění a kontrola shody.

6.3.2 Typ makadam

Oproti asfaltovému betonu (AC) je typ makadam charakterizován přerušenu čárou zrnitosti. Skelet kameniva je tvořen velkou mezerovitostí. Tento typ se dělí na asfaltový koberec mastixový (SMA) a na drenážní koberec (PA). Část kameniva, která je součástí směsi, tvoří daný skelet, a část pouze výplň směsi.

6.3.2.1 Asfaltový koberec mastixový (SMA)

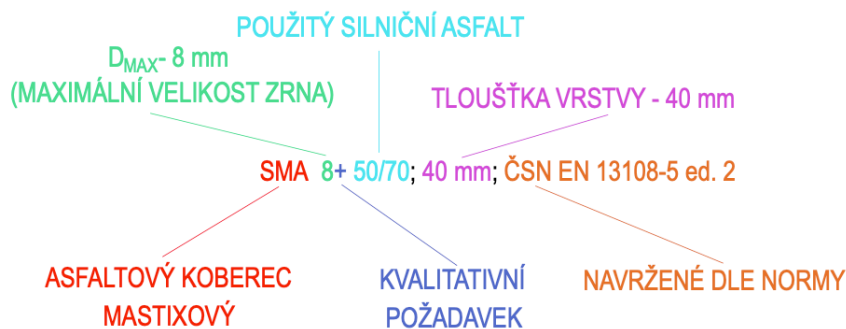
Prvním typem makadam směsi je asfaltový koberec mastixový. Ten je využíván u silničních a dálničních úseků, kde se předpokládá velké dopravní zatížení. Dále může být tento typ využit u rušných křižovatek. SMA je určena převážně do obrusné vrstvy. SMA má přerušenu čáru zrnitosti a o skelet se stará největší frakce a následně i část druhé největší frakce. Zbývající frakce kameniva má výplňový charakter. Toto výplňové kamenivo je společně s asfaltovým pojivem a přídatným filerem spojeno a tvoří tzv. „asfaltovou maltu“, neboli mastix. Směs využívá jako pojivo v menší míře silniční asfalt (30/45 – 70/100), častěji polymerem modifikovaný asfalt nebo směs, případně pryžovým granulátem modifikovaný asfalt nebo asfaltové pojivo kombinované s přírodním asfaltem. Minimální obsah pojiva je mezi 4,6 - 7,6 %.



Obrázek 20: Jádrový odvrt SMA a AC [43]

SMA se vyznačuje vyšší odolností proti trvalým deformacím. V zimních obdobích má typ SMA vyšší odolnost proti tvorbě mrazových trhlin. Další charakteristikou je vyšší životnost, a tím pomalejší stárnutí.

Vrstva SMA se označuje podobě jako AC. Je uváděn údaj o nejvyšším zrnu (D), dále kvalitativní požadavky (S; + a bez označení), kde není oproti AC uvedeno označení CH. [29, 42]



Obrázek 21: Označení asfaltového koberce mastixového (vlastní úprava) [29, 44]

Stejně jako asfaltový beton AC, tak i SMA má dodatečné označení směsi. Pokud je označení pouze SMA, jedná se o asfaltový koberec mastixový, který je určen do obrusné vrstvy. Dále lze SMA označovat doplňujícím písmenným znakem L nebo NH. **SMA L (Asfaltový koberec mastixový pro ložní vrstvu)** je typ asfaltové směsi, který lze používat ve všech ložních vrstvách, ale primárně je využíván u staveb s vysokým dopravním zatížením. Kamenivo v asfaltové směsi je buď 0/16 mm, nebo 0/22 mm. Použitím tohoto materiálu můžeme dosáhnout zvýšené odolnosti asfaltové vrstvy proti vzniku a šíření trhlin. **SMA NH (Asfaltový koberec mastixový pro obrusnou vrstvu se sníženou hlučností)** se využívá pro obrusnou vrstvu.¹⁹ [45]

6.3.2.2 Drenážní koberec (PA)

Druhým typem makadamu je tzv. drenážní koberec (PA). Typ asfaltové směsi, u které je charakteristická velká mezerovitost (>17 %). Využívá se jako obrusná vrstva u dálnic a silnic. Stejně jako u SMA, tak i zde je čára zrnitosti přerušena a skelet je tvořen největší frakcí (až 70 %). U PA jsou vysoké nároky na použité kamenivo (otlukovost a ohladitelnost). Do drenážního koberce se používá modifikovaný asfalt nebo nedomodifikovaný s gradací od 35/50 do 70/100²⁰. Drenážní koberec svojí strukturou odvádí srážkovou vodu po nepropustném podkladu. Z tohoto podkladu následně stéká na hranu vozovky. Tím jsou zvýšeny protismykové vlastnosti. Další vlastností tohoto typu je snížení hlučnosti do doby, než jsou mezery a póry zaneseny nečistotami a mastnotou.

Při realizaci se drenážní koberec hutní bez vibrací, aby nedošlo k porušení struktury. Aby tento typ asfaltové směsi v praxi dobře fungoval, je třeba dbát na zvýšenou údržbu. V zimě při odklizení sněhu je nutné využívat radlici s gumovým břitem. Tento koberec se může velmi často zanést, a proto je třeba provádět čištění pomocí tlakové vody. Jelikož je voda odváděna nepropustným podkladem, je třeba udržovat krajnici, aby mohla voda z vozovky i nadále odtékat. [29, 46]



Obrázek 22: Ukázka drenážního koberce (PA) [29]

¹⁹ Označení SMA L a SMA NH je užit v normě 73 6120 – Stavba vozovek – Ostatní asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody. Tato norma je v účinnosti od srpna 2021, tudíž se jedná o nové označení.

²⁰ Silniční asfalt 50/70 – rozmezí, které je stanoveno na základě penetrace při 25 °C

6.3.3 Litý asfalt (MA)

Jedná se o asfaltovou směs, která je tvořena kamenivem, asfaltovým pojivem a případně dalšími přísadami. Asfaltové pojivo v litém asfaltu je silniční asfalt, polymerem modifikovaný asfalt, tvrdý silniční asfalt nebo směs z přírodního asfaltu. Minimální množství asfaltového pojiva ve směsi litého asfaltu je 6,0 - 9,5 %. Ve směsi je použita vápenná moučka, a to v rozmezí 25 - 35 % (filer).²¹ Kamenivo zde má pouze výplňovou vlastnost, jelikož i asfaltové pojivo je zde ve větším množství. Díky tomuto vyššímu množství již nedochází ke tření mezi jednotlivými zrny. Směs není mezerovitá, nevykazuje tedy vzduchové mezery. Používá se pro obrusnou vrstvu u dálnic nebo silnic či jako ochrana mostní izolace. [29, 47]

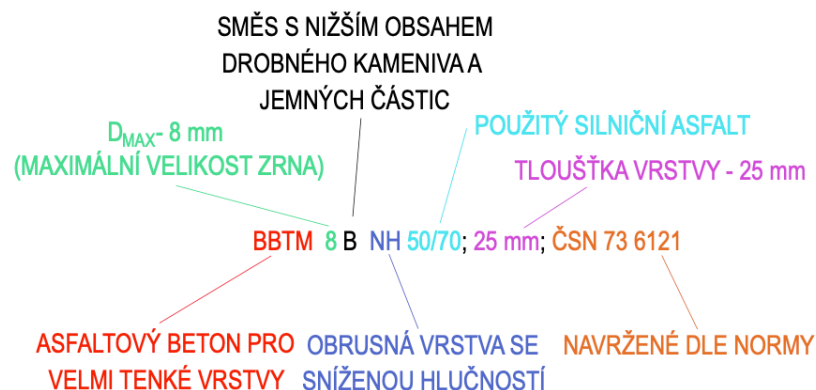


Obrázek 23: Ukázka pokládky litého asfaltu (vlastní foto)

6.3.4 Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy (BBTM)

BBTM je směs, která byla navržena pro velmi tenkou obrusnou vrstvu. Tloušťka vrstvy se obvykle pohybuje mezi 20 - 35 mm v závislosti na typu kameniva, čáře zrnitosti a kvalitativních požadavcích. Směs má značku BBTM, ke které je přidáno označení největšího zrna kameniva (D). Dalším značením je čára zrnitosti. Ta se rozděluje dle symbolů (A – směs s vyšším obsahem drobného kameniva a drobných částic, B – směs s nižším obsahem drobného kameniva a drobných částic a C – směs s vyšším obsahem drobného kameniva a nejvyšším obsahem jemných částic). Dále lze BBTM rozdělit dle kvalitativních požadavků (S – se zvýšenou odolností proti tvorbě trvalých deformací, + - pro běžné použití). Do BBTM se používá jako asfaltové pojivo silniční asfalt, modifikovaný asfalt nebo multigradový asfalt. [44, 49]

²¹ Kamenivo s jemným obsahem částic (částice pod 0,063 mm). Vzniká jako odpad při drcení a třídění kameniva. [48]



Obrázek 24: Značení směsi BBTM (vlastní úprava) [44]

Asfaltová směs pro obrusnou vrstvu se sníženou hlučností (BBTM NH): Maximální snížení hlučnosti u BBTM NH je u komunikací, které jsou využívány nákladními automobily (cca z 30 %) a povolena je maximální rychlost 50 km/h, nebo u komunikací, kde je maximální rychlost do 40 km/h a převážně je zde využívána osobní automobilová doprava. Do směsi se používá pouze kamenivo drcené. V současné době není normově umožněno využití R-materiálu do směsi BBTM NH. Jako asfaltové pojivo lze použít polymerem modifikované asfalty, nízkoviskózní asfaltová (polymerem modifikovaná) pojiva nebo asfaltová pojiva modifikovaná pryžovým granulátem. Směs BBTM NH se používá pouze jako obrusná vrstva. Uvažuje se, že tato směs je pokládána pouze na ložní vrstvu ACL 22 (S a +) nebo ACL 16 (S a +). V případě výměny BBTM NH lze tuto vrstvu položit pouze na vyfrézovanou vrstvu, kde předtím byla také vrstva BBTM NH, která byla celá odfrézována, a kde je známa ložní vrstva. BBTM NH se pokládá ve dvou variantách. BBTM 5 NH se pokládá v tloušťce 20-35 mm. Druhá varianta je BBTM 8 NH, která má tloušťku 25-40 mm. Výroba směsí BBTM NH probíhá na obalovně stejně jako u ostatních asfaltových směsí. Směs BBTM NH je dopravována na stavbu sklápěčem se speciální korbou (termoizolační korba). Tím je asfaltová směs chráněna před ztrátou teploty. Po dopravení asfaltové směsi je směs pokládána běžným asfaltovým finišerem. Při rozprostírání se používají homogenizéry, aby bylo docíleno maximální homogenity. Je nutné, aby směs byla pokládána strojně a v co nejvíce možné míře se zabránilo ručnímu dohazování. Pro hutnění je nutné použít minimálně dva válce. Asfaltová směs se nesmí hutnit s vibrací v hlavní a závěrečné fázi. [45]

6.3.5 Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti (VMT)

Směs VMT je určena pro podkladní (horní a spodní) a ložní vrstvy. Využívá se u komunikací, kde se předpokládá velké dopravní zatížení. Použití VMT má za cíl snížit tloušťku skladby asfaltové vozovky, snížit vznik nadměrných trvalých deformací (předpoklad snížení vyjetých kolejí) a zvýšit životnost skladby vozovky. VMT se vyznačuje velkým modulem tuhosti a zvýšenou odolností proti únavě a působení vody. VMT je zpracováno na obalovně za horka, vyznačuje se nižší mezerovitostí a vyšším obsahem použitých tvrdších asfaltových pojiv (případně lze využít ztužující přísady). Asfaltovou směs lze pokládat na veškeré druhy podkladů, pokud splní podmínky požadované míry zhutnění a mezerovitosti.

U ložních vrstev se pracuje s tl. 50 - 80 mm, pokud je použito kamenivo 0/16 mm nebo 60 - 100 mm v případě kameniva 0/22 mm. U podkladních vrstev je u kameniva 0/22 mm dovoleno od 60 mm až do 120 mm. Do směsi se používá pouze drcené kamenivo. Jako asfaltové pojivo lze využít silniční asfalt (20/30, 30/45), modifikované asfalty (PMB 10/40-60,-65 a PMB 25/55-60,-65), modifikované asfalty nízkoteplotní (PMB 10/40-65 NT, PMB 25/55-60 NT, -65 NT²²) multigrádové silniční asfalty (MG 20/30 nebo MG 35/50) či tvrdé silniční asfalty (TSA 15/25). Do VMT lze využít i R-materiál. U R-materiálu je nutné zjistit čáru zrnitosti, obsah a vlastnosti asfaltu. Do podkladní vrstvy lze přidat 40 % R-materiálu a do ložní 25 %. Pokud se do směsi přidá R-materiál >15 %, musí se do asfaltové směsi přidat vhodné oživovací přísady či pojivo vyšší třídy.

VMT se vyrábí na obalovně a jedná se o horkou směs. Směs je na stavbu dopravována pomocí sklápěče s termoizolační korbou a vzdálenost by měla být překonatelná do max. 90 minut jízdy. Na malých plochách lze pokládat ručně, ovšem běžně se vrstva VMT pokládá pomocí finišerů. U dálnic je vhodné, aby se vrstva VMT pokládala na celou šíři.



Obrázek 25: Položená první vrstva VMT v předpolí mostu na dálnici (vlastní foto)

6.4 Výroba asfaltových směsí

Asfaltové směsi se vyrábějí v mobilních nebo stacionárních obalovnách. Hlavním účelem obalovny je míchání kameniva a asfaltového pojiva za vysoké teploty, čímž vzniká asfaltová směs, která je následně použita pro realizaci asfaltové vozovky na komunikacích. Další složkou mohou být různé přísady, které se přidávají do asfaltové směsi na obalovně při výrobě. [51]

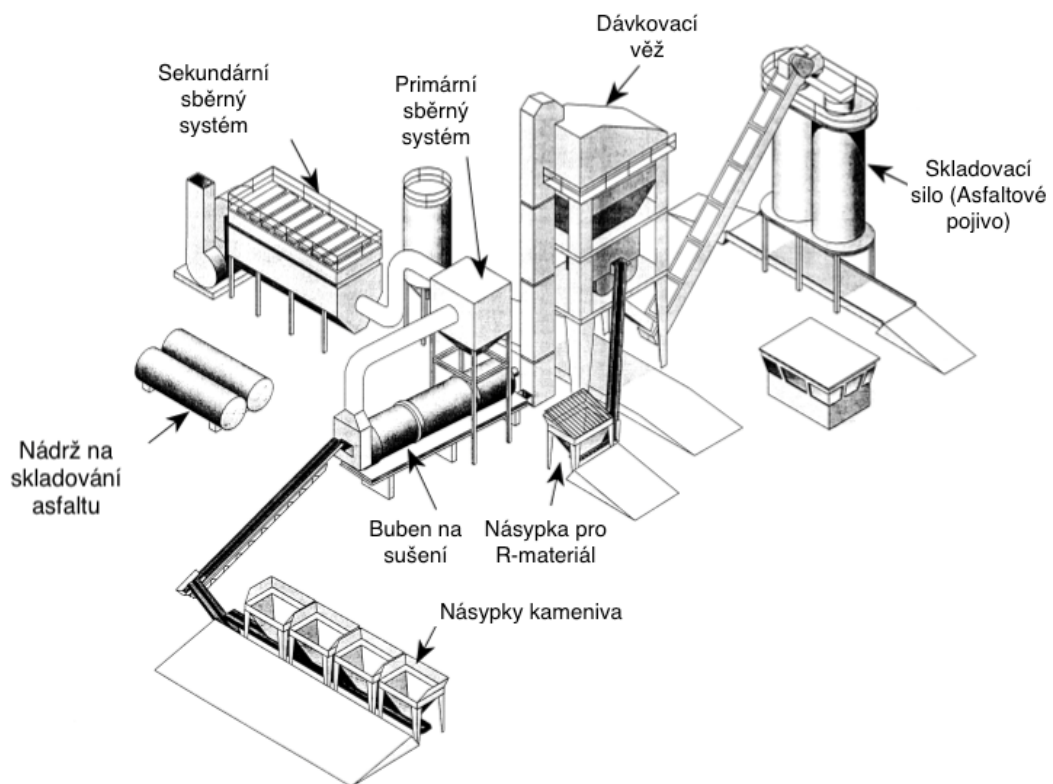
²² NT – užití nízkoteplotní asfaltové směsi. Směsi jsou vyráběny při teplotě 100 °C s použitím přísad, které ovlivňují viskozitu asfaltového pojiva. [50]

V České republice se používají obalovny stacionární (kontinuální a šaržové) a mobilní. Nejrozšířenější jsou šaržové obalovny, které vynikají oproti kontinuálním tím, že mohou měnit recepturu. [29]

Ve světě se používá šaržová, drum-mix (paralelně proudící a protiproudá). Všechny obalovny vyrábějí asfaltové směsi a výsledek směsí by měl být ze všech obaloven v podstatě stejný (v závislosti na použitých vstupních materiálech). Obalovny se liší svým provozem a následně i tokem materiálu.

6.4.1 Šaržová obalovna²³

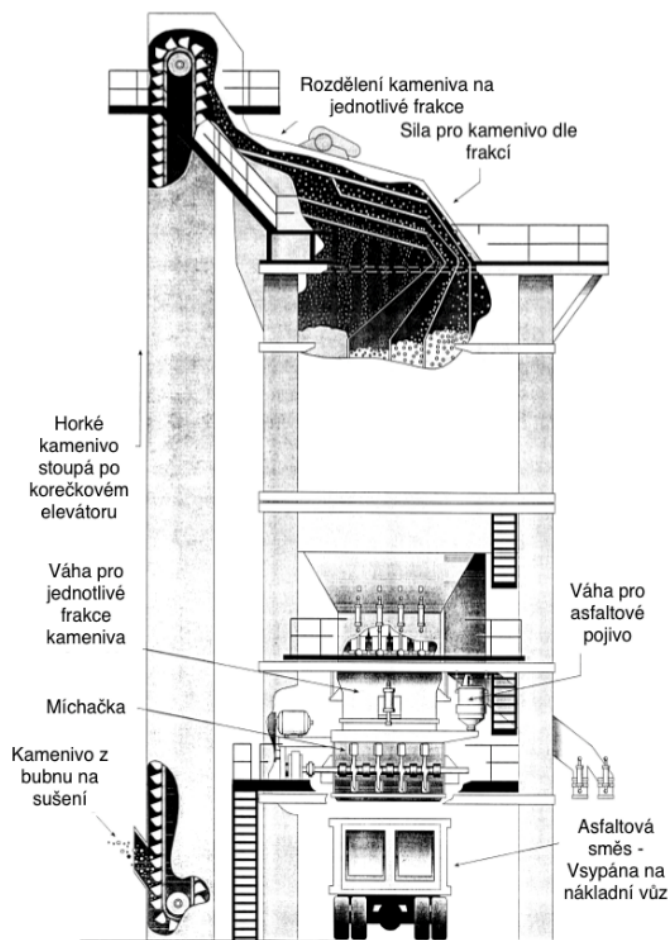
Jedná se o nejvyužívanější obalovnu pro výrobu asfaltových směsí. Obalovna se skládá z násypky pro jednotlivé frakce kameniva, bubnu pro sušení kameniva, dávkovací věže a ze sběrného systému. [51]



Obrázek 26: Šaržová obalovna (vlastní překlad) [51, 52]

Samotná dávkovací věž se skládá z korečkového elevátoru, z jednotlivých sil pro rozdělení kameniva na jednotlivé frakce, váhy pro asfaltové pojivo a pro frakce kameniva a z míchačky, kde dochází k promíchání jednotlivých směsí. Následně je směs ukládána do skladovacího sila nebo může být ihned vsypána na dopravní prostředek. [51, 52]

²³ V kap. 7.2.2. *Obalovny* je zmíněn postup při výrobě asfaltové směsi za použití R-materiálu.



Obrázek 27: Dávkovací věž (vlastní překlad) [51, 52]

Kamenivo při výrobě je umístěno v silech u obalovny. Během výroby je kamenivo odebráno z okolních sil a je vloženo do násypky. Kamenivo je následně pomocí pásového dopravníku dopraveno do sušícího bubnu, kde dojde k ohřátí kameniva na cca 190 °C. Kamenivo vstupuje do horní části sušícího bubnu a následně pomocí otáčení a rotace postupuje bubnem. Hořák pro ohřev kameniva je umístěn v dolní části bubnu. Výfukové plyny, které při procesu vznikají, postupují proti toku kameniva směrem nahoru. Kamenivo se prostupem výfukových plynů zahřívá a zároveň i suší. Vlhkost je společně s plynem odváděna. Horké a suché kamenivo opouští dolní část bubnu a vstupuje do dávkovací věže, přesněji do korečkového elevátoru. Poté, co je kamenivo dopraveno do horní části věže, je kamenivo následně přetříděno a umístěno do zásobníků na frakce. Počet zásobníků je v závislosti na typu obalovny. Horké a vysušené kamenivo (hrubé, drobné frakce a jemné částice) je umístěno v horkých silech, dokud není vysypáno na vážící část dávkovací směsi v závislosti na druhu výroby asfaltové směsi. Podíl jednotlivých frakcí je určen hmotností. V souběhu s tímto procesem je čerpáno a dopravováno i asfaltové pojivo, které se v dávkovací věži taktéž váží a do směsi se dávkuje v množství dle hmotnosti. Jednotlivé komponenty jsou následně vsypány do míchačky a dochází k míchání asfaltové směsi. Nejdříve nastává tzv. *suché míchání*, kdy dojde ke vsypání kameniva do míchačky. Následuje rychlé promíchání jednotlivých frakcí (5 vteřin), do míchačky je přidáno i asfaltové pojivo a nastává tzv. *mokrý míchání*. Tento proces trvá 25-35 vteřin. Během této doby dojde k promíchání asfaltového pojiva s jednotlivými frakcemi kameniva. Obvykle se míchá směs o hmotnosti 2 - 6 tun.

Po dokončení je otevřena spodní část míchačky a směs padá do vozíku, následně je dopravována do skladovacího sila, odkud je vsypávána do dopravních prostředků. Druhou možností je, že z míchačky je směs přímo vsypávána do dopravního prostředku. Obalovna disponuje taktéž primárním a sekundárním sběrným systémem. Úkolem tohoto systému je vyčistit výfukové plyny, které vznikají v sušícím bubnu. Vyčištěný vzduch je následně vpuštěn do atmosféry. [51, 52]

6.4.2 Mobilní obalovny

Mobilní obalovny jsou namontovány na podvozku nákladních automobilů, a to z důvodu vhodnějšího přesunu. Tento typ obaloven je vhodný při realizaci menších či středních staveb komunikací. Jedná se převážně o kontinuální obalovny, které jsou ovšem mobilní. Výhodou těchto obaloven je jejich snadné přemístění, a tím i teoretické snížení množství dopravy. Doprava může ovšem narůst při návozu základních surovin při výrobě asfaltové směsi. Další výhodou může být využití obaloven v hůře dostupných oblastech. Mobilní obalovnou získává zhotovitel i určitou flexibilitu při realizaci díla, a tím může dosáhnout i vhodnějšího postupu výstavby. Obalovna sice vyžaduje dočasný zábor pro její rozložení a fungování, ale tento typ obalovny bývá variabilní a lze ho umístit i do užších prostorů. [53]



Obrázek 28: Příklad mobilní obalovny [53]

6.5 Pokládka asfaltových směsí

Pro pokládku asfaltové směsi se nejčastěji využívá asfaltový finišer. Finišery jsou v dnešní době již vybaveny buď automatickým nivelačním zařízením, kam se před realizací nahrají požadovaná data. Finišer tak pokládá velmi přesně. Další možností je klouzající lišta. Ta se řídí od vytvořené lankodráhy, kterou musí před realizací připravit geodet na stavbě.



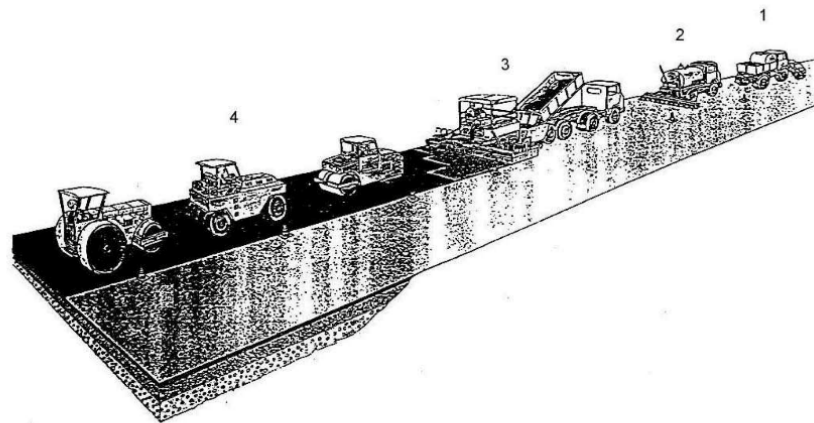
Obrázek 29: Pokládka hutněné asfaltové směsi (vlastní foto)

Před zahájením prací je nutné projít podklad, který musí být vyčištěný a únosný. Únosnost se na pláních či na vrstvách ŠD nebo MZK zkouší pomocí statické zkoušky. Čistota se před pokládkou kontroluje vizuálně. Pokud je nová asfaltová směs pokládána na původní vrstvu, je třeba zkontrolovat případné trhliny a výtlučky. Ty je nutné před zahájením prací opravit.

Před zahájením prací je rovněž nutné zkontrolovat spodní, tedy předchozí vrstvu, na kterou se bude pokládat. Zde se měří příčná a podélná nerovnost pomocí latě (čtyřmetrové latě pro podélnou a dvou- nebo čtyřmetrové latě pro příčnou nerovnost). Požadavky na podkladní vrstvy jsou stanoveny v příslušných normách, podle kterých byla daná vrstva realizována. [45] Pokládka se neprovádí za mokra a za mrazu. Na předchozí vrstvu se většinou klade spojovací postřik, který je prováděn v samostatném technologickém kroku. Nejčastěji se pokládka směsi provádí asfaltovým finišerem. Další možností je využití ruční pokládky nebo grejdr. Ten se využívá u větších ploch, ovšem pouze u podkladních vrstev. Pro dálnice se u nás využívá zásadně finišer a lokálně lze směs dohodit ručně. [29]

Při pokládce je nutné zajistit dobrou komunikaci mezi obalovnou a četou pokládky, aby nedošlo k nedostatku materiálu na stavbě, nebo aby naopak materiál nestál na stavbě příliš dlouho a nemusel se následně vyhazovat. Směs musí být při dopravení na staveniště kontrolována. Kontroluje se teplota a vzhled. Pokud je směs nevyhovující, musí se dopravit zpět na obalovnu nebo na deponii. Tuto směs již nelze použít do asfaltové vrstvy. Po položení směsi dochází ke kontrole, zda je směs bez segregace a zda je stejnorodá. Při pokládce je třeba pamatovat, že následuje hutnění asfaltové směsi. Proto je třeba pokládat o cca 10 - 30 % tlustší vrstvu, která je následně pomocí válců snížena na požadovanou tloušťku. [29, 54]

Pokládka směsi se skládá z následující strojní sestavy: čistící stroj, který povrch předčistí a umyje. Následně projíždí distributor asfaltové emulze, který pokládá spojovací postřík. Po jeho zaschnutí dojde na řadu pokládka asfaltové směsi. Ta se skládá z asfaltového finišeru, homogenizéru, dopravních prostředků a hutnících válců. [29]



- 1 *zametací stroj,*
- 2 *distributor asfaltové emulze - postřík stávajícího povrchu,*
- 3 *finišer s nákladním autem,*
- 4 *hutnící válce.*

Obrázek 30: Strojní sestava pro pokládku asfaltové směsi [29]

6.6 Hutnění asfaltových směsí

Hutnění se provádí ve třech fázích a nejčastěji se pro hutnění používají tandemové válce s ocelovými běhouny, nebo válce pneumatikové. Tandemové válce je možné využít pro všechny fáze. Pneumatikové válce mohou být využity pro fázi 1 a 2. Tři fáze se využívají, pokud je směs již částečně předhutněna asfaltovým finišerem.

Fáze 1: Jedná se o počáteční fázi hutnění, kdy je pomocí intenzivního stlačení rozprostřena asfaltová směs za stálé vysoké teploty. Hutnění je prováděno do vzdálenosti 50 m za finišerem. V případě vibračních tandemových válců se používají dva pojezdy s vibrací a dva bez vibrace.

Fáze 2: Druhá fáze probíhá 50 - 150 m za finišerem. Pro tuto fázi se využívá 4 - 8 pojezdů válce a jedná se o hlavní fázi hutnění asfaltových směsí. Cílem je dosažení požadované míry zhutnění, které je předepsáno.

Fáze 3: V poslední, třetí fázi by již nemělo docházet k dalšímu výraznému zhutnění. V této fázi je z povrchu odstraněna případná nerovnost. Teplota asfaltové směsi by se měla pohybovat kolem 80 °C.

Pokud je směs dostatečně předhutněna asfaltovým finišerem, lze jednotlivé fáze hutnění sloučit. Sloučení jednotlivých fází lze provést pouze v případě, že budou splněny požadavky na rovinnost povrchu nebo příčný sklon. Minimálně musí být dvě fáze. Při realizaci by měla mít realizační firma minimálně jeden válec jako rezervu. S hutněním je třeba začít co nejdříve. Volné okraje se hutní až na konec a je zakázáno, aby válec zůstal stát na čerstvé směsi. [29]

Míra zhutnění: Výsledek je vyjádřen v procentech. Hodnota je získána jako poměr mezi objemovou hmotností vzorku odebraného z realizované části pomocí jádrového vrtu, který je vztažen na laboratorní objemovou hmotnost stejné směsi. [55]

| Vrstva | Typ kritické oblasti | Průměrná hodnota | | Mezní hodnota | |
|-----------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | | Míra zhutnění ¹⁾ (%) | Mezerovitost vrstvy (% obj.) | Míra zhutnění ¹⁾ (%) | Mezerovitost vrstvy (% obj.) |
| Obrusná | a), b) | Min. 97 | max. 7 | min. 96 | max. 8 |
| | c), d) | Min. 96 | max. 8 | min. 95 | max. 9 |
| Ložní | a), b) | Min. 96 | max. 8 | min. 95 | max. 9 |
| | c), d) | Min. 95 | max. 9 | min. 94 | max. 10 |
| Podkladní | a), b) | Min. 96 | max. 11 | min. 95 | max. 12 |
| | c), d) | Min. 95 | max. 12 | min. 94 | max. 13 |

1) V případě srovnávací objemové hmotnosti zjištěné na přeformovaných tělesech je přípustná míra zhutnění o 1% nižší.

Obrázek 31: Požadavky na míru zhutnění v kritických místech [56]

Technické kvalitativní podmínky - kapitola 7 – Hutněné asfaltové vrstvy uvádí následující definici pro míru hutnění v kritických oblastech:

Kritickými oblastmi se pro účely této přílohy rozumí plocha konstrukce do vzdálenosti 0,30 m od míst uvedených dále pod písm. a) až c), resp. 0,50 m od míst uvedených pod písm. d):

a) příčné a podélné studené spáry v místě napojení hutněné asfaltové vrstvy na hutněnou asfaltovou vrstvu nebo i hutněné asfaltové vrstvy na jiný druh zpevněného povrchu nebo mostního závěru,

b) podélné pracovní spáry prováděné za tepla,

c) příčné a podélné spáry v místě styku hutněné asfaltové vrstvy s obrubníky, dlážděnými dvojřádky, uličními vpustěmi, kanalizačními poklopy a uzávěry inženýrských sítí apod.,

d) volné okraje hutněných asfaltových vrstev (od nezpevněné krajnice). [56]

7 Recyklace asfaltových vozovek

Technologie recyklace asfaltových vozovek je prováděna s využitím tzv. R-materiálu. Tento materiál získáváme ze starých vozovek nebo z nespoteřované směsi při realizaci

vozovky. Jelikož stavba je živý organismus a může zde docházet během výstavby k řadě problémů, existuje i riziko, že asfaltová směs na návěsu nebude zpracována a bude muset být odvezena zpět na obalovnu.²⁴ V tomto případě lze i tuto směs použít jako R-materiál. Z původní komunikace se asfaltová směs získává pomocí silničních asfaltových fréz (odfrézovaný materiál) nebo pomocí asfaltových vybouraných „ker“ (kusy asfaltu), které vznikají demolicí asfaltové vozovky rypadlem s hydraulickým kladivem. Znovuzískanou asfaltovou směs lze získat z původní obrusné, ložní nebo podkladní vrstvy vozovek a následně z ní získat přetříděním a předrcením za dodržení pravidel uvedených v ČSN 73 6141 R-materiál. Tento materiál se musí posoudit, odzkoušet a poté se může využít do dalších asfaltových směsí. [57, 58]

| R-materiál získaný z: | Použití do nově vyráběných směsí pro: | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|
| | Litý asfalt | Asfaltová obrusná vrstva | Asfaltová ložní vrstva | Asfaltová podkladní vrstva |
| Litého asfaltu | ANO | NE | NE | NE |
| Asfaltové obrusné vrstvy ^a | ANO | ANO | ANO | ANO |
| Asfaltové obrusné a ložní vrstvy | ANO | NE ^{b,c} | ANO | ANO |
| Asfaltové obrusné a ložní vrstvy s modifikovaným pojivem | ANO | ANO ^c | ANO | ANO |
| Asfaltové ložní vrstvy ^a | NE | NE ^b | ANO | ANO |
| Asfaltové podkladní vrstvy ^a | NE | NE | NE ^b | ANO |
| Asfaltové obrusné, ložní a podkladní vrstvy – neselektivní frézování | NE | NE | NE ^b | ANO |

^a Jedná se o materiál selektivně vyfrézovaný a po přetřídění a předrcení skladovaný vždy jako samostatný R-materiál podle článků 8.1 a 8.4.

^b Platí při použití směsí pro komunikace kategorie D a silnice I. třídy. V ostatních případech platí „ANO“ s případným dalším zohledněním poznámky „c“.

^c Varianta „ANO“ platí pouze v případě dávkování R-materiálu v množství do 30 % včetně.

Obrázek 32: Použití R-materiálu do asfaltových směsí [59]

Nově uvažovaná asfaltová směs s R-materiálem, která bude zabudována do stavby, musí mít novou zkoušku typu.²⁵ Ve zkoušce typu je následně uvedeno množství jednotlivých surovin vč. R-materiálu. [57, 59]

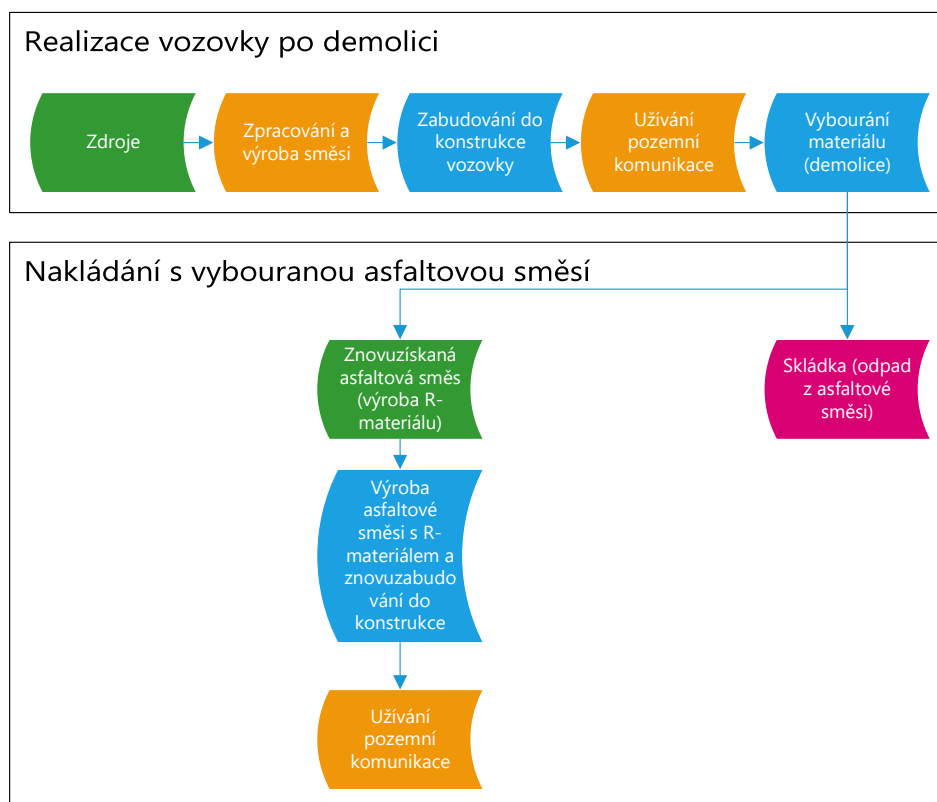
7.1 Zařazení znovuzískaných asfaltových směsí

Znovuzískanou asfaltovou směs (ZAS) je před zabudováním třeba zatřídit. Tato směs může být totiž klasifikována nejen jako stavební odpad, ale i jako vedlejší produkt, se kterým se dá následně pracovat. Tento problém řeší vyhláška 130/2019 Sb. *Vyhláška o kritériích, při*

²⁴ Na stavbě může dojít k potížím s pokládkou (např. poškozený asfaltový finišer) nebo může dojít ke zpoždění dopravy. Asfalt lze použít pouze po určitou dobu, následně musí být směs vrácena zpět na obalovnu a nelze jí znovu využít.

²⁵ „2.7.2 počáteční zkouška typu ITT zkouška (zkoušky) provedené na výrobku před zahájením běžné výroby jako důkaz, že výrobek je ve shodě s odpovídajícími požadavky normy“ - tak je zkouška typu citována v ČSN EN ISO 9229 – Tepelné izolace – Terminologie [61]

jejichž splnění je asfaltová směs vedlejším produktem nebo přestává být odpadem. Tato vyhláška vešla v platnost až v roce 2019. Ministerstvo životního prostředí ji vydalo na základě podnětu stavebních firem. Stavební společnosti měly do té doby problém s ukládáním asfaltových ker nebo vyfrézovaného materiálu, kdy na ukládání zmíněného materiálu začaly chodit stížnosti. Do roku 2019 platila pouze vyhláška 294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Vybouraný materiál ovšem nedokázal splnit limitní koncentrace škodlivin v sušině a byl problém s jeho ukládáním na povrchu terénu. Proto vznikla nová vyhláška, která rozděluje asfaltové směsi do čtyř skupin. [60]



Obrázek 33: Opětovné využití asfaltové směsi (vlastní úprava) [62]

ZAS přestává být odpadem, pokud směs není znečištěna jinými látkami. Cizorodé látky je třeba následně definovat a zaznamenat. Následně je třeba vyhodnotit jejich význam pro výrobu asfaltové směsi. Pokud je směs zasažena cizorodými látkami, které ovlivňují její vlastnosti, jedná se o odpad a se směsí je tak nakládáno. Směs přestává být dále odpadem, pokud známe její další účel využití. Rozdělení ZAS na jednotlivé kategorie se provádí dle vzorkování a zkoušení. Pokud není toto vzorkování provedeno, bere se automaticky nejhorší třída, tedy ZAS-T4. Jelikož je asfaltová vozovka tvořena z více vrstev asfaltové směsi (obrusná, ložná a podkladní vrstva), tak je třeba provést rozbor všech vrstev asfaltové směsi. Následně se rozhoduje o postupu znovuzískávání asfaltové směsi. Pokud mají vrstvy odlišné hodnoty, je vhodné je např. frézovat zvlášť. Pokud budou frézovány společně, je směs automaticky hodnocena dle hodnot nejhorší vrstvy. Třídění

ZAS na T1-T4 je dle obsahu sumy 16 vybraných PAU (polyaromatický uhlovodík)²⁶, které mají karcinogenní, mutagenní nebo persistentní účinek. [59, 62]

| Celkové obsahy parametru | Jednotka | Kvalitativní třída | | | |
|--|------------|--------------------|------------|-------------|--------|
| | | ZAS-T1 | ZAS-T2 | ZAS-T3 | ZAS-T4 |
| Celkové množství polyaromatických uhlovodíků (PAU) | mg/kg suš. | ≤12 | 12 < x ≤25 | 25 < x ≤300 | >300 |

Obrázek 34: Třídění ZAS do skupin dle hodnoty sumy 16 PAU [62]

ZAS-T1 a ZAS-T2: Pokud asfaltovou směs frézujeme silniční frézou, můžeme ji zařadit do této skupiny. Asfaltové kry, které vzniknou během demolice, jsou taktéž zařazeny do této skupiny, pokud je zajištěno jejich předání obalovně. Materiály zařazené do této skupiny se musí použít na specifikované účely – např. recyklace na místě nebo výroba asfaltové směsi za horka.

ZAS-T3 a ZAS-T4: Za dodržení podmínek v *TP 150 - Údržba a opravy vozovek pozemních komunikací obsahujících dehtová pojiva* lze tento materiál použít při studené recyklaci na místě. [62]

7.2 Recyklace asfaltové vozovky za horka na obalovně

Recyklace asfaltové vozovky, resp. znovuzískané asfaltové směsi na obalovně, je v České republice používanější varianta. Materiál se ze stavby odveze na mezideponii nebo přímo na obalovnu. Zde je ZAS buď uskladněn, nebo může být ihned zpracován.

7.2.1 Znovuzískání asfaltové směsi



Obrázek 36: Buben silniční asfaltové frézy (vlastní foto)

V současnosti se využívají silniční asfaltové frézy, které dokážou znovuzískanou asfaltovou směs již vyfrézovat na přibližně požadovanou

frakci. Výhodou silniční frézy je lepší provádění odbourání na požadovanou tloušťku. Silniční frézy se dále využívají i pro případné zdrsnění povrchu asfaltové vozovky. Frézování probíhá pomocí bubnu, který asfaltovou směs „rozemele“ na malé části. Pomocí pásového dopravníku je následně asfaltová směs



Obrázek 35: Silniční asfaltová fréza (vlastní foto)

²⁶ PAU jsou látky, které jsou tvořeny uhlíkem a vodíkem, a to ve formě benzenových jader. Polutanty mají negativní vliv na člověka a další živé organismy. Výpary polutantů mají dráždivý účinek na oči, dále byl prokázán vliv na ledviny a mají i vliv na snížení plodnosti. [63]

přesunuta na dopravní prostředek, odkud je směs dopravována na obalovnu nebo na mezideponii. [64]

Další metodou znovuzískání asfaltové směsi je demolice rypadlem pomocí hydraulického kladiva. Během tohoto technologického postupu vznikají tzv. asfaltové kry, které je nutné následně ještě předrtit a přetřít. Kromě rypadla s bouracím kladivem je zde nutné mít ještě druhé rypadlo, které bude tyto kry nakládat.



Obrázek 37: Demolice asfaltové vozovky pomocí bouracího kladiva [65]

7.2.2 Obalovny

R-materiál vytvoříme ze znovuzískané asfaltové směsi pomocí rozpojování a drcení na frakce, které jsou využívány při výrobě nové asfaltové směsi. R-materiál musí splňovat jedno ze zařazení (ZAST1 až ZAST3). Drcení probíhá v drtičkách nebo granulátorech, které jsou konturovány tak, aby nedocházelo k velkému zvyšování podílu filerů. Po rozpojení a drcení je následně R-materiál dopravován na skladování. Skladování se provádí po jednotlivých frakcích a musí být využívána zastřešená skládka s pevným podkladem, aby nedocházelo k pronikání vlhkosti.

Před použitím R-materiálu do nové asfaltové směsi je třeba dodržet jeho homogenizaci. R-materiál je odebrán strojním zařízením z různých míst a je přesouván na nově vytvořenou hromadu, aby byla zajištěna kvalita nové směsi. [59]

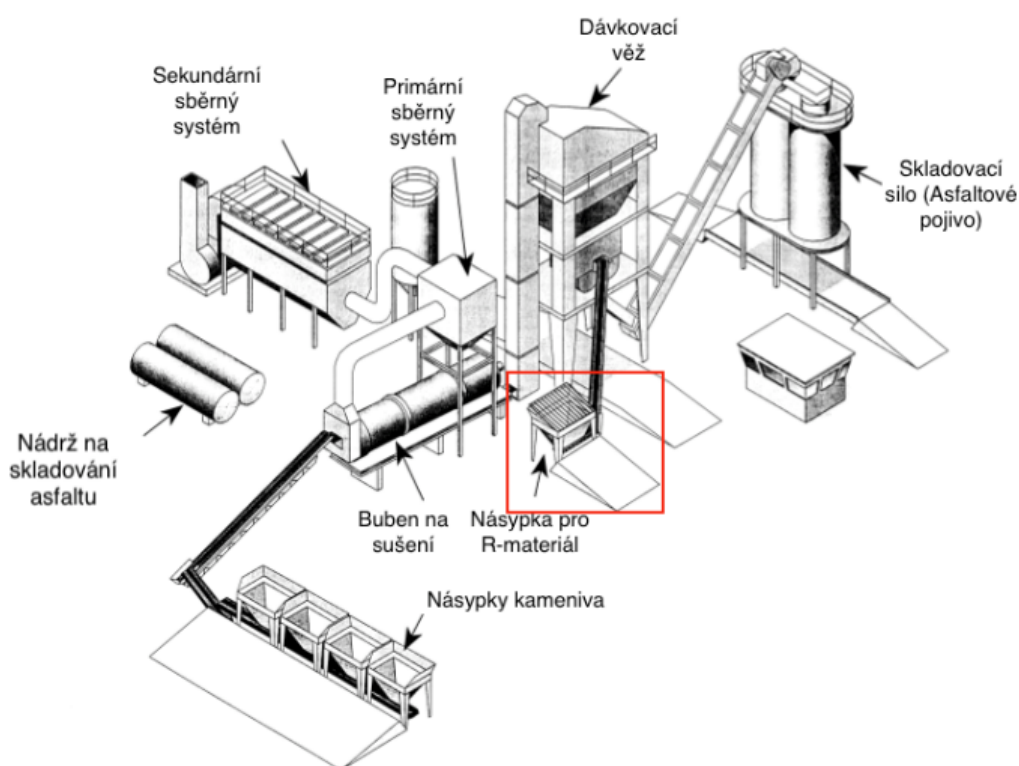
A) Dávkování přímo do míchačky šaržové obalovny:

V České republice se jedná o typický způsob zpracování R-materiálu do nové asfaltové směsi. Materiál je dopraven přímo do míchačky v šaržové obalovně. V tomto případě se předeřívá přidávané přírodní kamenivo, které je předeříváno na vyšší teplotu, než je teplota míchání. Může zde hrozit komplikace, kdy je vlhký R-materiál v kontaktu s předeříváním kamenivem, čímž následně může vznikat hodně vodní páry a je nutné tuto páru odvádět. [66]

R-materiál je v této metodě dávkován do dávkovací věže v nepředeříváném stavu. Studená cesta výroby asfaltové směsi s použitím R-materiálu povoluje přidání pouze 20 % tohoto materiálu do podkladní a ložní vrstvy (do obrusné vrstvy pouze 10 %). Omezení je dáno normově a technicky, protože přírodní kamenivo, které je dávkováno těž, by muselo být předeříváno na vyšší teplotu (předeřívání závisí na množství R-materiálu, vlhkosti a jeho teplotě), což by mohlo způsobit teplotní šok a degradaci asfaltového pojiva. Pokud je

použita metoda B, kdy je R-materiál předeříván, lze použít až 40 % do podkladní a 25 % do ložní. Příslušné normy neuvádí v tomto případě použití R-materiálu do obrusné vrstvy. [44, 45]

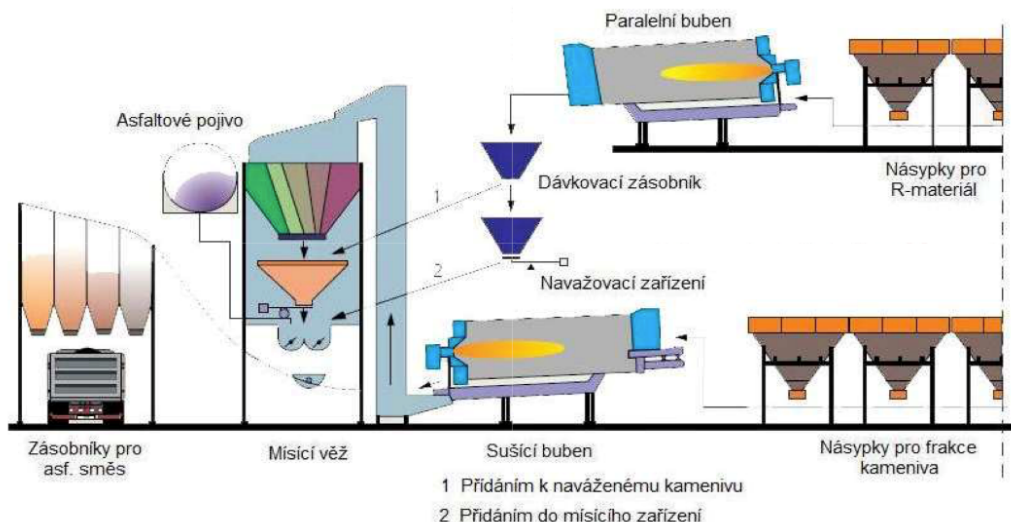
V kapitole 6.4.1 *Šaržová obalovna* je popsán postup výroby asphaltové směsi. Směs s R-materiálem se vyrábí na stejném principu. Postup je stejný do té doby, než dojde k suchému promíchání. V souběhu s kamenivem je do směsi přidán i R-materiál. Ten je dávkován taktéž v určitém množství, dle dané směsi a následného uložení do vozovky (zda se jedná o obrus, podklad či ložní vrstvu). Po promíchání frakcí kameniva je do míchačky přidáno asphaltové pojivo. Poté, co je směs hotová, je vsypána do vozíku, který ji následně převezde do skladovacího sila nebo je směs přímo vsypána do dopravního prostředku. [51, 52]



Obrázek 38: Dávkování přímo do míchačky šaržové obalovny („studená cesta“) [51, 52]

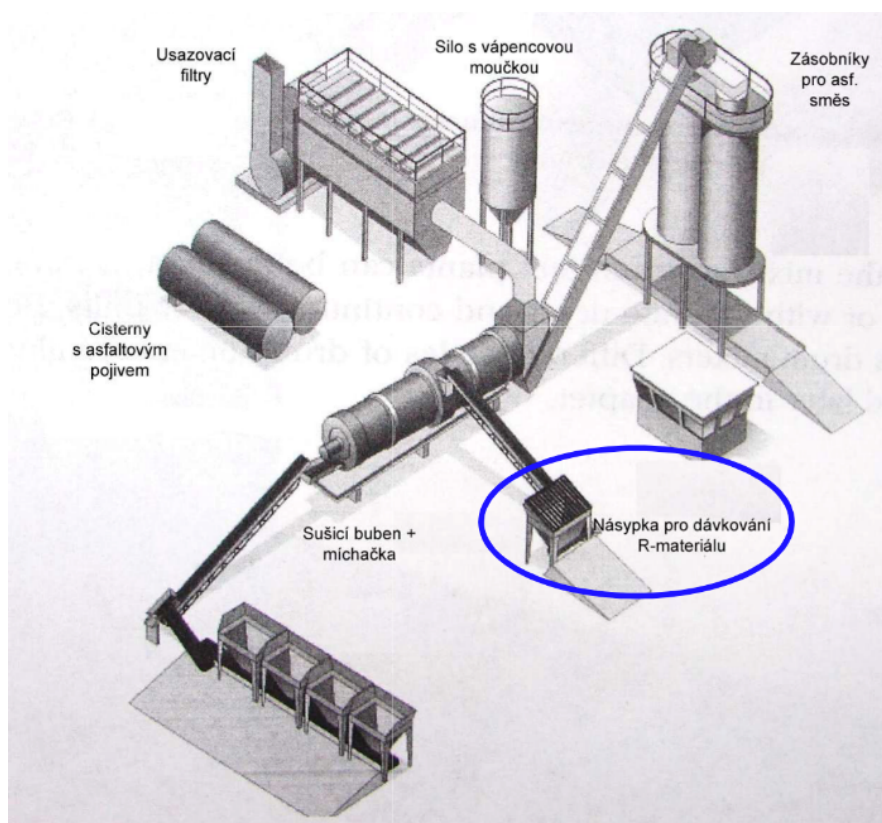
B) Předeřívání R-materiálu v paralelním bubnu šaržové obalovny:

Oproti metodě A), kdy R-materiál vstupoval do procesu v neohříváné formě, zde dochází k předeřátí R-materiálu. R-materiál je přidán do násepky, kde je ohříván pomocí paralelního bubnu. Do R-materiálu je přidána rejuvenační přísada nebo se při výrobě aplikuje měkký asphaltové pojivo, aby došlo při kontaktu se zestárým R-materiálem k jeho oživení, a tím dodržení základních parametrů. Ke smíchání R-materiálu a přírodního kameniva dochází v míchačce, kam se následně přidává pojivo a další přísady, čímž vznikne nová asphaltová směs. [59, 67]



Obrázek 39: Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu šaržové obalovny [66]

C) Metoda Drum-mix: Metoda, která je velmi rozšířena v USA, kdy je využita kontinuální obalovna. Principem této metody je průběžné dávkování surovin do sušícího a ohřívánoho bubnu, který je následně míchán s kamenivem a asfaltovým pojivem. R-materiál se přidává do směsi nejčastěji souběžně s proudem teplého vzduchu. [66]

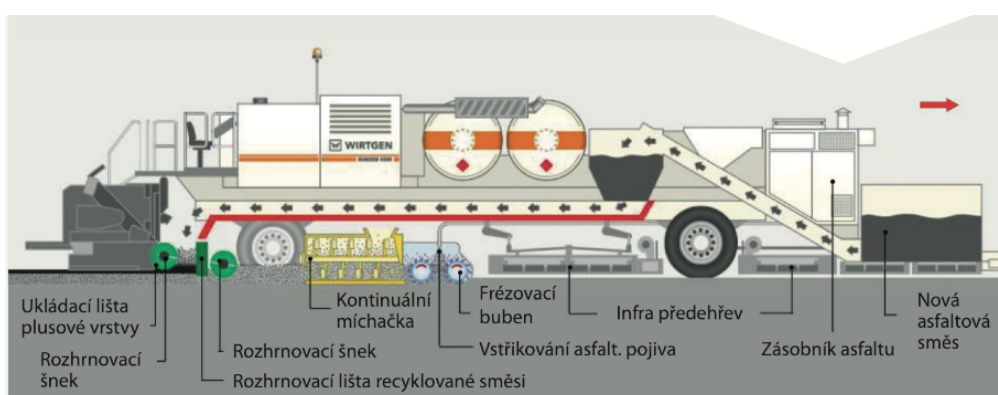


Obrázek 40: Metoda Drum-mix [66]

Technologie pokládky asfaltových směsí a jejich hutnění je popsána v kapitole 6 – *Asfaltové vozovky*. Asfaltová směs s R-materiálem se následně již zpracovává dle stejného technologického postupu.

7.3 Recyklace asfaltové vozovky za horka na místě

Recyklace asfaltových vrstev za horka na místě je technologie, které u nás není tak často využívána. Je to z důvodu neznalosti této technologie a následně i z důvodu omezené strojní techniky u nás. Znalostí této technologie u nás disponuje několik stavebních společností (např. SAT, FREKOMOS s.r.o.). Jedná se o nízkoodpadovou technologii, kdy dochází ke snížení spotřeby jak vstupních surovin, tak následně generování odpadů. Tato technologie se využívá u obrusných, ložních a podkladních vrstev. Obnova původní vozovky spočívá v jejím nahřátí, které je provedeno pomocí infrazářičů. Následně pomocí frézovacího bubnu dojde k rozrušení původní asfaltové směsi na požadovanou výšku. Rozrušená asfaltová směs je následně promíchána s přídatnými materiály (např. asfaltové pojivo) a znovu položena a předhutněna. Za remixérem se pohybují dva tandemové válce, které směs dohutní na požadované vlastnosti, tedy požadovanou míru zhutnění. [68, 69, 70]

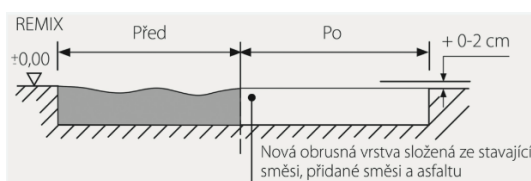


Obrázek 41: Strojní zařízení pro metodu Remix Plus [69]

Remix:

Metoda remix přerovnáva původní vrstvu asfaltové směsi a zlepšuje její vlastnosti. Původní vrstva, která již nevykazuje potřebné parametry, je zlepšena přidáním potřebných komponentů. Před zahájením každé metody recyklace na místě je nutné provést zkoušky původní asfaltové směsi a tuto směs zatřídit dle ZAS-T1 až ZAS-T4. [68, 70]

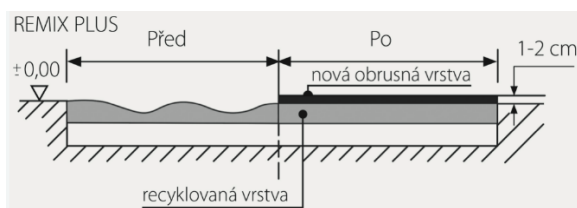
Před zahájením prací se musí provést frézování vodorovného dopravního značení a lokálních vysprávek (technologie studené směsi), které jsou na vozovce. Je tedy nutné projít daný úsek a vytipovat frézovaná místa. Následně se na původní vozovku rozprostře kamenivo (pokud se do nové asfaltové směsi přidává). Původní asfaltová vrstva bude prohřata pomocí nahříváčů. Po ohřátí bude směs pomocí remixéru rozpojena. Do rozpojené asfaltové směsi se přidají potřebné komponenty a směs je znovu pokládána. Jedná se tedy o úpravu původní asfaltové směsi. [68, 69, 70]



Obrázek 42: Recyklace za horka na místě – metoda Remix [69]

Remix plus:

Remix plus je obdobná technologie jako metoda remix, kde ovšem u této metody dochází nejen k jakostnímu zlepšení původní asfaltové směsi, ale na tuto směs je ještě dodatečně v dalším pracovním kroku pokládána nová ohrusná vrstva o tl. 1-2 cm. Pokud objednatel zadá požadavek, že nová vozovka musí mít zachovanou stejnou niveletu, je třeba původní asfaltovou vozovku vyfrézovat na výšku budoucí nové ohrusné vrstvy, tedy o tl. 1-2 cm. Na původní asfaltovou vrstvu se rozprostře kamenivo a následně se směs prohřeje. Pomocí remixéru dojde k rozpojení a promíchání původní směsi o požadované komponenty. Po promíchání je směs pokládána. Na horkou směs se v jednom pracovním záběru pokládá i nová ohrusná vrstva. Pro tuto technologii má remixér (viz obr. 18) ukládací lištu. Jedná se o technologii pokládky horké do horké. [68, 69]



Obrázek 43: Recyklace za horka na místě – metoda Remix Plus [69]

Další technologie jsou – *Reshape* (technologie, při níž dochází k úpravě příčného profilu vozovky. Nedochozí k promísení s novými komponenty, ale pouze k nakypření stávající vrstvy a její znovupoložení), *Repave* (úprava příčného profilu vozovky a přidání nové ohrusné vrstvy).

Recyklace asfaltových vozovek za horka na místě je vhodná při opravě do hloubky až 55 mm. Dále technologie umožňuje přidání potřebných složek, čímž dojde ke zvýšení kvality. Tato technologie by měla být časově méně náročnou variantou než tradiční výměna ohrusné vrstvy pomocí frézování. Dále dojde k menší zátěži životního prostředí (snížení dopravních cest a úspora přírodních zdrojů, využití stávajících surovin na místě). Díky zlepšení kvality dochází i k prodloužení životnosti. [68]

8 Údržba a opravy netuhých vozovek

Opravy na netuhých vozovkách je nutné provádět z důvodu výskytu poruch. Poruchy na netuhé vozovce vznikají kumulací poškození. Poškození je způsobeno souhrnem mechanických, fyzikálních a chemických procesů, které na vozovku působí. Poruchy se mohou vyskytovat např. pouze na ohrusné vrstvě nebo v celé skladbě vozovky. Poruchy se na asfaltové vozovce rozlišují na ztrátu hmoty, trhliny nebo deformaci. [18]

| Vozovka | | Poruchy vrstev vozovky / třídění a druhy poruch / údržba a oprava vozovky | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|---|----------------------|--|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|--------|----------|-------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|--------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------------------|-------------------|--------------|-----------|----|--|------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| povrch vozovky | | povrchu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| vrstvy | obrusná ložní podkladní | asfaltové | obrusné vrstvy krytu | | | | | | | | | | | | | | | asfaltových vrstev | | | | | | | | | | krytu | | | konstrukce vozovky a podloží | | | | | | | | | |
| | podkladní | cementem stmelené nebo nestmelené | | | | | | | | | | | | | | | | SC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ochranná podloží | nestmelené G,S,F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | ztráta hmoty | | | | | | | | | | | | | | | trhliny | | | | | | | | | | deformace | | | | | | | | | | | | |
| Skupina poruch | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| číslo katalogového listu | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | | | | | | | | | | | |
| Název poruchy | | ztráta mikrotextury | ztráta makrotextury | ztráta makrotextury kaverny | opotřebení EKZ, EMK | ztráta kamenná z náletu | ztráta asfaltového tmele | houbková korozí | výtluk | vsprávký | mozaikové trhliny | úzké (podélné, příčné) | široké (podélné, příčné) | reflexní (podélné, příčné) | rozšířené (podélné, příčné) | síťové trhliny | olamování okrajů | puchýře v MA | nepravidelné hrboly | výletě koleje | místní hrboly | podélný hrboľ | místní pokles | podélný pokles | plošná deformace vozovky | prolomení vozovky | jiné poruchy | | | | | | | | | | | | | |
| Výskyt poruch a údržba | | lokální | | běžná údržba | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | souvislé | | oprava (výměna obrusné vrstvy, krytu, zesílení, recyklace krytu nebo podkladu, rekonstrukce) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Obrázek 44: Schématické znázornění vrstev, poruch a jejich údržby a opravy [18]

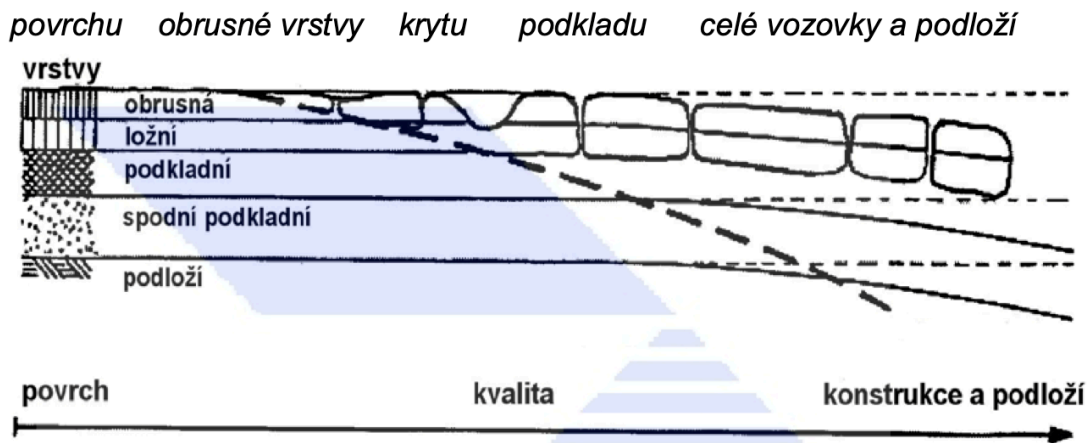
8.1 Poruchy netuhých vozovek

Na každé vozovce je třeba provést kontrolu jejího technického stavu. Zjišťuje se podélná a příčná nerovnost či protismykové vlastnosti. Tyto vlastnosti ovlivňují následně bezpečnost jízdy na vozovce, rychlost a plynulost dopravy či tvorbu další deformace konstrukce. Na základě špatného stavu vozovky může docházet k dopravním nehodám či ke zvýšení nákladů na provoz, které mohou vyvrcholit až opravou. To vše je spojeno se zvýšenými finančními náklady na dané vozovce.

Provádí se rovněž kontrola pravidelného technického stavu vozovky, na jehož základě dochází k vytvoření podkladu pro budoucí údržbu. Tím se zjistí technický stav vozovky a současně dojde při této kontrole ke zjištění poruchy. Na základě zjištění poruchy se vypracuje plán opravy a porucha se odstraní.

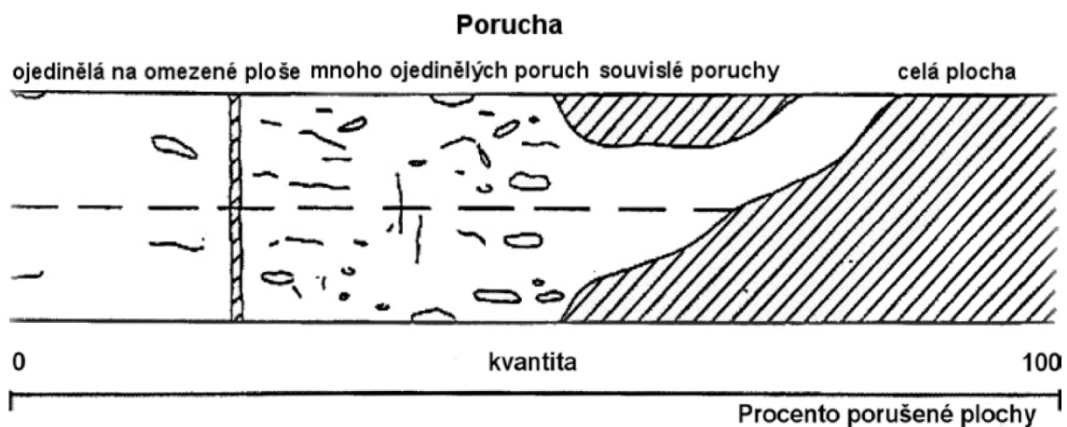
8.1.1 Zatřídění a rozsah poruch

Pro účel budoucí opravy je třeba danou poruchu zatřídít. Zatřídění nám určuje, kam porucha zasahuje a o jaké konstrukční vrstvy se jedná. Zda porucha zasahuje pouze do povrchu, nebo do celého krytu (obrusná a ložní vrstva). Porucha, která vznikne na povrchu, se zpravidla postupem času šíří konstrukcí níž. Je proto vhodné tuto poruchu včas odstranit nebo omezit její šíření. Nejhorší porucha, která má velký význam, je porucha v podloží. Pokud dojde k poruše podloží, dochází k deformaci celé konstrukce vozovky, kterou je nutné následně opravit.



Obrázek 45: Zatřídění poruch postihujících povrch až celou konstrukci vozovky [18]

Rozsah poruch se následně určuje podle její plochy na konstrukci vozovky. Na základě zatřídění a rozsahu poruchy se určuje následná oprava. Na ploše vozovky mohou vznikat ojedinělé poruchy, které jsou rozprostřené v ploše a jsou uzavřené, nebo souvislé poruchy, které mohou být až přes celou šířku vozovky.



Obrázek 46: Šíření poruch do plochy vozovky od ojedinělých poruch až k celoplošným poruchám [18]

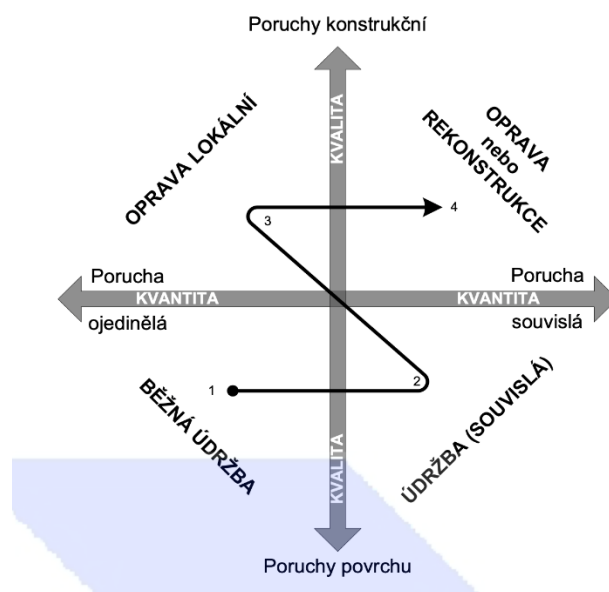
V rámci vozovky vznikají poruchy konstrukční, nebo pouze poruchy povrchu. Dále se poruchy dělí na ojedinělé a souvislé. Na základě těchto údajů dochází k naplánování způsobu opravy.

Běžná údržba: Pokud je porucha ojedinělá a vyskytuje se na povrchu, zvolí se technologie běžné údržby. Jedná se především o odstranění poruchy nebo její omezení v obrusné vrstvě.

Souvislá údržba: Souvislá údržba se využije, pokud se jedná o poruchu souvislou, která se vyskytuje pouze na povrchu. V tomto případě se použije technologie pro odstranění poruchy nebo omezení.

Oprava: Jedná se o technologii, kdy je vyměněna minimálně obrusná vrstva, případně celý kryt. Jedná se většinou o odstranění poruchy, která zasahuje minimálně do obrusné vrstvy.

Rekonstrukce: Pokud se zjistí souvislá porucha, která je přes část nebo celou konstrukci, zvolí se technologie rekonstrukce, kdy dojde k odstranění poruchy výměnou poškozených vrstev.

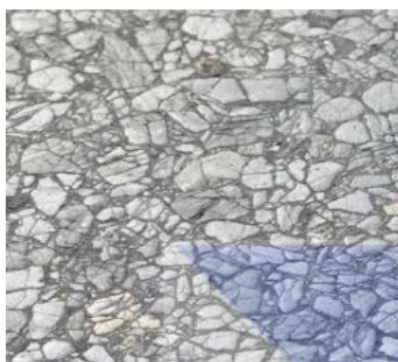


Obrázek 47: Obvyklý způsob odstraňování poruch [18]

8.1.2 Ztráta hmoty

Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky: Protismykovými vlastnostmi povrchu se rozumí tření mezi povrchem pneumatiky a povrchem asfaltové vozovky. Tento požadavek je zásadní u změny rychlosti či změny směru vozidla. Ztráta nastane, pokud se plocha uzavře do hladké vrstvy, z které nevystupují zrna kameniva. Tím dojde ke ztrátě makrotextury. Tento jev může nastat vystoupením asfaltového tmelu na povrch vozovky.

Dalším případem je ztráta mikrotextury. Ta nastává, když dojde k vyhlazení zrn kameniva na povrchu vozovky. Tento jev nastane při dotyku pneumatiky a asfaltové vozovky. Pokud k tomu dojde, bylo do asfaltové směsi použito ohladitelné kamenivo.

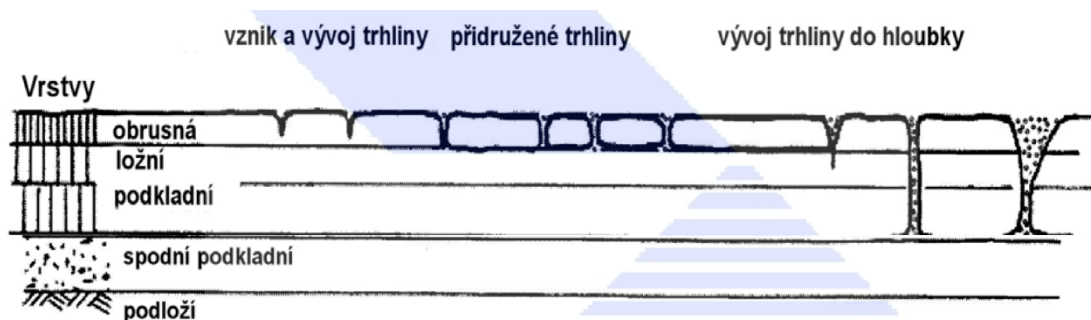


Obrázek 48: Ztráta protismykových vlastností povrchu [18]

Mezi další ztráty hmoty lze zařadit i **ztrátu hmoty z krytu** (pomocí působení zatížení či vody dochází k drobnému narušení kameniva, což vede k úbytku hmoty obrusné vrstvy).

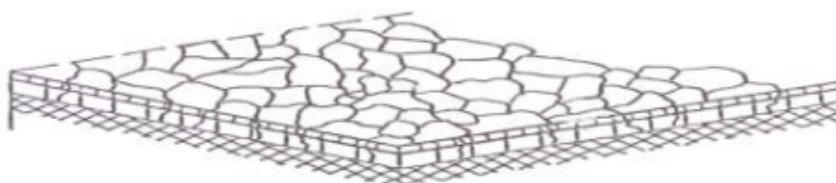
8.1.3 Trhliny

Mrazové trhliny: Při nízkých teplotách dochází u betonových konstrukcí ke smršťování. Tento jev je podobný i u asfaltové směsi. V případě, že dojde k poklesu okolní teploty pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, či dojde k velmi rychlému ochlazení povrchu za vyšší okolní teploty, může na povrchu vzniknout trhlinka. Jedná se o smršťovací trhlinu, která vzniká na povrchu. Při jejím neodstranění či při neomezení její působnosti může trhlinka dále postupovat až do spodní části konstrukce. Tato trhlinka se může následně rozšířit přes část šířky vozovky nebo přes celou šířku vozovky.



Obrázek 49: Znárodnění vzniku a vývoje trhlin [18]

Sítové trhliny: Tyto trhliny vznikají při opakovaném namáhání asfaltové vrstvy v místě jejího největšího namáhání. To bývá na spodním líci asfaltové vrstvy. Zde následně dojde k narušení mezi zrny, a tím dochází ke vzniku trhliny. Se zvětšující se trhlinou mohou vznikat fatální poruchy. Trhlinou může pronikat např. voda, která se může dále dostat do spodní části konstrukce. Tam pak dojde k větším poruchám. Pokud nejsou sítové trhliny včas opraveny, dochází zpravidla k úplnému odstranění porušených vrstev a k jejich nahrazení novými.



Obrázek 50: Sítové trhliny - perokresba [18]

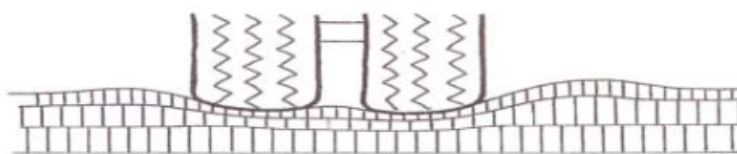
Sítová trhlinka má následující vývoj:

*Podélná trhlinka ve stopě vozidla → Trhlinka se rozšiřuje
→ Následně se prodlužuje a větví → Vznik sítových trhlin
→ Plošná deformace vozovky → Prolomení vozovky*

Mezi další poruchy vozovky, které se řadí do kategorie trhlin, lze zařadit **reflexivní trhliny** (smršťovací trhliny od tahového napětí – vznik většinou u podkladních vrstev stmelených hydraulickým pojivem), **nepravidelné a mozaikové trhliny** (zvýšené stárnutí asfaltové vrstvy, kdy má obrusná vrstva mezerovitost $> 6\%$) či **porušení pracovních spár** (vzniká při realizaci nevhodně napojených vrstev).

8.1.4 Deformace

Trvalá deformace krytu: Při vysokých teplotách na povrchu asfaltu (až > 60 °C) může docházet k trvalým deformacím. K jejich vývoji přispívá společně s vysokou teplotou povrchu i případné stání nebo pomalé popojíždění dopravy. Nejčastěji se s trvalou deformací můžeme setkat v místě autobusové zastávky, kde velmi často dochází v letních měsících ke stání autobusového vozidla. Dalším typem jsou vyjeté koleje po nákladních vozidlech, které vznikají v jedné jízdě stopě.



Obrázek 51: Vyjeté koleje – trvalá deformace [18]

Hrboly: Jedná se o navýšení povrchu. Tento jev je velmi nepříjemný při jízdě vozidla. Opak tohoto jevu je výtluč. Na povrchu vozovky dochází k tvorbě tzv. nepravidelných hrbolů, když se kamenivo váže na volné asfaltové pojivo. Dalším typem může být podélný povrchový hrbol.



Obrázek 52: Nepravidelné hrboly [18]

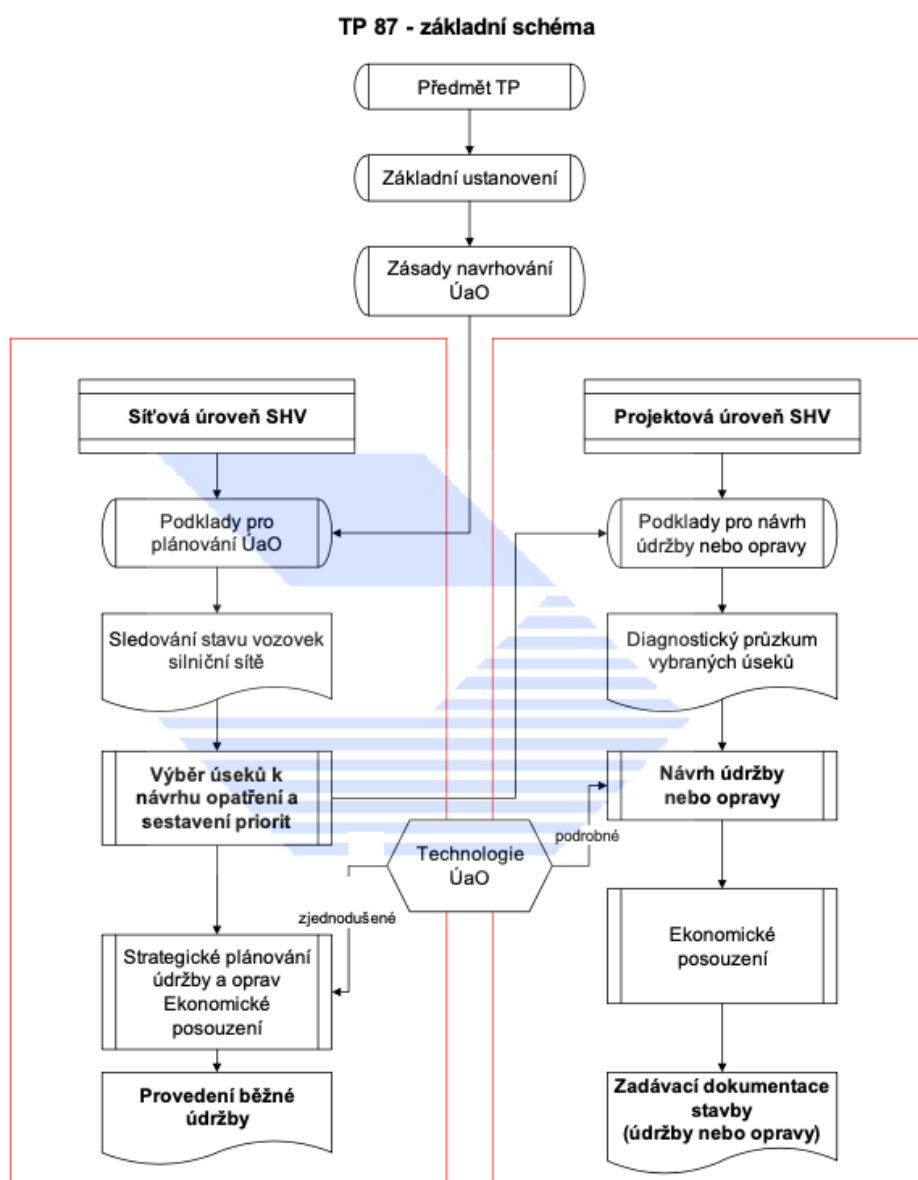
Hrboly mohou dále vznikat v obrusné vrstvě nebo v konstrukci vozovky. V konstrukci vozovky může hrbol vzniknout v důsledku nadzdvížení vrstvy, která vzniká mrazovým zdvihem.

Mezi další deformace, které vznikají na asfaltové vozovce, lze zařadit **deformace snížením povrchu vozovky** (vzniká např. porušením stability zemního tělesa nebo dohutněním vrstev vozovky). [18]

8.2 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek

Aby finanční prostředky, které jsou plánovány na údržbu a opravy vozovek, byly využívány smysluplně, je třeba zařídit koordinaci mezi všemi účastníky v celém procesu provozní fáze. Údržbu a opravy řídí vlastník dané komunikace, který by měl tedy vést i tuto koordinaci. Pro naplánování údržby a opravy je třeba provádět pravidelně prohlídky a vést o tom záznamy. Dle záznamů se následně uplatňuje reklamacce, pokud je úsek stále v záruce, nebo se provede běžná údržba, případně je naplánována oprava.

Vlastník komunikace při sběru dat nebo hodnocení stavu vozovky provádí následný návrh údržby/opravy ve dvou úrovních, a to v úrovni síťové a v úrovni projektové. Tyto úrovně na sebe vzájemně navazují. Nejdřív se provádí síťová úroveň, na jejímž základě se vytvoří zadání pro běžnou údržbu, nebo slouží jako vstupní podklad pro úroveň projektovou. Na níže přiloženém obrázku je znázorněn postup při plánování a následném návrhu údržby či opravy na komunikaci.



Obrázek 53: Postup plánování a návrh údržby a opravy dle TP 87 [71]

8.2.1 Podklady pro síťovou úroveň

Podklady pro síťovou úroveň vycházejí z třídy pozemní komunikace. V České republice se rozlišují tři třídy na základě návrhové úrovně porušení. První třída je D0, kam spadají dálnice či silnice I. třídy. Druhou třídou je D1, kam lze zařadit komunikace II. a III. třídy. Poslední třídou je D2, kam spadají obslužné komunikace či parkovací plochy.

Druhým důležitým podkladem pro síťovou úroveň je dopravní zatížení na komunikaci. Dopravní zatížení se počítá na základě opakovaného zatížení těžkými nákladními vozidly – TNV. Jako podklad pro výpočet zatížení se bere pravidelné sčítání dopravy, kdy se z dané komunikace najde údaj o průměrné denní intenzitě těžkých nákladních vozidel – TNV_O. Hodnota TNV_O se upravuje na hodnotu TNV_k, která vyjadřuje charakteristickou denní intenzitu. TNV_k bude vyšší hodnota, jelikož vyjadřuje průměrný roční růst dopravy v návrhovém období.

Dalším podkladem pro správný návrh je provozní způsobilost (podélná a příčná nerovnost a protismykové vlastnosti), poruchy na vozovce (sběr poruch dle *TP 82 – Katalog poruch netuhých vozovek*), únosnost vozovky a nehodovost (podklady z databáze Policie ČR), což jsou parametry ze sledování stavu komunikace.

8.2.2 Posouzení stavu vozovky pro údržbu a opravu

Posouzení stavu vozovky se provádí s ohledem na bezpečnost a komfort na vozovce. Uspořádání komunikace a její protismykové vlastnosti rozhodují o bezpečnosti. Protismyková vlastnost je parametr provozní způsobilosti, který se musí pravidelně zpracovávat. Vozovka se následně dělí na sekce (nejčastěji po 20 m), kde se zanášejí charakteristické hodnoty. Na těchto sekcích se následně zvažuje technologie opravy a údržby. Provozní způsobilost se dělí na klasifikační stupnici od 1 do 5. Tato stupnice je následně porovnávána s tabulkou „*Hodnocení protismykových vlastností a textury*“.

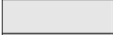



- 1 a 2..... nová vozovka, parametry při přejímce
2 a 3..... vozovka na konci záruční doby, která je uvedena ve SoD
3 a 4..... vyhodnocování stavu vozovky během užívání. Většinou se provádí běžná údržba obrusné vrstvy, již se začíná uvažovat o projektové úrovni
4 a 5..... komunikace při tomto stupni již nesplňuje způsobilost pro provoz

Na základě skutečně naměřených hodnot na komunikaci se tyto hodnoty dle klasifikačního stupně porovnávají.

| Klasifikační stupeň Zkušební metody | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------|-------------|-------------|-------------|--------|
| Součinitel podélného tření F_p , zařízení TRT pro měřicí rychlost 60 km·h ⁻¹ 1 | ≥ 0,60 | 0,59 – 0,52 | 0,51 – 0,44 | 0,43 – 0,36 | ≤ 0,35 |
| Součinitel tření zjištěný kyvadlem, PTV 2 | ≥ 0,70 | 0,69 – 0,60 | 0,59 – 0,50 | 0,49 – 0,40 | ≤ 0,39 |
| Střední hloubka textury zjištěná odměrnou metodou, MTD 2,3 | ≥ 0,75 | 0,74 – 0,60 | 0,59 – 0,50 | 0,49 – 0,38 | ≤ 0,37 |
| Střední hloubka profilu MPD, 2,3 | ≥ 0,69 | 0,68 – 0,50 | 0,49 – 0,37 | 0,36 – 0,22 | ≤ 0,21 |

Obrázek 54: Hodnocení protismykových vlastností a textury [71]

| Klasifikační stupeň | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| F_p, PTV^1 | | | | | |
| Požadavek na zvýšené protismykové vlastnosti ² | | | | | |
| D, R, RMK, Silnice, MK | | | | | |
| MTD^1, MPD^1 | | | | | |
| PK s dovolenou rychlostí > 50 km·h ⁻¹ | | | | | |
| PK s dovolenou rychlostí ≤ 50 km·h ⁻¹ | | | | | |

| | |
|---|---|
|  | Přejímka povrchu vozovky pro uvedení úseku do provozu |
|  | Posouzení povrchu vozovky na konci záruční doby |
|  | Plán souboru opatření pro zvýšení protismykových vlastností povrchu vozovky |
|  | Provedení opatření pro zvýšení protismykových vlastností povrchu vozovky ³ |

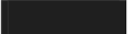
Obrázek 55: Požadovaná klasifikace hodnocení protismykových vlastností a textury [71]

Dalším kritériem posouzení provozní způsobilosti je hodnocení příčné a podélné nerovnosti.²⁷ Příčná a podélná nerovnost se stejně jako protismykové vlastnosti hodnotí na základě klasifikační stupnice 1 až 5. Dle skutečně naměřených hodnot se následně provádí porovnání s tabulkou a vyhodnocení.

| Klasifikační stupeň | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----------------------------------|--|--------------------------|------------|--------|
| Podélná nerovnost pro úsek 20 m – mezinárodní index IRI (m/km) | ≤ 1,9 | 2,0 – 3,0 | 3,1 – 4,2 | 4,3 – 6,3 | > 6,3 |
| – Míra nerovnosti C (10⁻⁶ rad·m) | ≤ 0,9 | 1,0 – 2,2 | 2,3 – 4,6 | 4,7 – 10,0 | > 10,0 |
| Příčná nerovnost v měřeném profilu – hloubka vyjeté koleje R (mm) | < 5 (4) ¹ | (4) ¹ 5 – 10 (8) ¹ | (9) ¹ 11 – 22 | 23 – 35 | > 35 |
| – teoretická hloubka vody W | W < 8 mm – hodnocení vyhovující | | | | |
| | W ≥ 8 mm – hodnocení nevyhovující | | | | |

Obrázek 56: Hodnocení podélné a příčné nerovnosti [71]

| Klasifikační stupeň | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| C, IRI | | | | | |
| PK s dovolenou rychlostí > 50 km·h ⁻¹ | | | | | |
| PK s dovolenou rychlostí ≤ 50 km·h ⁻¹ | | | | | |

| | |
|---|---|
|  | Přejímka povrchu pro uvedení vozovky do provozu ¹ |
|  | Posouzení povrchu na konci záruční doby ² |
|  | Plán souboru opatření pro zvýšení provozní způsobilosti povrchu vozovky |
|  | Provedení opatření pro zvýšení provozní způsobilosti a únosnosti vozovky ³ |

Obrázek 57: Požadovaná klasifikace podélných nerovností [71]

Na základě správného a pravidelného sběru dat (poruch) na pozemní komunikaci se vozovka taktéž zatřídí dle klasifikačních stupňů a návrhové třídy dopravního zatížení (D0, D1 a D2). Rozsah jednotlivých poruch je uváděn v procentech v závislosti na dopravním zatížení a na čase, tedy zda se jedná o přejímku, běžnou údržbu či údržbu

²⁷ Jedná se např. o parametr podélné nerovnosti – IRI, který je popsán v diplomové práci, kap. 3.4.2. – D4 formou PPP projektů – hodnotící kritéria

a opravu. Na základě rozdělení dle klasifikačních stupňů se plánuje provádění údržby či oprav. Pokud dojde k zatřídění do kategorie 4, je třeba zajistit naplánování údržby či opravy. Do kategorie 3 se počítá s využitím technologie lokálně běžné údržby na obrusném krytu.

| Skupina poruch podle TP 82 | Pozn. | Přípustné % porušené plochy v závislosti na návrhové úrovni porušení D pro | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|----|----|-------------------|-----|-----|----------------|-----|----|-----------------|-----|----|----------------|------|-----|
| | | přejímku | | | běžnou údržbu | | | | | | údržbu a opravu | | | | | |
| | | 1 ^a | | | 2 ^{a, b} | | | 3 ^a | | | 4 ^a | | | 5 ^a | | |
| | | D0 | D1 | D2 | D0 | D1 | D2 | D0 | D1 | D2 | D0 | D1 | D2 | D0 | D1 | D2 |
| Ztráta asfaltového tmelu a kaverny v obrusné vrstvě | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 5 | 10 | 20 | 10 | 25 | 50 | >10 | >25 | >50 |
| Ztráta makrotextury (pocení, vystoupení tmelu) | | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 5 | 10 | 20 | 10 | 25 | 50 | >10 | >25 | >50 |
| Koroze kalové vrstvy, ztráta kameniva z nátěru | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 5 | 10 | 20 | 10 | 25 | 50 | >10 | >25 | >50 |
| Hloubková koroze obrusné vrstvy | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 | >5 | >10 | >20 |
| Výtluky | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,5 | 0 | 0,3 | 1 | 0 | 0,5 | 1 | >0 | >0,5 | >1 |
| Vysprávky | | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 3 | 5 | 1 | 10 | 15 | 5 | 20 | 30 | >5 | >20 | >30 |
| Trhliny úzké, nepravidelné a mozaikové | | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 5 | 2 | 5 | 15 | 5 | 15 | 30 | >5 | >15 | >30 |
| Trhliny široké příčné (četnost na 100 m délky) | | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 5 | 2 | 5 | 10 | 5 | 10 | 20 | >5 | >10 | >20 |
| Trhliny rozvětvené (četnost na 100 m délky) | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 | 3 | 5 | 10 | >3 | >5 | >10 |
| Trhliny síťové | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0,5 | 3 | 10 | 2 | 10 | 20 | >2 | >10 | >20 |
| Poklesy, místní, příčné a podélné hrboly, plošné deformace vozovky | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 3 | 10 | 3 | 10 | 20 | >3 | >10 | >20 |
| Prolomení vozovky | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 1 | 0,1 | 1 | 5 | >0,1 | >1 | >5 |
| Poznámky | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Chyba při výrobě a pokládce směsi (viz TP 82) – porucha neovlivňuje provozní způsobilost, o údržbě a opravě rozhoduje kvalitativní vývoj, vývoj k hloubkové korozi, výtlukům a vysprávkám. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | O údržbě nebo opravě povrchu zkorodovaného EKZ, EMK nebo uvolněného kameniva z nátěru rozhoduje snížení protismykových vlastností nebo hloubková koroze povrchu. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Výtluky jsou na komunikacích v návrhové úrovni D0 nepřipustné, potřeba údržby nebo opravy je dána plochou vysprávek. | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Rozvětvené trhliny lze započítat do rozsahu síťových trhlin v ploše dané šířkou vozovky a šířkou rozvětvené trhliny (obvykle 1 m). | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Poruchy konstrukce, jejich výskyt vede k opravám zesílením, recyklací a rekonstrukcí, je nutný diagnostický průzkum. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ^a | Klasifikační stupeň. | | | | | | | | | | | | | | | |
| ^b | Maximální přípustné hodnoty v záruční době – odstraňuje zhotovitel. | | | | | | | | | | | | | | | |

Obrázek 58: Klasifikace zatřídění rozsahu skupin poruch v závislosti na návrhové úrovni porušení [71]

8.2.3 Podklady pro projektovou úroveň

Vstupními podklady pro zpracování projektové úrovně jsou podklady zpracované v síťové úrovni. Tyto dokumenty se využijí při následném zpracování DSPS (dokumentace skutečného provedení stavby). Dalším stupněm je vyhotovení diagnostických průzkumů skladby vozovky. Jeho součástí bývá aktuální skutečný stav poruch na vozovce či provedení vrtných sond do skladby vozovky a následný laboratorní rozbor.

Na základě výsledků laboratorního rozboru a vyhodnocení diagnostického průzkumu se stanoví postup při provádění údržby a opravy.

8.2.4 Návrh údržby a opravy

Na základě rozdělení z kap. 8.2.2 - *Posouzení stavu vozovky pro údržbu a opravu* se jednotlivé úseky rozdělí na běžnou údržbu a na údržbu či opravu, kde je třeba provést diagnostický průzkum dle projektové úrovně. K rozdělení úseků se využívá tzv. systém hospodaření s vozovkou.²⁸ Při úvahách o rozdělení na běžnou opravu nebo na údržbu/opravu je třeba vycházet z ekonomického posouzení nákladů. Při tomto posuzování se zohledňuje ekonomické posouzení použité technologie. Technologie se vybere v závislosti na následné době životnosti při nejnižší průměrné roční ceně či nákladu za provedení dané technologie opravy.

²⁸ Hospodaření s vozovkou je popsáno v bakalářské práci „Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu“ v kap. 12.4: SHV – Systém hospodaření s vozovkou. [87]

$$Prům_{cena} = \frac{Cena}{Životnosti}$$

Prům_{cena}.....průměrná cena za rok [Kč/rok]

Cena.....celková cena za údržbu/opravu s přihlednutím k opatření a regulaci dopravy [Kč]

Životnost.....délka životnosti opravy/údržby [rok]

| Technologie údržby a opravy | Třída dopravního zatížení | | | | | | |
|--|---------------------------|----|-----|-----|----|----|----|
| | VI | V | IV | III | II | I | S |
| Běžná údržba asfaltových krytů | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Běžná údržba nestmelených krytů | 1 | 1 | 0,5 | | | | |
| Vysprávký asfaltovou směsí za horka | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Nátěr jednovrstvý | 4 | 3 | 2 | | | | |
| Nátěr jednovrstvý – modifikovaný asfalt | | | 5 | 3 | | | |
| Nátěr dvouvrstvý | 6 | 6 | 5 | 4 | | | |
| Nátěr dvouvrstvý – modifikovaný asfalt | | | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| Penetrační makadam | 8 | 6 | 4 | | | | |
| EKZ – JV | 6 | 5 | 4 | 3 | | | |
| EKZ – DV s modifikovanou asfaltovou emulzí | | | | 5 | 4 | 3 | |
| EMK – jednovrstvý | 10 | 8 | 7 | 5 | | | |
| EMK – dvouvrstvý | | | 10 | 10 | 8 | 7 | 6 |
| ACO S | | | | 14 | 14 | 12 | 10 |
| ACO + | | | 14 | 12 | 10 | | |
| ACO | 16 | 14 | 12 | | | | |
| SMA S | | | | 16 | 16 | 14 | 12 |
| SMA + | | | 16 | 14 | 12 | | |
| MA I | | | | 25 | 25 | 20 | 15 |
| MA II | | | | 25 | | | |
| BBTM S | | | | 12 | 12 | 10 | 8 |
| BBTM + | | | 12 | 10 | 8 | | |
| BBTM | 15 | 12 | 10 | | | | |
| PA s asfaltem modif. pryžovým granulátem | | | | 12 | 12 | 10 | 8 |
| Čištění krajnice | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Čištění příkopů | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 |

Obrázek 59: Orientační doba životnosti údržby obrusných vrstev v závislosti na dopravním zatížení [18]

Mimo jiné může být o výběru použité technologie údržby/opravy rozhodnuto na základě důležitosti komunikace či rychlosti výstavby.

Návrh běžné údržby: Smyslem běžné údržby je zachování bezpečnosti na pozemní komunikaci, která se kvůli poruše snižuje. Většinou se jedná o poruchy na malé ploše. Pokud dojde k brzké opravě či zamezení růstu poškození do dalších vrstev konstrukce, nemusí dojít k velké opravě, která je finančně velmi náročná.

Tuto údržbu provádí správce či vlastník dané komunikace na základě vyhodnocení z pravidelné prohlídky. Mimo běžnou údržbu komunikace je třeba provádět i pravidelnou údržbu odvodňovacích zařízení či čištění příkopů a krajnic. To vede taktéž ke zvýšení životnosti komunikace.

| Skupina poruch podle TP 82 | Technologie běžné údržby | Technologický postup |
|--|---|----------------------------|
| Kaverny v ohrubné vrstvě | Vysprávkou tryskovou ¹ metodou nebo nátěrovou vysprávkovou soupravou | TP 96, TKP 26 ¹ |
| Ztráta asfaltového tmelu | | |
| Ztráta kameniva z nátěru | | |
| Opotřebenění kalové vrstvy | | |
| Hlubková koroze | | |
| Trhliny úzké nepravidelné | Utěsnění | TP 115 |
| Výtluky (a hlubková koroze) | Vysprávkou asfaltovou směsí | TKP 7 |
| Trhliny rozvětvené a mozaikové | | |
| Trhliny široké příčné, podélné, nepravidelné | Utěsnění | TP 115 |
| Trhliny síťové | Vysprávkou asfaltovou směsí | TKP 7 |
| Poklesy místní, příčné | | |
| Podélné trhliny a porušení podélných spár | Recyklací za horka | TP 209 |
| Jiné poruchy | Údržba krajnic | |

¹ Technologie se nesmějí použít pro údržbu asfaltových vrstev v záruční době, je nutno použít technologii se stejnou dobou životnosti, jako je porušená vrstva.

Obrázek 60: Přehled poruch a technologií běžné údržby [71]

Mezi základní práce běžné údržby patří aplikace postřiků, nátěrů či utěsnění trhlin. Např. pokud se na komunikaci vyskytnou mozaikové trhliny, provádí se oprava pomocí nátěrové soupravy. Další metodou údržby je vysprávka krytu pomocí asfaltové směsi. Nejčastěji se asfaltovou směsí opravuje část či celá ohrubná vrstva a ve výjimečných případech lze tuto vysprávku aplikovat i na ložní vrstvu. Další metodou je recyklace na místě za horka, jejíž postup je zmíněn v kap. 7.3 - *Recyklace asfaltové vozovky za horka na místě*.

Návrh údržby: Návrh údržby vozovky se provádí na základě projektové úrovně, kde se vypracovává diagnostický průzkum. Dle výsledků z tohoto průzkumu dochází k výběru technologie údržby. Návrh údržby lze pro zvýšení protismykových vlastností použít i v síťové úrovni, nicméně zde se musí vypočítat doba životnosti nové vrstvy.

| Provozní způsobilost a skupina poruch podle TP 82 | Technologie údržby | Předpis |
|---|---|---|
| Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky | Nátěry Emulzní kalový zákryt Emulzní mikroborec Bezpečnostní protismykové úpravy povrchů vozovek | ČSN EN 12271, ČSN 73 6129, TKP 26 ČSN EN 12273, ČSN 73 6130, TKP 27 ČSN EN 12273, ČSN 73 6130, TKP 28 TP 213 |
| Ztráta asfaltového tmelu | Regenerační postřik | ČSN 73 6129 |
| Ztráta asfaltového tmelu | Nátěry Emulzní kalový zákryt Emulzní mikroborec | ČSN EN 12271, ČSN 73 6129, TKP 26 ČSN EN 12272, ČSN 73 6130, TKP 27 ČSN EN 12272, ČSN 73 6130, TKP 28 |
| Kaverny v ohrubné vrstvě | | |
| Koroze (opotřebenění) EKZ | | |
| Ztráta kameniva z nátěru | | |
| Hlubková koroze ¹ | | |
| Výtluky ¹ | Nátěry Emulzní kalový zákryt Emulzní mikroborec Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy | ČSN EN 12271, ČSN 73 6129, TKP 26 ČSN EN 12273, ČSN 73 6130, TKP 27 ČSN EN 12273, ČSN 73 6130, TKP 28 ČSN EN 13108-2, ČSN 73 6121, TKP 7 |
| Trhliny úzké nepravidelné ¹ | | |
| Trhliny široké příčné, podélné, nepravidelné ¹ | | |
| Trhliny rozvětvené a mozaikové ¹ | | |
| | | |

¹ POZNÁMKA: Poruchy se před provedením údržby ošetří technologiemi běžné údržby podle tabulky 9

Obrázek 61: Přehled poruch a technologií údržby [71]

Údržba se používá na větších plochách než běžná údržba. Zde se využívá technologie mikrokoberce, regeneračních a oživovacích postřiků či nátěrů.

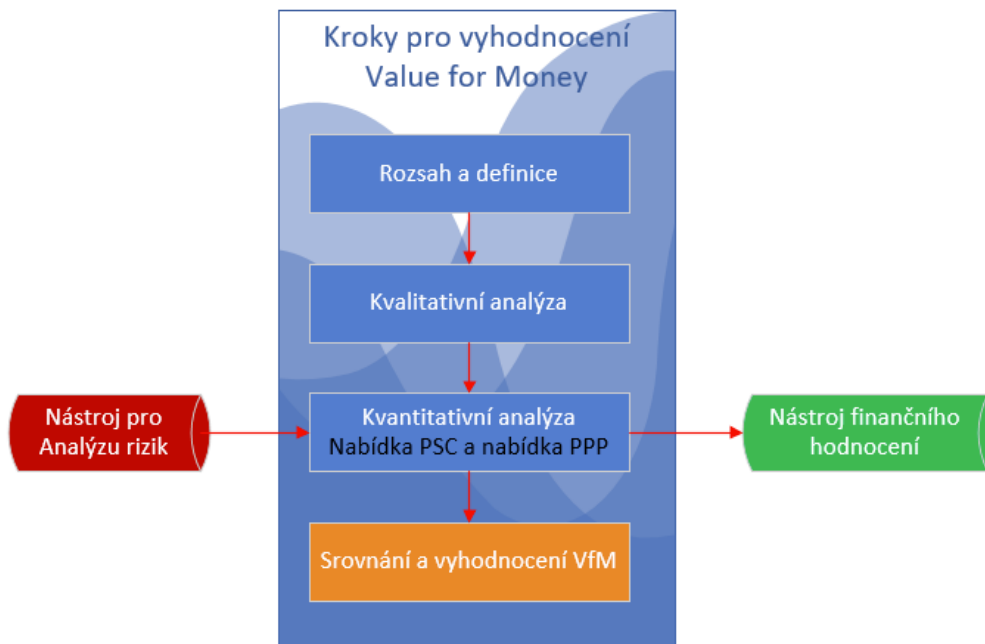
Návrh opravy: Oprava se provádí na základě vypracovaného diagnostického průzkumu. Jedná se o nejnákladnější technologie údržby/opravy. Nejčastěji se provádí výměna obrusné vrstvy, výměna krytových vrstev (obrusná a ložná vrstva), recyklace za horka na místě, zesílení okraje vozovky, recyklace podkladních vrstev a rekonstrukce vozovky.

Technologický postup jednotlivé běžné údržby, údržby a opravy bude popsán v praktické části v závislosti na typu poruch a prováděných prací. [71]

9 Value for Money (VfM)

Hodnota za peníze, anglicky označovaná jako Value for Money, je problematika, která se uplatňuje u staveb realizovaných formou PPP projektů. Jedná se tedy o stavby, kdy zadavatelem je nejčastěji veřejný sektor neboli stát. Value for money nám definuje optimální kombinaci nákladů, které budou potřeba pro životní cyklus, a kvality dané služby či zboží, dle požadavků zadavatele. Pomocí tohoto nástroje hodnotíme výkon/cenu. Následně tento údaj porovnáme s možností, že by byl projekt realizován tradiční metodou. Jedná se o porovnání PPP metody s tzv. PSC (komparátor veřejného sektoru). Porovnáním mezi tradičním řešením (veřejná zakázka dle tzv. měřeného kontraktu) a PPP modelem by měla odpovědět veřejnému sektoru na otázku: „*Dle jaké metody dosáhneme nejlepší nabídky za vynaložené veřejné peníze?*“ Vyhodnocením VfM získáme potřebné informace o financování projektu (dle kvalitativního a kvantitativního hlediska) a následně i možnost vhodně informovat veřejnost o užitečnosti tohoto projektu.

Pro vyhodnocení Value for Money je třeba provést čtyři základní kroky. Nejdříve je třeba definovat, jak bude vypadat srovnání VfM, projekt či rozsah rizik. Dalším krokem je kvantitativní analýza, díky níž získáme náklady projektu. Pomocí této analýzy zjistíme finanční vhodnost zadání projektu pro veřejný sektor. Ovšem u PPP staveb a staveb takového rozsahu je třeba posoudit ještě kvalitu služeb, termíny či udržitelnost projektu, což nám zodpoví kvalitativní analýza. [72]

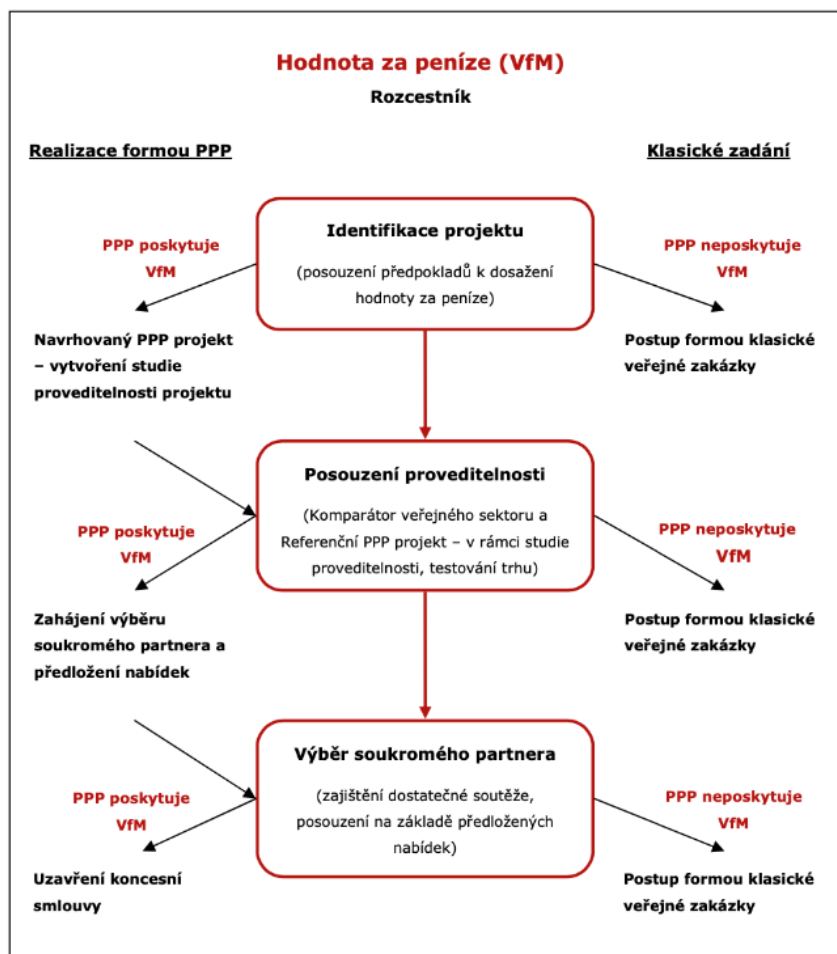


Obrázek 62: Vyhodnocení VfM (vlastní úprava) [72]

Hodnocení za peníze je jedním ze základních předpokladů k úspěšnému zadání projektu PPP. Zpracování tohoto porovnání je jedním z pilířů dokumentu „*Politika vlády České republiky v oblasti partnerství veřejného a soukromého sektoru*“.²⁹ Vláda v tomto dokumentu jasně deklaruje, že zadání veřejné zakázky formou PPP projektu lze použít v případě, že bude ekonomický přínos vyšší než tradiční metodou.

Zpracování analýzy VfM provádí zadavatel projektu. Ten by měl analýzu nastavit takovým způsobem, aby šlo jednoduše porovnat nabídku PSC a „*stínovou nabídku*“ PPP. V další fázi projektu lze PSC porovnat se skutečnými nabídkami, pokud je analýza stejně zadaná. VfM by se mělo vypracovávat průběžně ve fázi identifikace projektu, kdy se provádí základní analýzy potřeb zadavatele a definování velikosti projektu. Následně se po zpracování základních informací provede zjednodušený VfM, zda je PPP projekt proveditelný. V případě, že již v identifikační fázi dojde k zápornému výsledku VfM, zadavatel by měl buď upravit projekt, nebo vypsát veřejnou zakázku formou tradiční metody měřeného kontraktu nebo metodou Design and Build. V případě kladného VfM postupuje projekt do fáze posouzení proveditelnosti. Ve zpracované studii se vytvoří PSC a tzv. stínová nabídka (model PPP). Tyto nabídky se následně mezi sebou porovnají. Pokud je VfM záporné, projekt by měl být zadán tradiční metodou veřejné zakázky, v opačném případě se postupuje do finální fáze. Finální fáze obsahuje již proces zadání veřejné zakázky, kdy se hledá vhodný soukromý partner. Na základě odevzdaných nabídek od uchazečů se vybere ta nejvhodnější, která by měla být porovnána s PSC. [74]

²⁹ Mezi další předpoklady lze zařadit přenesení rizik či údržbu hodnoty veřejných aktiv. [73]



Obrázek 63: Posuzování VfM [74]

V rámci bakalářské práce *Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu jsem se v kap. 10 Value for Money (VfM) taktéž věnoval tomuto tématu. Důraz jsem kladl na základní faktory, které ovlivňují Value for Money, tedy rozsah a definici VfM. Dále byl velmi detailně popsán PSC, tedy komparátor veřejného sektoru, včetně jeho jednotlivých částí. Další částí bakalářské práce bylo seznámení se s pojmem diskontní sazba, ovšem tento pojem bude popsán i v této práci, jelikož se jedná o důležitý pojem, který bude využíván v praktické části. V rámci diplomové práce bych rád představil jednotlivé kroky ke zjednodušenému vyhodnocení VfM, a tím rozšíření teoretické části o další vhled do problematiky VfM. [87]*

9.1 Rozsah a definice

Formou PPP budou v případě dopravních staveb většinou prováděny velké dálniční úseky. U dálničních projektů je nutné definovat např. geografický rozsah, tedy kudy komunikace povede. Většinou tyto stavby prochází přes další infrastrukturu (např. další komunikace, železnice či technickou infrastrukturu). V přípravné fázi je tedy nutné vyřešit i kolize s těmito stavbami a určení vhodnosti a náročnosti technické části projektu. Zadavatel by měl v této fázi rozhodnout, jaký rozsah či části projektu by měly být přeneseny na soukromého zadavatele. Všechny tyto aspekty je třeba následně vložit do porovnání VfM. To vede k realistické porovnatelnosti a snížení nesrovnalostí s porovnáním nabídky z budoucí veřejné zakázky.

Zadavatel by již měl mít představu o délce trvání koncesní smlouvy mezi ním a soukromým sektorem. Předpokládá se, že u dlouhodobých projektů, do jejichž plnění spadne i větší údržba/oprava, bude mít tento fakt motivační stimul pro soukromý sektor, který se více zaměří na projekční a realizační fázi. S přihlédnutím k těmto částem mohou vzniknout vyšší investiční náklady, a s tím spojená kvalita za cenu snížení nákladů během provozní fáze. V závislosti na délce trvání smlouvy je třeba stanovit i typ platebního mechanismu a typ smlouvy. Tedy zadavatel by měl definovat jednotlivé smlouvy, čímž vznikne daný model PPP. Tradiční veřejná zakázka se soutěží formou DBB (Navrhni – Zadej – Postav), kde smlouva mezi zadavatelem a zhotovitelem obsahuje vždy jednu činnost, která se bude provádět. Např. smlouva na výstavbu specifikuje pouze realizaci díla. Po dokončení a uvedení do provozu je smlouva ukončena. Ovšem u PPP projektu je třeba stanovit vše, co bude soukromému sektoru předáno. Typickým modelem je DBFOM (Navrhni – Postav – Zafinancuj – Provozuj – Udržuj). Tento model předpokládá, že zhotovitel bude projektovat dokumentaci, následně projekt zrealizuje a za vlastní náklady ho bude realizovat a provozovat. Během toho bude dostávat od zadavatele měsíční splátky. Dále bude zhotovitel daný projekt udržovat a provozovat během trvání koncesní smlouvy. V neposlední řadě je důležité provést vhodnou alokaci rizik, aby rizika byla rozdělena mezi soukromý a veřejný sektor dle nejučinnější schopnosti dané riziko eliminovat. [72]

9.2 Kvalitativní analýza

Kvalitativní analýza dává zadavateli možnost identifikovat očekávané rozdíly, které nastanou u zadání metodou PPP nebo tradičním řešením (vyhodnoceným pomocí PSC). Výstupem očekávaných rozdílů je následné zpeněžení v kvantitativní analýze. Zjištěné rozdíly jsou převážně spojeny s riziky, náklady a výnosy. Kvalitativní analýza rozlišuje mezi **finančními dopady**, které souvisejí s finančními toky a právě riziky, náklady a výnosy. Následně se provádí srovnání u **nefinančních dopadů**, kam lze zařadit např. rozdíly v kvalitě. Poslední částí analýzy je **vnímání veřejnosti**. V tomto případě se nejedná o rozdíl, ale o posouzení toho, jak společnost vnímá projekty PPP a dlouhodobé smlouvy. Takto dlouhé smlouvy (25-30 let) mohou budít dojem, že soukromý sektor na projektu vydělá, a projekt po ukončení koncesní smlouvy nechá v žalostném stavu.

Je důležité věnovat se všem výše zmíněným dopadům. Finanční dopady mají zásadní vliv na kvantitativní analýzu a na následné realistické porovnání mezi PSC a stínovou nabídkou. Nefinanční dopady se obvykle zmiňují v závěru zprávy a určitou část lze zařadit mezi hodnotící kritéria.³⁰ Nefinanční dopady vždy zůstávají nefinanční a nepostupují dále do kvantitativní analýzy. [72]

U projektů PPP je klíčovým prvkem znalost způsobu financování daného projektu a následně i náklady a výnosy. Odpovědí je u PPP projektů model platebního mechanismu. Ten je následně popsán v kap. 10 *Platební mechanismus – platby za dostupnost*. Již v této fázi je vhodné znát předpokládané náklady celého projektu, jako kdyby ho zadavatel realizoval tradiční metodou. Následně zadavatel musí vyhodnotit

³⁰ V kap. D4 formou PPP projektů – hodnotící kritéria jsou zmíněna dvě kvalitativní kritéria, které byla následně součástí hodnocení. Jednalo se o kritéria na konci stavby, tudíž zde došlo k pozitivnímu vnímání poslední části – tedy **vnímání veřejnosti**, kdy se zadavatel snažil odstranit myšlenku, že projekt po 30 letech bude předán zpět veřejnému sektoru ve špatném stavu.

dopad na státní rozpočet. A odpovědět si na otázku, zda je akceptovatelné dlouhodobě zatěžovat státní rozpočet, nebo jestli má aktuálně finanční prostředky na realizaci staveb dle tradiční metody, kde potřebuje mít více dostupných finančních prostředků během realizačních fází.³¹ Dalším klíčovým prvkem ve finančním dopadu je identifikace a alokace rizik. Tento problém je detailně popsán v bakalářské práci a v kap. 5 *Rizika u silničních projektů* je rozšířen o nová rizika a o metodiku cyklu řízení rizik. Zadavatel by dle modelu PPP měl identifikovat rizika, např. **rizika projektování**, kdy na soukromý sektor může být přenesena projekční činnost. Dále se jedná o **rizika realizace** (v tomto případě lze uvažovat např. o nemožnosti víceprací na základě nových skutečností na stavbě, což je spojené i s vlastním projektováním). U veřejné zakázky na PPP projekt je vhodné využít soutěžního dialogu, jako tomu bylo u projektu dostavby dálnice D4, kdy zadavatel s jednotlivými uchazeči diskutuje, a jedním z témat může být i vhodné rozdělení rizik, které následně bude součástí koncesní smlouvy. Rizika je vhodné rozdělit dle možnosti jednotlivých stran na daná rizika reagovat a účinně snížit či eliminovat jejich dopad. Určitě by se zadavatel neměl snažit převést mnoho rizik na stranu soukromého sektoru, který by mohl mít i menší šanci rizika eliminovat. Tím by mohlo dojít k prodražení projektu či k nezájmu uchazečů o projekt.

Snadno definované výstupy: Zadavatel oproti tradiční veřejné zakázce definuje výstupy formou minimálních požadavků, kdy stanovuje požadavky, které musí být splněny pro zajištění projekce, realizace a následně i do provozní fáze. Každý výstup by měl být specifikován, měl by být vhodně měřitelný v případě kontroly prováděných prací a měl by být realistický.

Transparentnost a soutěž: Jedním ze základů úspěšného projektu formou PPP musí být i zájem ze strany soukromého sektoru. Zadavatel by měl tedy provést zkoumání trhu. Dále je vhodné zajištění konkurence v rámci soukromého sektoru, aby nedošlo k odevzdání pouze jedné nabídky. Zajištění zájmu ze strany soukromého sektoru je důležité, aby soutěž byla transparentní a nedocházelo k diskriminačnímu přístupu. [74]

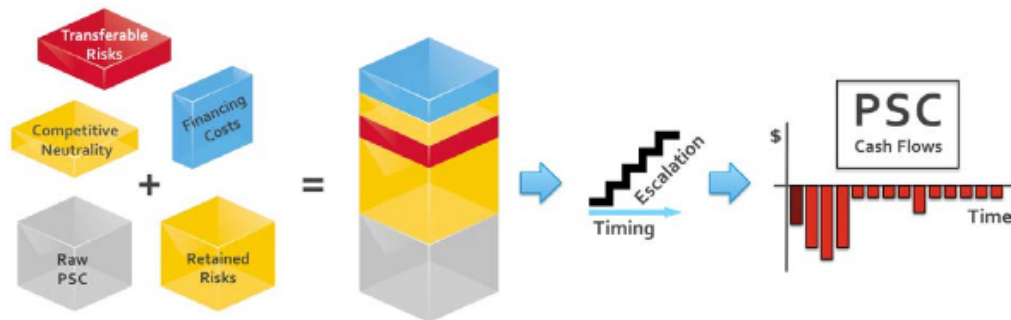
9.3 Kvantitativní analýza

V kvantitativní analýze se vytváří PSC, který odráží veškeré náklady v případě realizace tradiční metodou. PSC lze dále využívat jako tzv. benchmarking, tedy k finančnímu porovnání stínové nabídky a následně nabídek od uchazečů ve veřejné soutěži. Jelikož chceme, aby PSC odpovídal skutečnosti, musíme znát rozsah projektu a k tomu odpovídajícím způsobem přiřadit rizika, která budou uvedena i ve veřejné zakázce. Rizika jsou následně oceněna, aby došlo k co nejpřesnějšímu odhadu nákladů. [72]

Po dokončení modelů PSC a stínové nabídky PPP mohou být tyto modely porovnány a následně vyhodnocena jejich finanční výhodnost. Mezi základní prvky, ze kterých se modely skládají, patří přímé náklady (investiční náklady, náklady za údržbu a provoz), nepřímé náklady (režijní náklady), příjmy projektu (komerční využití, platby od uživatelů) a známá rizika. [74]

³¹ U tradiční metody potřebuje zadavatel mít finanční prostředky na zaplacení realizační fáze. U PPP projektu jsou tyto prostředky rozhrnuty do doby trvání koncesní smlouvy.

PSC sleduje předpokládaný odhad peněžních toků v projektu, které jsou upraveny o rizika. Tvorba modelu slouží jako ukázka předpokládaných nákladů a výnosů projektu, pokud by realizaci prováděl sám veřejný sektor pomocí tradiční metody.



Obrázek 64: Tvorba PSC [72]

Hrubé PSC (Raw PSC): Hrubý model PSC zahrnuje přímé náklady projektu, což jsou investiční náklady a náklady za údržbu a provoz. Mezi tyto náklady lze zařadit: běžnou a dlouhodobou údržbu, projektování, realizaci či správu smluv. Lze sem ovšem zařadit také následné výnosy projektu, což mohou být platby od uživatelů. Odhad nákladů by z dlouhodobých zkušeností veřejného sektoru s podobným typem stavby neměl být problém, jelikož by si měl vytvářet zpětnou vazbu z předchozích projektů obdobného typu.

Ponechaná rizika (Retained risks): Jedná se o rizika, která by v případě vypsání veřejné zakázky formou PPP projektu zůstávala na straně veřejného sektoru. Tato rizika zůstávají na jeho straně a nepřenesají se na soukromý sektor.

Přenesená rizika (Transferable risks): Dalším typem rizik jsou rizika přenesená, která jsou v rámci PPP projektu přenesena na soukromý sektor, který za ně bude zodpovídat. V porovnání je třeba určit tato rizika a následně ocenit pro situaci, pokud by je na sebe převzal soukromý sektor. Mezi tato rizika lze zařadit např. rizika na projektování, stavební rizika či rizika provozní.

Konkurenční neutralita (Competitive Neutrality): Doplněním tohoto bodu do modelu PSC by mělo dojít k eliminaci výhod a nevýhod oproti tradiční metodě veřejné zakázky. [72]

Náklady na financování (Financing costs): Posledním zkoumanou oblastí jsou náklady na financování projektu, které se taktéž mohou promítnout do modelu PSC. Zadavatel by měl zvážit formu financování, jelikož i to může mít vliv na robustnost a flexibilitu projektu. Je třeba zvážit bankovní úvěr či možnost předčasného splacení. Dalším způsobem mohou být i dluhopisy, což je ovšem méně flexibilní oproti bankovnímu úvěru. Zadavatel během trvání projektu může mít možnost požádat o refinancování. [74]

Načasování a eskalace: Veškeré výše uvedené náklady a výnosy se následně transformují na časovou osu, kde jsou tyto částky eskalovány. Je třeba určit harmonogram výstavby, údržby a následně výnosy v čase. Na základě těchto podkladů pak vznikne model PSC,

který bude porovnán se stínovou nabídkou PPP a v budoucí fázi může být porovnán i se skutečnými nabídkami.

Stínová nabídka PPP:

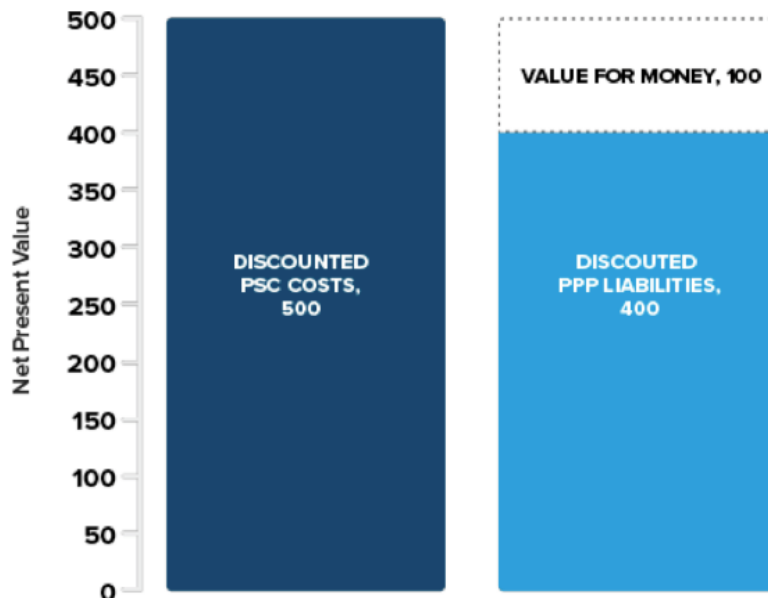
Stínová nabídka PPP je předpokládaný odhad nákladů veřejného sektoru, pokud by nabídka byla podána uchazečem formou veřejné zakázky dle PPP modelu. Stínová nabídka PPP by měla mít stejné parametry rozsahu jako nabídka PSC, aby došlo k vhodnému porovnání. Mezi očekávanými rozdíly mezi PSC a stínovou nabídkou mohou být např. efektivnost soukromého sektoru, úprava rizik či odlišná struktura financování. [72]

9.4 Srovnání a vyhodnocení

Po dokončení modelu PSC a stínové nabídky PPP dochází k jejich srovnání a vyhodnocení. Oba modely mohou v čase procházet různými úpravami a aktualizacemi s přibývajícím znalostmi o projektu a s postupujícím časem (v době přípravy či při zadání veřejné zakázky). Pro srovnání nabídek se používá metoda výpočtu čisté současné hodnoty peněz (NPV – Net Present Value). Základem finanční teorie je, že dnešní hodnota koruny není stejná jako hodnota koruny zítra. V tomto důsledku se provádí výpočet na současnou hodnotu peněz, který reflektuje peněžní toky v čase. Ke korekci se používá tzv. diskontní sazba. Současná hodnota peněz se vypočítá následovně:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

- NPV.....současná hodnota peněz (Net Present Value)
- T.....čas
- CF_t.....peněžní tok v určitém okamžiku (t)
- r.....diskontní sazba [72]

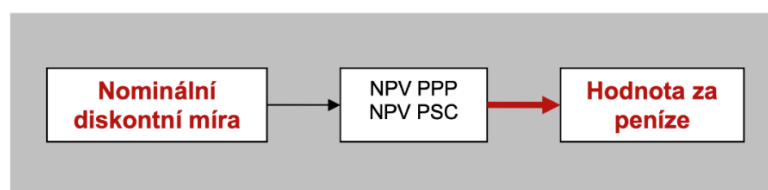


Obrázek 65: Porovnání stínové nabídky PPP a PSC [75]

Vyhodnocení VfM podporuje následné rozhodování o budoucím směřování projektu. Výsledky mohou ukázat jednu ze dvou cest jako výhodnější (tradiční metoda nebo PPP metoda). Je třeba mít na paměti, že vytvořené modely vznikají v určitém čase a na základě předpokladů, které se mohou v budoucnu ukázat jako méně přesné. Dále se pracuje s informacemi, ke kterým v daném čase můžeme mít neúplné znalosti. Výsledkem jsou dvě hodnoty (NPV), které se porovnávají. Pro zlepšení vyhodnocení VfM se používá tzv. citlivostní analýza, která zkoumá robustnost PSC modelu a přikládá váhu ke změnám u vstupních proměnných. [72]

Diskontní sazba:

Diskontní sazba (r) se používá u výpočtu současné hodnoty peněz (NPV) a slouží nám k určení přepočtu budoucí hodnoty peněz na současnou. Na základě toho můžeme porovnávat časovou hodnotu peněz na daném projektu. Ve vyhlášce č. 217/2006 Sb., kterou se provádí koncesní zákon, byla hodnota reálné diskontní sazby stanovena na 3 %.³² Diskontní sazba se dělí na reálnou diskontní sazbu a na nominální diskontní sazbu. Reálná diskontní sazba slouží k odvození nominální diskontní sazby a využívá se k diskontování³³ veškerých peněžních toků u PSC a PPP. Oproti tomu nominální diskontní sazba je ovlivněna jak reálnou diskontní sazbou, tak inflací. Nominální diskontní míra ovlivňuje celoživotní příjmy a výdaje PSC a PPP. V závislosti na zvýšení diskontní míry dochází ke snížení současné hodnoty PSC a PPP.



Obrázek 66: Diskontování PSC a PPP [76]

Citlivostní analýza: Jedná se o analýzu, která zkoumá změny vstupních faktorů. Analýza by se měla provádět na PSC a na stínové nabídce PPP modelu z důvodu ověření jejich stability v případě změny vstupních faktorů. [76]

10 Platební mechanismus – platby za dostupnost

Součástí koncesní smlouvy mezi veřejným a soukromým sektorem je u PPP projektů i platební mechanismus. Tento dokument je velmi důležitý a vlastně říká, jakým stylem bude soukromý sektor vyplácen za daný projekt. Zvolením druhu platebního mechanismu se dále rozdělují i příslušná rizika.

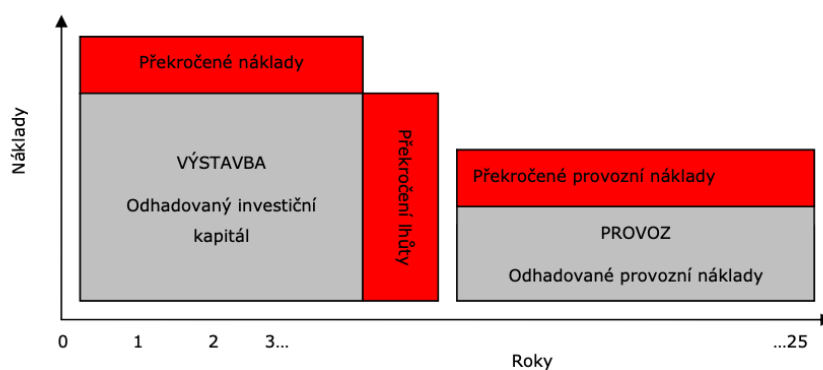
Pojem platební mechanismus byl již vysvětlen v bakalářské práci. Ovšem jedná se o velmi důležitý prvek, kterým se ve značné míře zabývá i praktická část této práce, proto zde bude tento systém v malém měřítku přiblížen. Více se práce věnuje rozšíření pojmu platby

³² Vyhláška 217/2006 Sb., kterou se provádí koncesní zákon, byla v roce 2016 nahrazena zákonem č. 134/2016 Sb., zákon o zadávání veřejných zakázek. Ten v současnosti neřeší výši diskontní sazby. [3]

³³ Diskontování je proces, při němž je budoucí hodnota příjmů a výdajů převedena na současné hodnoty pomocí diskontní sazby. [77]

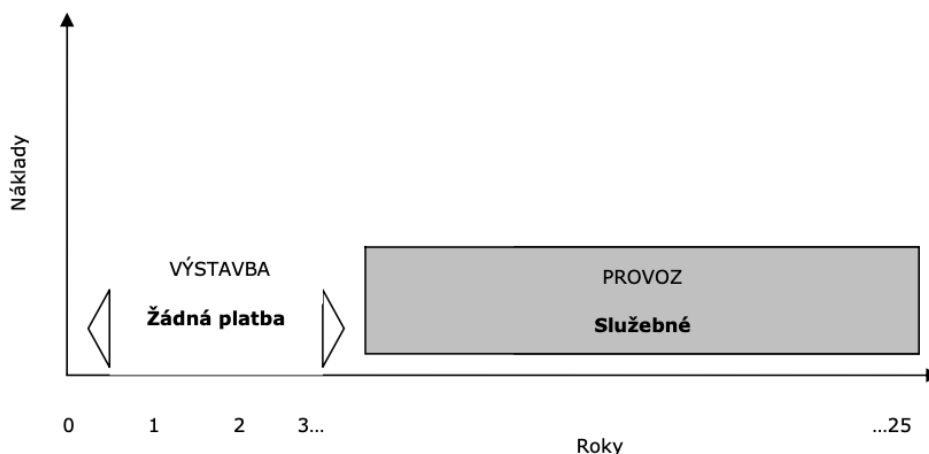
za dostupnost, jelikož tento typ platebního mechanismu je využíván právě v praktické části.

Pokud je zadána veřejná zakázka dle tzv. měřeného kontraktu, postupuje se v porovnání s PPP projekty odlišně. U měřeného kontraktu zadavatel vyplácí zhotovitele na základě měsíční fakturace. Ta se zpracovává dle skutečně provedených prací, které se měří. Tudíž zadavatel při realizaci např. dálničního úseku musí mít dostatečně volné finanční prostředky, aby mohl během stavby zhotovitele ihned vyplácet. Další objem peněz musí mít zadavatel připraven pro provozní část, kde bude docházet k různým údržbám a opravám.



Obrázek 67: Platby u měřeného kontraktu [78]

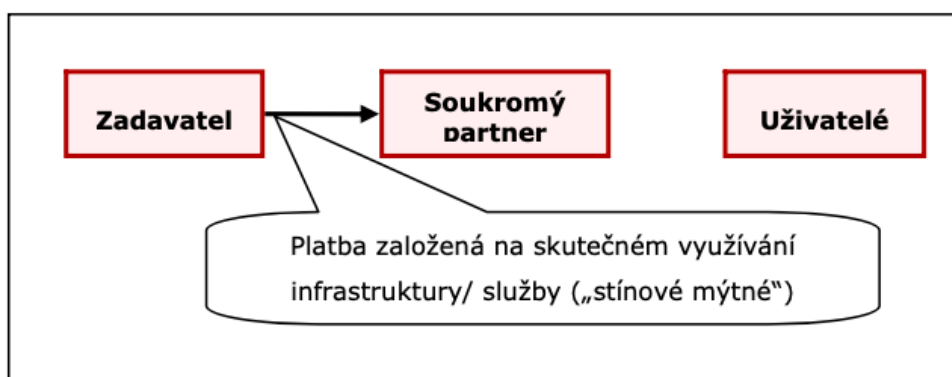
Naproti tomu je zde projekt PPP, který se výrazně liší od měřeného kontraktu. Na celý projekt je zasmulvněn jeden zhotovitel (zpravidla konsorcium skládající se z více společností), který provádí projektovou fázi, realizační fázi a provozní fázi. Tento zhotovitel musí při odevzdání nabídky předložit všechny náklady, vč. přiměřeného zisku, které mu vzniknou během trvání koncesní smlouvy. Ta bývá podepisována nejčastěji v rozmezí 25 až 30 let. Dle smlouvy vyplácí zadavatel zhotovitele taktéž v měsíčních platbách, ovšem ve fixních částkách, které si obě strany dohodnou na základě odevzdané nabídkové ceny a délky trvání. Tyto fixní platby ovšem začíná zadavatel platit až v okamžiku, kdy je dokončena výstavba, a projekt je uveden do provozu. Měsíční platby mohou být poníženy, pokud je dané aktivum omezeno v čase nebo je nedostupné. Míru snížení je nutné mít ve smlouvě a tento fakt je nutné znát při zpracování nabídkové ceny.



Obrázek 68: Platby u PPP projektů [78]

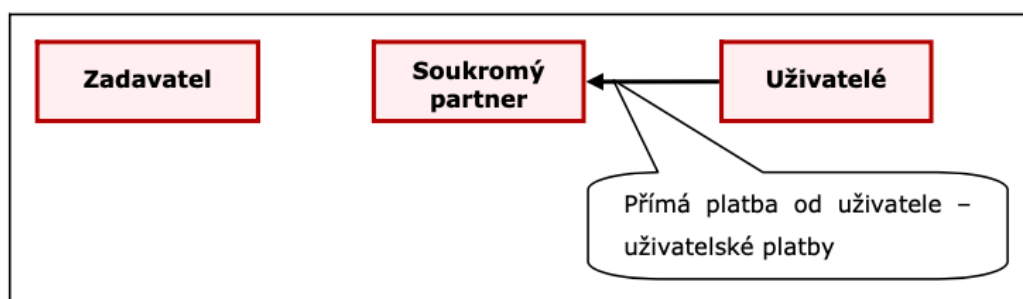
Platební mechanismus je systém, který má tři různé typy. V případě vypsání PPP projektu je třeba, aby minimálně jeden z těchto typů byl na projekt použit. Na projekt lze využít teoreticky i všechny tři, pokud to bude mít opodstatnění. Typy platebního mechanismu jsou platby za užívání, uživatelské platby a platby za dostupnost.

Platby za užívání: U plateb za užívání funguje podobný mechanismus jako u plateb za dostupnost, kdy zhotovitel obdrží splátky od samotného zadavatele. Jedná se o relativně komplikovaný systém, který předpokládá různá využití služby. Tento typ plateb je vhodný pro silniční projekty, kdy není dopředu zřejmé využití dané služby. V případě, že by se využil model uživatelských plateb na část komunikace, hrozilo by, že si občané najdou objízdnou trasu a budou se této komunikaci vyhýbat. Tento systém je založen na tzv. stínovém mýtném. Platba je tedy vyčíslena dle skutečného využívání komunikace. Pokud je např. využívána minimálně, platí zadavatel zhotoviteli minimální sjednanou částku. Měsíční splátky jsou tedy zastropovány na maximum a minimum, dle využívání. Pokud je např. komunikace extrémně zatížena, platí zadavatel pouze maximálně sjednanou částku.



Obrázek 69: Metoda plateb za užívání [78]

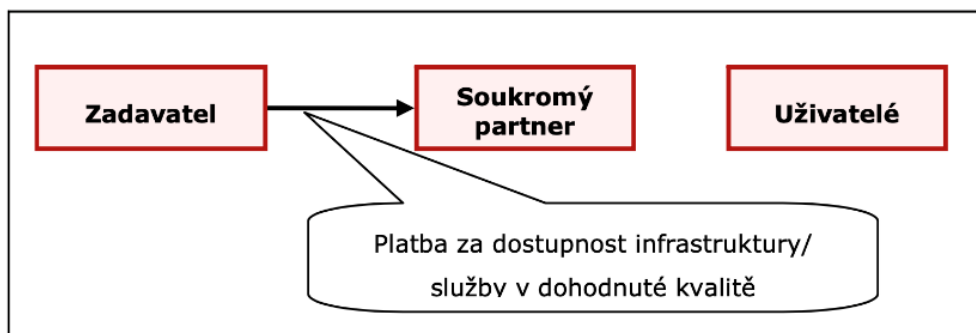
Uživatelské platby: Druhou metodou jsou uživatelské platby, kdy zadavatel (veřejný sektor – stát) zadá dálniční PPP projekt soukromému sektoru (zhotoviteli). Ten projekt postaví a dle koncesionářské smlouvy následně provozuje. Platby mu nechodí od zadavatele, ale přímo od koncových uživatelů, v tomto případě od řidičů. Ti platí za průjezd dálničním úsekem formou silničního mýtného. Tento systém převádí velkou část rizik na stranu zhotovitele, který je přímo závislý na využívání daného úseku. Výhodou pro zadavatele by měla být i vysoká motivace zhotovitele, aby daný úsek dálnice byl udržován v dostatečně kvalitním stavu a motivoval uživatele jej využívat.



Obrázek 70: Metoda uživatelských plateb [78]

10.1 Platby za dostupnost

Posledním typem platebního mechanismu jsou platby za dostupnost komunikace. Tento typ předpokládá, že daná komunikace bude dostupná v plném profilu. Jestli bude daná komunikace využívána občany nebo ne, to už platby za dostupnost nereflektují.



Obrázek 71: Metoda platby za dostupnost [78]

Zhotovitel musí dálnici udržovat v požadované kvalitě, aby mohl dostávat měsíční splátky. Pokud zhotovitel udrží komunikaci v požadované kvalitě a za dané období i dostupnou, dostane plnou výši splátky, která mu náleží. V případě, že dojde k uzavření komunikace nebo daná komunikace bude vykazovat nekvalitu díla, hrozí zhotoviteli měsíční srážky, které se odečítají od celkové měsíční splátky.

$$\text{Platba za dostupnost} = \text{fixní měsíční částka dle SoD} - \text{srážka za nekvalitu} - \text{srážka za nedostupnost}$$

Motivací zhotovitele je již v realizaci díla provést dílo kvalitně, aby nedocházelo k budoucím srážkám za nedostupnost spojenou s častou opravou komunikace. Pokud bude dílo nekvalitní, může zhotovitel dostat srážku. Nicméně tuto nekvalitu bude muset opravit, aby tyto srážky nedostával dále. V případě, že půjde nekvalitní část opravit, dostane srážku za nedostupnost. Proto zhotovitel musí provést dílo kvalitně, aby tyto srážky minimalizoval.

Měsíční částka dle podepsané SoD je souhrn všech nákladů s přiměřeným ziskem, které uchazeč odevzdal do veřejné soutěže. Na základě toho dojde k rozpočítání částky, k metodice výpočtu srážek za nekvalitu a za nedostupnost. Na základě těchto údajů bude podepsána smlouva. V rámci nedostupnosti u komunikace se lze bavit o uzavírce jednoho pruhu či celého jízdniho pásu. Nekvality u komunikace mohou být různé poruchy. Těmi se snižuje bezpečnost a sjízdnost daného úseku.

Tento typ platby je vhodný pro silniční veřejnou infrastrukturu, pro nemocnice, věznici či pro parkoviště. Mezi výhody této platby lze zařadit neplacení měsíčních poplatků v průběhu realizace, jelikož je dané aktivum nedostupné. Zhotovitel by měl předložit harmonogram, kde uvede předpokládané uvedení do provozu. Od tohoto data začne dostávat měsíční platby za dostupnost. Je v jeho zájmu vytvořit vhodný harmonogram, který bude odpovídat realitě. Pokud k tomuto datu nebude uvedena komunikace do provozu, hrozí mu naopak srážky za nedostupnost, a tím přichází o značnou část splátek. Výhodou pro zhotovitele je, že si opravy může naplánovat ve své režii, a tudíž může v odevzdané částce kalkulovat již se srážkami za nedostupnost. Zhotovitel se

nestará o to, zda je daná komunikace využívána. Toto riziko je plně v rukou zadavatele. Kvalita dané komunikace by měla být oproti ostatním komunikacím, které spravuje stát, lepší, jelikož je to v zájmu zhotovitele.

Nevýhodou může být naopak nastavení samotného systému plateb za nedostupnost. Zadavatel musí správně nastavit výši srážek, aby byl zhotovitel motivován udržovat komunikace ve vysoké kvalitě a údržbové práce byly provedeny rychle a kvalitně. Srážky by neměly být likvidační, ale zároveň musí zhotovitele motivovat k dodržení standardů dle smlouvy. Problém může být i dodatečné posílení lidských zdrojů na straně zadavatele. Ten musí dohlížet společně se zhotovitelem nad monitorováním dálnice a dodržováním smlouvy. Tento monitoring je důležitý po celou dobu trvání smlouvy, aby docházelo k přesným výpočtům srážek. Nevýhodou na straně soukromého sektoru může být samotná platba za dostupnost a její výše. Soukromý sektor by si měl zajistit takový úvěr (cizí kapitál), aby splátka pokryla veškeré potřebné náklady. Dále by měl soukromý sektor počítat i se srážkami, aby v případě srážky nebylo ohroženo jeho splácení dluhu.

Platby jsou zahájeny s uvedením komunikace do provozu. Do té doby staví zhotovitel tzv. na dluh. Realizuje danou komunikaci, ale nedostává zaplacení. Dostává se tedy do záporného cash-flow. Je proto nutné mít dostatek financí, aby mohl projekt dokončit včas a kvalitně, což následně vede k zahájení plateb. U velkých projektů je výhodné při uvedení projektu do provozu zaplatit x % výše investičních nákladů. To může napomoci splacení dluhu v dřívějším čase, a tím zlepšit financování celého projektu.

V rámci údržby se využívají tzv. tvrdé a měkké služby. Platby za dostupnost počítají s oběma těmito službami. Měkké služby v sobě zahrnují např. zimní údržbu či udržování zeleně v okolí stavby a ve středním dělicím pásu. Tvrdé služby jsou většinou poruchy na vozovce, kdy musí dojít k běžné údržbě, údržbě či opravě. Měkké služby jsou velmi těžko odhadnutelné, a proto se v průběhu projektu často znovu provádí ocenění dle trhu. Tím může dojít ke zvýšení či snížení platby za dostupnost.

Penalizace za nekvalitu a nedostupnost: PPP projekty se oproti tradiční veřejné zakázce liší hlavně v definování požadavků. U tradiční veřejné zakázky definujeme výstup. Zadavatel má projektovou dokumentaci a chce dle ní realizovat dílo. Oproti tomu u PPP projektu se definují vstupy. Zadavatel definuje minimální technické požadavky, co má daný projekt mít (např. povrch vozovky musí být realizován ve skladbě netuhé vozovky s požadavky na maximální přípustné nerovnosti, maximální hodnoty IRI v čase apod.). Zhotovitel to navrhne a následně postaví. V tomto případě je důležité definovat i vstupy během provozní fáze. Sjednané splátky mohou být tedy sníženy při nedodržení předepsané a dohodnuté kvality nebo při nedostupnosti díla. Zadavatel musí ve veřejné soutěži jasně definovat pojem kvalita/nekvalita a dostupnost/nedostupnost.

Penalizace za nedostupnost by měla mít větší váhu než za nekvalitu. Pokud je zhotovitel penalizován za nedostupnost, předpokládá se, že daná služba nebo její část není k dispozici běžným uživatelům. V případě, že je zhotovitel penalizován za nedostupnost, už by neměl být za tu stejnou část penalizován i za nekvalitu (to znamená, že např. úsek o délce 50 m je nekvalitní a je třeba ho opravit. Zhotovitel tedy tento úsek uzavře a začne ho opravovat. Zadavatel v čase trvání uzavírky počítá výši srážek za nedostupnost.

Nicméně by již neměl počítat srážku za nekvalitu na daných 50 m). Srážky za nedostupnost lze u komunikací rozdělit do více kategorií a určit u nich samostatně cenu. Nedostupnost na komunikaci může nastat – z důvodu uzavření silnice při plánované údržbě, kvůli krizové neplánované údržbě (velká nehoda, která způsobí poškození komunikace), komunikace je uzavřena kvůli neplánovaným pracím na veřejné infrastruktuře, komunikace je uzavřena kvůli plánovaným pracím na veřejné infrastruktuře, je uzavřen jízdní pruh či je doprava zpomalena kvůli kongesci (např. z důvodu prací na měkké službě). Nemusí být aplikovány všechny tyto prvky nebo si zadavatel může určit vlastní. Nicméně riziko kongesce je na komunikacích vysoké a zhotovitel ho v některých případech může jen velmi obtížně ovlivnit.

Platby a srážky je důležité nastavit srozumitelně. Ve smlouvě by měl být uveden způsob úpravy plateb, pokud dojde ke srážkám. V případě nedostupnosti je třeba stanovit její časové trvání, kdy nedostupnost začíná a kdy naopak končí. Dále je třeba stanovit maximální výši měsíčních srážek či období nápravy nekvality. V tomto období může být služba nedostupná, ale zhotovitel nedostává srážky (pokud smlouva umožňuje, že se veřejný a soukromý sektor mohou domluvit v případě rychlé nápravy, že nedojde ke srážkám). [78]

11 LCC – Náklady životního cyklu³⁴

Hodnocení a analýza nákladů životního cyklu (LCC) slouží jako nástroj pro ekonomické posouzení projektu. Analýza je provedena na základě informací o vstupních prvcích či o vzniku nákladů v čase. Výsledek analýzy může zadavatel využít jako vhodný podklad pro porovnání více variant technického řešení daného projektu. Životní cyklus stavby představuje celkové potřebné náklady během jeho životnosti. V rámci dopravního stavitelství se jedná o náklady na projektování a následně na realizaci díla. Dále jsou to náklady na údržbu a provoz a na ukončení životního cyklu. [79]

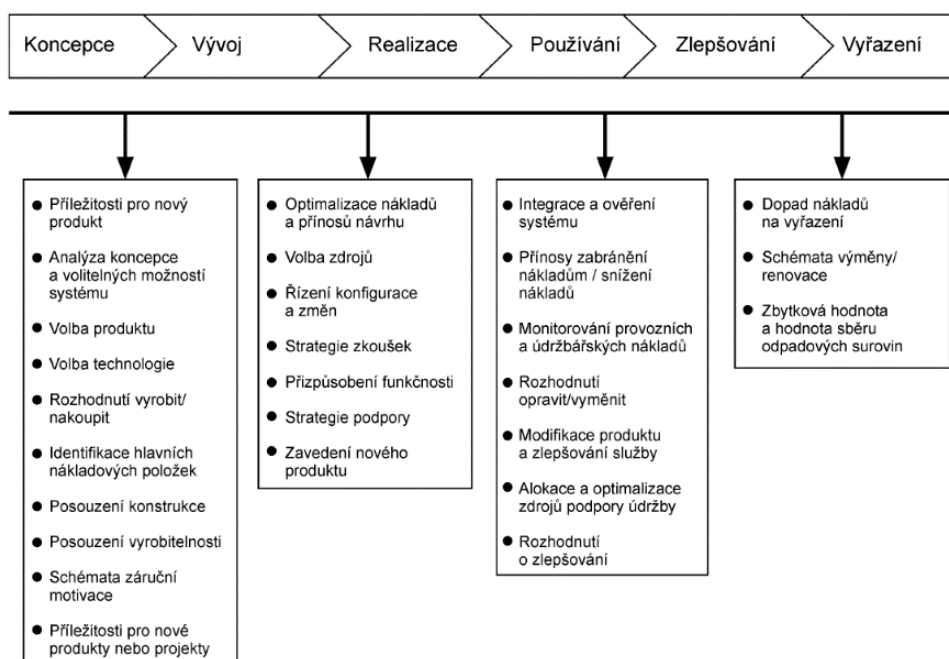
V České republice při zadávání veřejných zakázek, tedy např. zakázek na realizaci dálniční stavby musí zadavatel postupovat dle zákona č. 134/2016 Sb.: *Zákon o zadávání veřejných zakázek*, kde jsou náklady životního cyklu zmíněny v §117 Náklady životního cyklu a v §118 Metoda pro stanovení nákladů životního cyklu, kde je uveden postup pro vyčíslení nákladů. V §117 je zmíněno, že uchazeč mimo nabídkovou cenu ve veřejné soutěži může dále odevzdávat i náklady, které vzniknou v průběhu životního cyklu. Ovšem je nutné, aby byla nabídka tomuto typu uzpůsobena, což projekty formou PPP nabízejí. Mezi náklady životního cyklu mohou být náklady na údržbu, náklady spojené s užíváním či náklady, které zhotovitel vynaloží před koncem koncesní smlouvy. Dalším typem nákladů mohou být náklady spojené s životním prostředím. [3]

Při rozhodování mezi variantami projektu (u dálniční stavby např. mezi tuhou a netuhou skladbou vozovky) dochází velmi často k chybně posouzeným nákladům, kdy se uvažují pouze investiční náklady. Dochází totiž k opominutí nákladů na provoz a údržbu, což

³⁴ V rámci bakalářské práce *Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu* jsou uvedeny předpokládané náklady během investiční a provozní fáze. [87]

představuje značnou část nákladů životního cyklu stavby. Analýza LCC se převážně tvoří v předinvestiční fázi, kdy může zadavateli naznačit efektivní výběr z porovnávaných variant. Do analýzy LCC vstupují informace o použitých materiálech a jejich předpokládaná živostnost. [79]

Do nákladů životního cyklu vstupují pouze náklady hmotné a nehmotné (např. software). Analýza nepočítá s výnosy, ale pouze se současnými a budoucími náklady. Výsledkem analýzy je často pouze jeden údaj, který reprezentuje všechny náklady. Aby analýza LCC byla správná, je třeba pochopit životní cyklus projektu a jeho jednotlivé fáze. Jednotlivé etapy je třeba identifikovat a ohraničit, aby mohlo při různých variantách projektu dojít k smysluplnému ohodnocení. Nejčastěji se jedná o etapy **koncepce**, **vývoje** (navrhování projektu) a **realizace** (dodání, výroba), což jsou etapy, kde vznikají investiční náklady. Dále se jedná o etapy **provozu** (provoz a údržba), **zlepšování** či **ukončení** projektu, což jsou provozní náklady. Jednotlivé etapy by měl zvolit sám zadavatel, aby odpovídaly potřebám daného projektu. [80]



Obrázek 72: Typická analýza v celém životním cyklu [80]

11.1 Životnost a opotřebení stavebních objektů

Stavební objekty se skládají z jednotlivých výrobků, které mají svoji životnost a opotřebení. Životnost je zjednodušeně řečeno čas, po který je daný výrobek či samotná konstrukční vrstva schopna plnit požadované funkce a být bezpečná. V rámci stavebních objektů rozeznáváme celkem 4 formy životnosti. Jedná se o **technickou životnost**, kde se uvažuje čas od vzniku stavby po její demolici za předpokladu dodržování běžné údržby. Na tuto životnost mají vliv především použité materiály, údržba či celková modernizace. Druhým druhem životnosti je **ekonomická životnost**. Ta se počítá od realizace po okamžik vzniku trvalých ztrát. Třetím druhem je **morální životnost**, což je doba od realizace stavby a uvedení do provozu až do okamžiku zastaralosti stavby (např. styl či dispoziční řešení). Poslední je **právní životnost**. Ta se vztahuje na oficiální dokumenty. Zahájením je

kolaudační souhlas a konec je dán povolením o odstranění stavby. Doba, po kterou objekt bude vyhovovat požadovaným požadavkům, se nazývá životnost.

Opotřebením stavebních materiálů vzniká působením času a využíváním materiálu. Stavba je namáhána stálým a proměnným zatížením a okolním prostředím, což má vliv na její opotřebování. Stavba na tyto podmínky reaguje degradačními procesy, které vedou k postupnému snižování spolehlivosti a snížení životnosti. Opotřebením vyjádříme technický stav daného materiálu či konstrukce a odvíjí se od stáří konstrukce či od kvality prováděné údržby. [81]

11.2 Environmentální dopad – hodnocení pomocí LCA

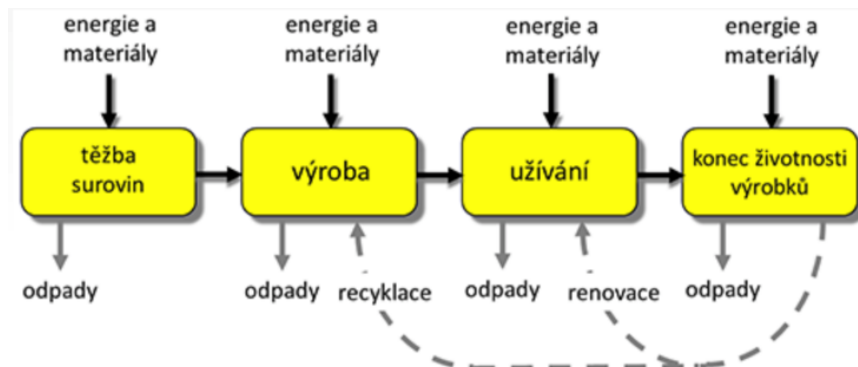
Jak již bylo zmíněno, v §117 zákona č. 134/2016 Sb.: Zákon o zadávání veřejných zakázek, jedním z odevzdaných nákladů mohou být i náklady spojené se životním prostředím. [3]

Jednou z možností hodnocení nákladů, který mají dopad na životní prostředí, je metoda LCA (Life cycle assessment). LCA je analýza, která hodnotí potencionální dopady na životní prostředí, které mohou vzniknout produkováním výrobků či využívanou technologií při realizaci díla. Výhodou využití analýzy LCA může být u projektů PPP zohlednění dopadu výrobků během celého životního cyklu. Životní cyklus výrobku se skládá ze získávání materiálů a výroby daného výrobku, přes jeho zabudování do stavebního díla, až po jeho odstranění a případné zpětné využití. Analýza LCA se vypracovává ve čtyřech fázích, v nichž jsou zkoumány u jednotlivých výrobků dopady na životní prostředí.³⁵ Životní cyklus každého výrobku začíná již nalezením a těžbou (či jiným získáním) obnovitelných a neobnovitelných zdrojů. Nedílnou součástí získání těchto zdrojů je i následná doprava k dalšímu zpracování. Zpracováním původních zdrojů dochází k výrobě materiálů, které mohou být dále zpracovávány nebo již zabudovány do jednotlivých projektů. Nejčastěji se původní zdroje zpracovávají pomocí paliv (energetických zdrojů) či elektrické energie. Jednotlivě vyrobené materiály jsou následně zabaleny a exportovány (dopad na životní prostředí vlivem dopravy, energetického toku a dalších použitých materiálů, např. obalů). Další fází je užívání produktu. V této fázi je již výrobek zabudován do stavby a dochází k jeho využívání a opravám. Poté, co je výrobek opotřeben a jeho životnost je v poslední fázi, je výrobek odstraněn. Součástí této fáze jsou energetické a materiálové nároky na jeho odstranění ze stavby či případně na jeho znovuvyužití. Je tedy důležité správně určit jednotlivá stádia daného produktu, jelikož ty mohou mít rozdílný dopad na životní prostředí. Jednotlivé fáze se skládají z procesů, což jsou operace, při nichž dochází k přeměně vstupů na výstupy.

³⁵ V bakalářské práci jsou detailněji popsány jednotlivé fáze metody LCA, která se skládá ze čtyř samostatných etap: první etapou je definice cílů a rozsah, kde se určuje, co se bude posuzovat. Další etapou je inventarizace životního cyklu (LCI), která zkoumá vstupní materiály a potřebné energetické toky při výrobě. Třetí etapou je posuzování dopadů životního cyklu (LCIA), kde se jednotlivé složky z LCI převádějí na dopady (např. porušení ozonové vrstvy nebo potenciál vyčerpání abiotických zdrojů). Poslední etapou je interpretace životního cyklu, která slouží ke sloučení předchozích částí a prezentaci výsledků. [87]

Materiálové a energetické toky: U vzniklých procesů musí být znám vstup a výstup, ale i navazující proces. Propojením jednotlivých procesů dochází pomocí materiálového a energetického toku. Materiálový tok lze definovat např. hmotností (kg) a energetický tok (kWh). Znamená to, že tok, který je výstupem jednoho procesu, musí být následně i vstupem dalšího procesu o stejných jednotkách.

Procesy: Jednotlivé procesy životního cyklu výrobku tvoří produktový systém. Proces v produktovém systému mění materiálové a energetické vstupy na výstupy. [82]



Obrázek 73: Procesy a toky životního cyklu výrobku [83]

12 LCCA – Posouzení nákladů životního cyklu

Posouzení nákladů životního cyklu (LCCA) je analýza, která se využívá při rozhodování o investicích v dopravním stavitelství. Pokud zadavatel rozhodne, že projekt bude realizovat, může využít analýzu LCCA a s její pomocí vyhodnotit nejlevnější a nejlepší variantu projektu. Jedná se o další metodu k metodám LCC a LCA, kde zde dochází ke srovnání alternativních variant u projektu. Stejně jako předchozí dvě analýzy, i tato by měla být provedena v předinvestiční fázi. Analýza LCCA se zaměřuje primárně na rozdílnost prací v jednotlivých variantách, a tudíž na rozdílné náklady. Společné náklady tato analýza nezpracovává. [84]

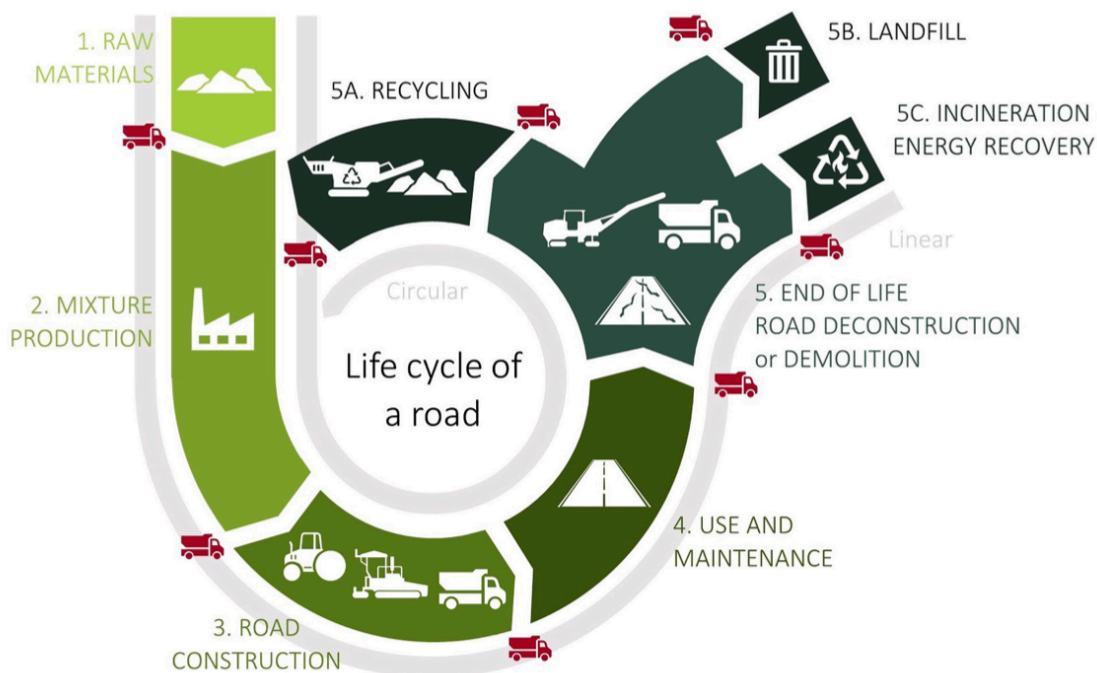
Analýza LCCA zpracovává všechny materiály a procesy, které vstupují do projektu. V praxi při zpracování analýzy LCCA u silniční infrastruktury závisí převážně na dostupnosti dat, na poznacích o zhoršujícím se stavu vozovky a odhadu nákladů uživatelů. Analýzu LCCA využíváme při porovnání více alternativ, jelikož se nejčastěji rozhoduje na základě investičních nákladů. Nicméně tyto náklady jsou jen část celkových nákladů na projekt, a proto je třeba se zabývat i dalšími fázemi, jelikož rozhodnutí o dané variantě může mít následně vliv na budoucí náklady za údržbu a opravy. LCCA zahrnuje jak náklady zadavatele, tak uživatelské náklady. [84, 85, 86]

Náklady na životní cyklus: Myšlenka LCCA bere v potaz veškeré náklady, které vzniknou během trvání celého projektu při porovnání alternativ. Schopností dopravních aktiv veřejného sektoru jsou investice několik let dopředu. Díky těmto investicím vznikají nové investice v okolí dopravních aktiv. Jelikož se jedná o náklady dlouhodobé, veřejný sektor by měl jako správný hospodář provádět analýzu budoucích nákladů, které vzniknou. Nikoliv přihlížet jen k investičním nákladům, jak se v mnoha případech děje.

Uživatelské náklady: Při porovnání variant vychází LCCA i z budoucích uživatelských nákladů, které vznikají během cestování po dopravním aktivu. Mezi tyto náklady lze přiřadit náklady za cestování nebo náklady na vozidlo. Tyto náklady však nenese zadavatel. Uživatelé vnímají kvalitu daného aktiva, což může ovlivňovat budoucí výstavbu a to, jak veřejnost zadavatele vnímá. Z důvodu zvýšení bezpečnosti a zlepšení komfortu u aktiv dopravní infrastruktury obecně roste potřeba lepší údržby na stávajících vozovkách nebo rozšíření a zkapacitnění některých úseků. Práce, které jsou potřeba pro údržbu, vyžadují vznik pracovních zón, které slouží pro ochranu dopravy a dělníků. Vznikem pracovní zóny na komunikaci se sníží kapacita vozovky, což způsobuje nárůst uživatelských nákladů (čas strávený v automobilu, zvýšené provozní náklady automobilu a vyšší riziko nehod). Metoda LCCA by měla poskytovat určitý kompromis mezi dodatečnými výdaji zadavatele a uživatelskými náklady. [85]

12.1 Životní cyklus vozovky

Na životní cyklus vozovky lze pohlédnout jako na dvě různé alternativy. První přístup zahrnuje fáze od těžby surovin (1. Raw materials) až po demolici (5.B Landfill neboli skládka a 5.C Incineration energy recovery – znovuzískání energie ze spalování). Druhý pohled zahrnuje fáze od těžby surovin až po recyklaci materiálu (5.A Recycling). Druhým přístupem dochází k udržitelnosti primárních zdrojů a opětovnému využití stávajících materiálů do nových konstrukčních vrstev. Vhodnost recyklace materiálu je třeba posoudit. Do úvahy vstupují dopravní vzdálenosti nebo změna životnosti nové konstrukce s použitým recyklovaným materiálem. Tento model lze využít i při analýzách LCC a LCA.



Obrázek 74: Životní cyklus pozemní komunikace [86]

1. Těžba surovin: S těžbou surovin začíná samotná úvaha ohledně LCCA. Již v této fázi je třeba počítat s náklady na těžbu suroviny a následnou výrobu materiálu vč. dopravních tras. Dopravní cesty mohou být rozhodující u bodu č. 5, kdy se bude rozhodovat o využití

recyklovaného materiálu nebo nových vrstev. Náklady spojené s těžbou surovin jsou v používaných materiálech, energiích, lidské práci a dopravě.

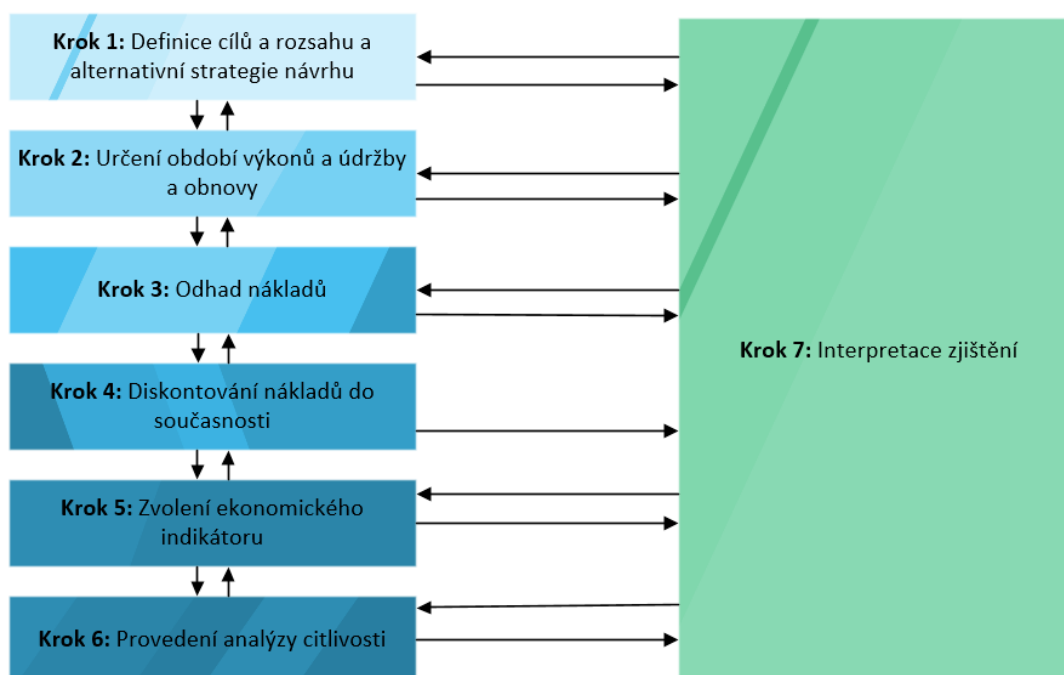
2. Výroba materiálů a směsí: Výroba asfaltových nebo cementových směsí má zásadní vliv na výši LCCA, z důvodu vysokého množství spotřebované energie při výrobě (výpal, ohřev nebo sušení). Vyšší množství energie má průmět i do recyklace. Např. s tím, že dojde ke snížení spotřeby množství primárního (čerstvě vytěženého) kameniva a použití recyklovaného, je třeba dovybavit obalovnu o ohřívač recyklovaného kameniva a dopravník, což vyžaduje další energii. Mimo spotřebu energie jsou dalšími náklady manipulace, emisní povolenky či doprava na projekt.

3. Výstavba: Realizace dálniční stavby se skládá z různých procesů s využitím odlišných technologií. Mimo dopravu materiálu na stavbu je třeba počítat s případnou další manipulací a staveništní dopravou. Dále do výstavby vstupují různé stroje (vč. jejich spotřeby paliva) a bezpečnostní opatření na stavbě.

4. Provoz a údržba: Jedná se o fázi, která slučuje interakci mezi vozidly uživatelů a stavem povrchu vozovky (její životností). Do této části je třeba započítat náklady uživatelů, jako je spotřeba paliva, opotřebením pneumatik nebo údržba vozidla. Ve fázi provozu je třeba průběžně kontrolovat stav vozovky, která může mít vliv na spotřebu paliva. Stav vozovky je ovlivněn klimatickými podmínkami (děšť nebo sníh) a zatížením způsobeným člověkem (doprava), což způsobuje opotřebením materiálu a snížení životnosti. Je důležité nastavit systém údržby a obnovy, který prodlužuje životnost vozovky. Údržba má pak mimo materiálových nákladů i náklady na stroje, energie, lidskou práci nebo dopravu.

5. Konec životnosti – recyklace/dekonstrukce/demolice: Poslední fází života vozovky, která vstupuje do celkového životního cyklu, je konec životnosti, kdy se rozhodujeme mezi recyklací a demolicí. V této etapě vznikají tři možné scénáře. Prvním je recyklace, která je popsána v kap. 7 - Recyklace asfaltových vozovek. Původní materiál můžeme znovu využít do nových konstrukčních vrstev. Druhým scénářem je uložení vybouraného materiálu na skládku, což je ovšem nevhodné s ohledem na životní prostředí. Zatímco je materiál uložen na skládku, pro další výstavbu čerpáme další přírodní zdroje. Posledním scénářem je vznik materiálů, které musí být zlikvidovány z důvodu zvýšeného obsahu nebezpečných škodlivin. V případě asfaltové směsi to může být vysoký obsah dehtu, který je spojen s vysokou koncentrací polycyklických aromatických uhlovodíků. Tento materiál je zaříděn jako ZAS-T4 dle vyhlášky č. 130/2019 Sb.

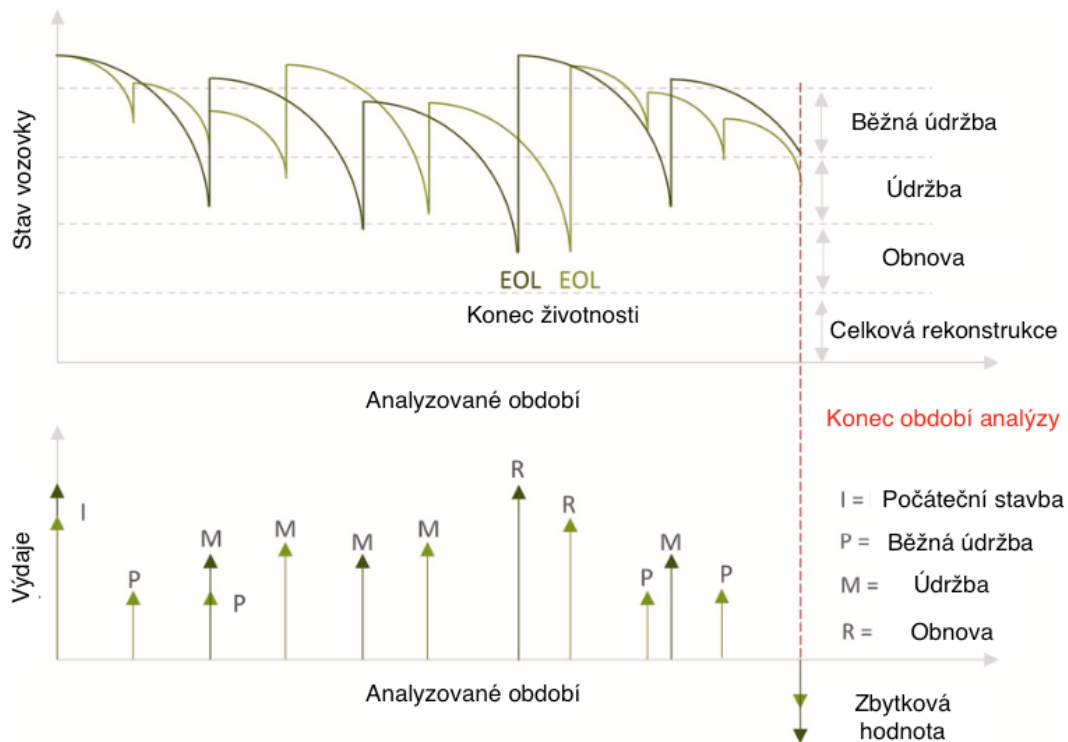
12.2 LCCA v silničním stavitelství – procesy a kroky



Obrázek 75: Kroky a procesy LCCA (vlastní úprava) [86]

Krok 1 - Definice cílů a rozsahu a alternativní strategie návrhu: Prvním krokem v analýze LCCA je proces definování cílů a rozsah uvažovaného projektu. V rámci kroku 1 dochází k porozumění projektu a návrhu případných alternativních možností, což může ovlivnit budoucí náklady uživatelů, investiční náklady, náklady na opravu a údržbu či náklady na rekonstrukci/demolici. Následující náklady se analyzují ve zkoumaném období, které je u projektů PPP stanoveno délkou smlouvy mezi veřejným a soukromým sektorem.

Krok 2 - Určení období výkonů a údržby a obnovy: Po rozhodnutí o alternativách návrhu, rozsahu projektu a stanovení délky zkoumaného období je třeba stanovit životnost vozovky neboli období, kdy nově vybudovaná komunikace nebude potřebovat opravy, a také předpokládanou dobu údržby a opravy na vozovce. Na základě toho se vytváří tzv. model předpovědi výkonu vozovky (PPPM). Tento model reflektuje zkušenosti z předchozích projektů a měl by předpovídat optimální načasování pro údržbu a opravy na základě zhoršujícího se stavu vozovky z důvodu stárnutí, provozu či vlivu klimatických podmínek. PPPM je znázorněn na obrázku č. 76, kde jsou vidět dva modely vozovky v analyzovaném období. Tyto dva modely mají rozdílnou údržbu a opravy v čase. Ve spodním grafu jsou na obrázku uvedeny výdaje na obě varianty v analyzovaném období. Je zřejmé, že postupem času se kvalita vozovky zhoršuje, což vede k potřebě její údržby/opravy. Na základě provedených prací se stav vozovky zlepšuje. Jeden model sleduje alternativu, kdy je vozovka opravována častěji. Tyto opravy zpravidla generují nižší náklady a dosahujeme s nimi zlepšení technických parametrů vozovky na požadovaný stav. Ovšem nevýhodou je častější vznik pracovních míst na pozemní komunikaci. Druhý model sleduje pouze větší údržby/obnovy, které jsou méně časté, ale představují vyšší náklady v daném čase. Pro výběr optimální strategie je nutné zpracovat alternativy a následný dopad do LCC.

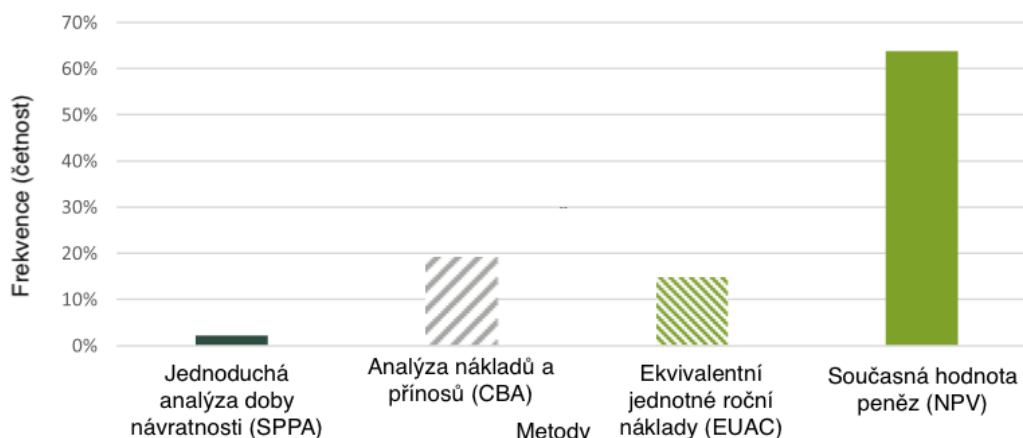


Obrázek 76: Model předpovědi výkonu vozovky v závislosti na výdajích v čase (vlastní úprava) [86]

Krok 3 - Odhad nákladů: V analýze LCCA lze náklady rozdělit na současné a budoucí. Dále lze náklady rozdělit na hmotné a nehmotné. Hmotné náklady vznikají zadavateli (ŘSD) či organizacím, které provozují daný úsek (např. jednotlivým SSÚD). Hmotné náklady jsou investiční náklady nebo náklady na údržbu. Nehmotné náklady jsou náklady, které vznikají z důvodu realizace projektu. Nejčastěji jsou to uživatelské náklady. V rámci zpracování dálničního LCCA se tedy náklady rozdělují mezi zadavatele (provozní střediska) a uživatelské náklady. Tyto náklady jsou detailněji popsány v kap. 12.3 – *Náklady zadavatele a uživatelské náklady*.

Krok 4 - Diskontování nákladů do současnosti: Diskontování nákladů se využívá u projektů, kde vznikají náklady v čase, a hledáme současnou hodnotu peněz (NPV). Diskontování a výpočet současné hodnoty peněz je popsán v kap. 9.4 – *Srovnání a vyhodnocení*.

Krok 5 - Zvolení ekonomického indikátoru: Jakmile jsou nalezeny a ohodnoceny veškeré vzniklé náklady na projekt, začíná výpočet LCCA. Nejčastěji se k tomuto výpočtu volí čtyři druhy ekonomických ukazatelů.



Obrázek 77: Četnost použitých ekonomických ukazatelů na projektech (n = 47) (vlastní úprava) [86]

Jednoduchá analýza doby návratnosti (SPPA): Analýza vyhodnocuje celkovou dobu, která uplynula od investičních a provozních nákladů, po dobu, kdy kumulativní úspory dosáhly vyrovnání investic. Přestože se jedná o zajímavou metodu, nemělo by docházet k tomu, aby v modelu LCCA byla využívána samostatně.

Analýza nákladů a přínosů (CBA): LCCA zkoumá různé varianty projektu a analýza CBA dělá toto porovnání ohledně nákladů a přínosů v daném projektu. Tuto analýzu lze využít např. u výroby jednotlivých směsí a jejich dopadů na životní prostředí. Analýza může být tedy součástí zjednodušeného hodnocení udržitelnosti. Nevýhodou CBA je, že se zaměřuje čistě na určitou část projektu, což je pro hodnocení LCCA nevýhodné, a tato analýza je vhodná s kombinací další analýzy.

Současná hodnota peněz (NPV): Metoda, která kvantifikuje jednotlivé náklady v projektu a pomocí diskontování budoucích hodnot je převádí na současnou hodnotu peněz. NPV lze využívat, pokud jsou jednotlivé alternativy zkoumány ve stejném období.

Ekvivalentní jednotné roční náklady (EUAC): Oproti NPV lze tuto metodu využívat u alternativ, kde se předpokládají různá období analýzy u jednotlivých variant. Tento model je vhodný využít např. u porovnání asfaltové a betonové vozovky.

Tabulka 3: Výhody a nevýhody ekonomických indikátorů (vlastní úprava) [86]

| - | Ekonomický indikátor | Výhody | Nevýhody |
|---|--|--|--|
| 1 | Jednoduchá analýza doby návratnosti (SPPA) | Definuje období návratnosti počátečních investičních nákladů | Pokud není použita metoda diskontované doby návratnosti, tak nezohledňuje hodnotu času |
| 2 | Analýza nákladů a přínosů (CBA) | Zvažuje další neekonomické výhody | Často zkoumá pouze část projektu (výrobní náklady) a tím nelze určit LCC |
| 3 | Současná hodnota peněz (NPV) | V jedné hodnotě představuje LCC (vhodné pro srovnání více variant) | Varianty projektu musí mít stejné období analýzy |
| 4 | Ekvivalentní jednotné roční náklady (EUAC) | Lze porovnávat jednotlivé varianty s různým časovým obdobím | Nejedná se o LCC, jelikož jsou uvedeny průměrné roční náklady |

Krok 6 – Provedení analýzy citlivosti: Výsledky LCCA jsou ovlivněny budoucími nejistotami, jelikož náklady budoucích prací jsou založeny na odhadech a literárních odborných zdrojích. Z toho důvodu se provádí analýza citlivosti, která zkoumá různé variace vstupních parametrů a odolnost analýzy.

12.3 Náklady zadavatele a uživatelské náklady

12.3.1 Náklady zadavatele

Jedná se o náklady, které zadavatel vloží do celého životního cyklu projektu. Jedná se především o náklady za inženýring, projektování, realizaci, údržby a opravy a případnou demolici, dekonstrukci či recyklaci. Z důvodu alternativních návrhů v předinvestiční fázi jsou náklady rozděleny na investiční náklady, náklady na provoz a údržbu a náklady na demolici či recyklaci – tedy celkovou rekonstrukci vozovky. Analýza LCCA předpokládá při porovnání alternativ pouze výpočty v nákladech (položkách v soupisu prací), které jsou rozdílné. Dříve se nerozlišovala doba výstavby, ovšem ta může mít vliv na náklady dopravy. Předpokládá se, že realizace s nejdelší dobou výstavby má tyto náklady nejvyšší. Další náklady, které bývají na straně zadavatele opomenuty, jsou náklady spojené s návrhem konstrukce a jednotlivých kompozitních směsí. Porovnání nákladů v kap. 12.3.2 – *Uživatelské náklady* ukazuje porovnání jednotlivých nákladů. Mezi náklady jsou zobrazeny např. náklady za materiály (ME), výrobu (MP) a realizaci (RC). Z porovnání používaných nákladů u případových studií je zřejmé, že tyto náklady jsou zahrnuty v nákladových složkách ve velkém množství. Oproti tomu např. doprava (T) během realizační fáze je ze 77 % buď vyloučena, nebo neznámá. V provozní fázi je vidět, že náklady uvažované na běžnou údržbu (P) jsou velmi nízké, ovšem při důsledně prováděné pravidelné běžné údržbě reálně dochází k prodloužení životnosti vozovky a ke snížení nákladů za větší opravy. Poslední fází nákladů zadavatele jsou náklady spojené s koncem životnosti vozovky. Ty souvisí např. s náklady za demolici/recyklaci, dopravou, zpracováním odpadu nebo zbytkovou hodnotou. Obrázek názorně ukazuje, že jednotlivé složky spojené s koncem životnosti vozovky jsou vyloučeny, a není s nimi v nákladech uvažováno. Další náklady představuje zbytková hodnota (RV), jež je definována životností vozovky, která přesáhne analyzované období, a zhodnocovací hodnota (SV), jež je definována hodnotou materiálu pro využití recyklace. Jedná se o materiály, které jsou uloženy ve vozovce na konci sledovaného období.

Zhodnocovací hodnota (SV): Zhodnocovací hodnota materiálu na konci analyzovaného období se vypočítá na základě ceny primárních materiálů, která je ponížena o náklady za zpracování recyklovaného materiálu.

$$SV = \left(\sum_{i=0}^n x_i * (UME_i * UT_i * L_i) - UWP_{rec.} - UT_{rec.} * L_{rec.} \right)$$

SV.....zbytková hodnota po recyklaci [CZK/tun]

x_ihmotnostní procento materiálu [%-hm.]

irecyklovaný obsah

UME_ijednotková cena materiálu [CKZ/tun]

UT_ijednotková cena za přepravu materiálu [CKZ/(tun*km)]

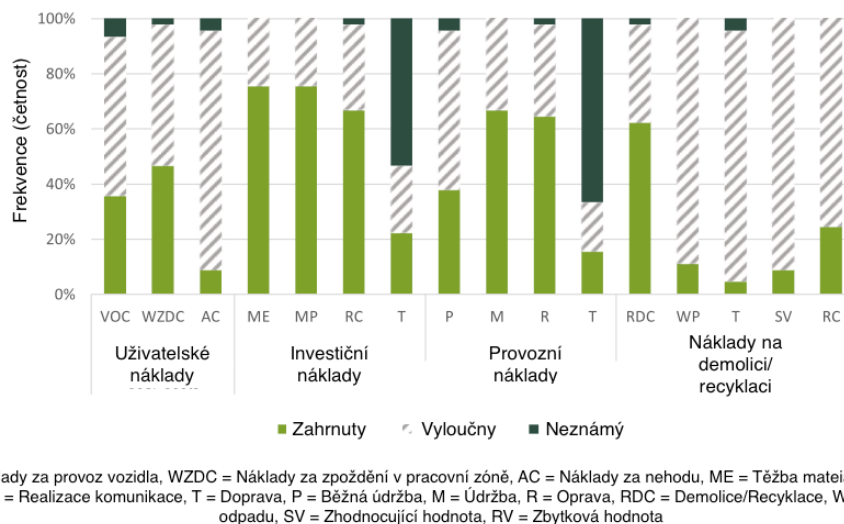
L_ipřepravní vzdálenost [km]

$UWP_{rec.}$jednotkové náklady na zpracování recyklovaného materiálu

[CKZ/tun]
 UT_{rec}jednotková cena za přepravu recyklovaného materiálu
 [CKZ/(tun*km)]
 L_{rec}převážní vzdálenost recyklovaného materiálu [km]

12.3.2 Uživatelské náklady

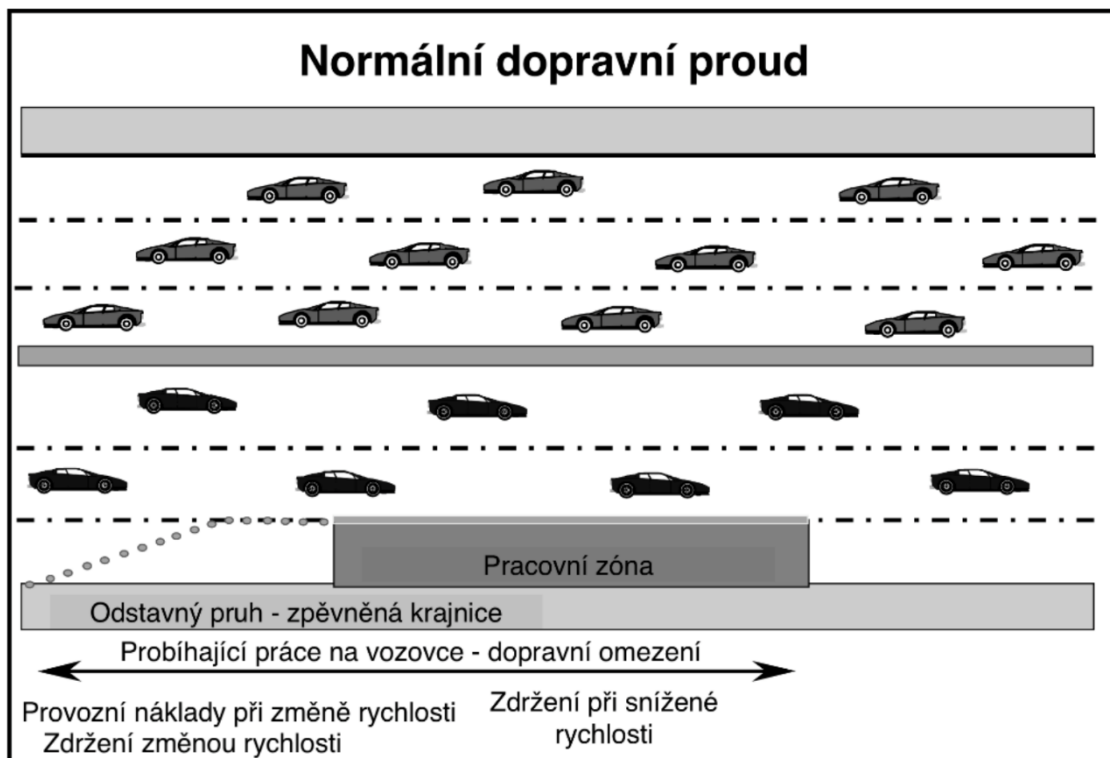
Uživatelské náklady vznikají veřejnosti při využívání veřejných pozemních komunikací. Nejčastěji se jedná o náklady za provoz vozidla (VOC), náklady za zpoždění v pracovní zóně (WZDC) a náklady spojené s odstraněním dopravní nehody a jejích následků (AC). Tyto náklady bývají velmi často vyloučeny z analýzy LCCA. Je to dáno tím, že se jedná o velmi složitý výpočet a náklady nejsou spojeny se zadavatelem přímo. Nicméně tyto náklady se vážou na celospolečenské hodnoty, jelikož jsou komunikace placeny z veřejných peněz. Velmi často se tyto náklady vylučují, protože se předpokládá identická doba výstavby a tyto náklady by tedy neměly vznikat. Ovšem plánovaná údržba a opravy se mohou lišit, což má na uživatelské náklady vliv. [86]



Obrázek 78: Frekvence nákladových složek používaných u případových studií (n=45) (vlastní úprava) [86]

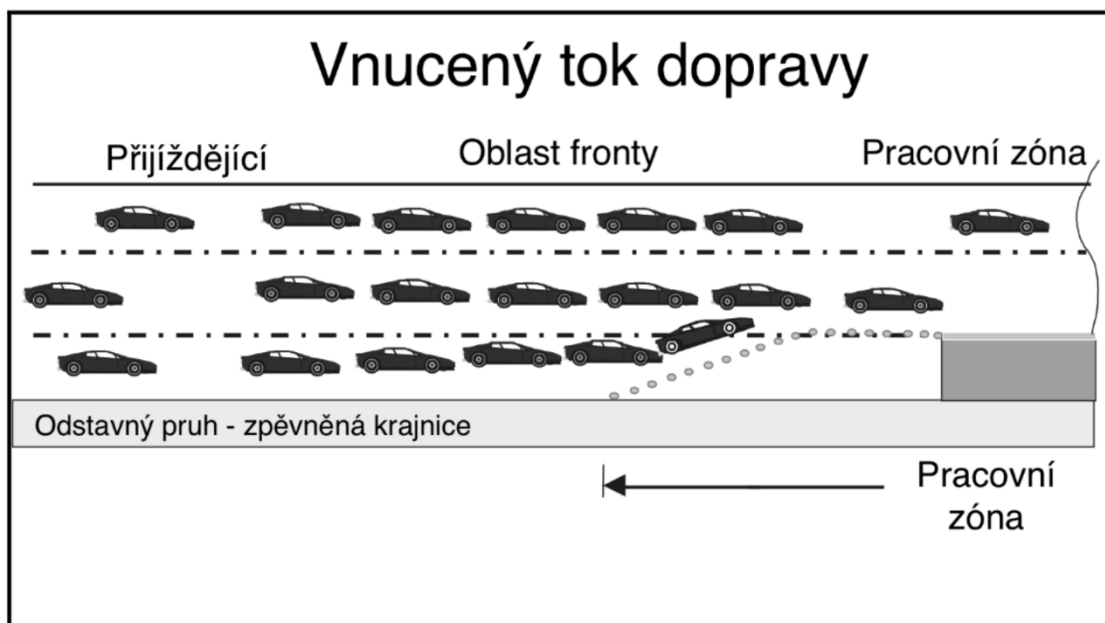
Pracovní zóny: Pracovní zóna je část pozemní komunikace, kde prováděná údržba nebo oprava během provozní fáze ovlivňuje jízdní pruhy nebo jízdní pás. Každá jednotlivá pracovní zóna by měla být analyzována samostatně, jelikož ovlivňuje tok dopravy a uživatelské náklady odlišně.

Normální dopravní proud: Jedná se o dopravní situaci, kdy pracovní zóna omezuje dopravní tok na komunikaci buď snížením kapacity provozu, nebo omezením rychlosti v blízkosti pracovní zóny. U normálního dopravního proudu budou muset řidiči zpomalit z důvodu snížení rychlosti před pracovní zónou. V blízkosti pracovní zóny se budou vozidla pohybovat sníženou rychlostí a následně po ukončení zóny dojde znovu ke zrychlení. U této varianty dochází k uživatelským nákladům z důvodu snížení rychlosti, a tím k prodloužení času jízdy. Zvýší se tak i provozní náklady vozidla. Většinou dochází k minimálnímu zpoždění. Spíše dochází ke snížení komfortu jízdy a negativním reakcím veřejnosti (či jednotlivých uživatelů).



Obrázek 79: Pracovní zóna – normální dopravní proud (vlastní překlad) [84; 87]

Vnucený tok dopravy: Pokud hodinová poptávka po dopravě překročí kapacitu průjezdu kolem pracovní zóny, dochází k vytváření kongescí. Většinou dochází k vytvoření fronty již před pracovní zónou. Při vytvoření fronty musí přijíždějící vozidla před pracovní frontou zpomalit a může dojít taktéž k úplnému zastavení dopravního prostředku. U tohoto typu dopravy vznikají náklady za zastavení vozidla, s tím spojené zpoždění a také dodatečné náklady za provoz vozidla. Při průjezdu pracovní zónou vznikají řidičům také náklady na vozidle spojené s jízdou „stop-start“. [84]



Obrázek 80: Pracovní zóna – vnucený dopravní proud (vlastní překlad) [84; 87]

Náklady za zpoždění v pracovní zóně (WZDC) se počítají na základě doby zpoždění z důvodu vzniku pracovní zóny, hodnoty času a následně počtu vozidel, kteří jsou ovlivněni pracovní zónou.

$$WZDC = t_{WZD} * AADT * t_{WZ} * VOT$$

$$t_{WZD} = t_{SR} * t_Q$$

$$t_Q = \frac{L_Q}{v_Q}$$

$$t_{SR} = \frac{L_{WZ}}{v_{WZ}} - \frac{L_{WZ}}{v_O}$$

| | |
|------------------------|--|
| WZDC..... | celkové náklady za zpoždění v pracovní zóně [CZK] |
| AADT..... | roční průměrný denní provoz |
| VOT..... | hodnota času [CZK/hod] |
| t _{WZD} | doba zpoždění v pracovní zóně [hod] |
| t _{SR} | zpoždění v pracovní zóně při snížení rychlosti [hod] |
| t _Q | zpoždění ve frontě [hod] |
| t _{WZ} | doba trvání pracovní zóny [den] |
| L _Q | průměrná délka fronty [km] |
| v _Q | rychlost ve frontě [km/h] |
| L _{WZ} | délka pracovní zóny [km] |
| v _{WZ} | rychlost v pracovní zóně [km/h] [86] |

13D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží

Do praktické části diplomové práce jsem zvolil dálniční projekt D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží, který byl vypsán Ředitelstvím silnic a dálnic jako veřejná zakázka formou měřeného kontraktu. V diplomové práci se ustupuje od formy měřeného kontraktu a pohlíží se na projekt, jako kdyby byl vypsán formou PPP projektu. Pro tyto účely byl projekt zjednodušen. Z původního projektu, který poskytl zadavatel, byl vybrán objekt SO 101 (hlavní trasa), na kterém je provedena analýza LCC. Analýza LCC posuzuje tři varianty skladby vozovky. V úvodní pasáži se praktická část věnuje investičním nákladům, na které je následně vypracován časoprostorový harmonogram pro realizaci SO 101.1 (referenční varianta s původní vozovkou) a SO 101.2 (varianta „1“ s optimalizovanou vozovkou). V další části se práce věnuje pohledu na provozní fázi, kde jsou porovnávány provozní náklady vzniklé během 30 let provozu. V souvislosti s těmito náklady vznikají i náklady za dostupnost dálničního úseku (platby za dostupnost). Platby za dostupnost jsou vytvořeny na základě zjednodušené úvahy nedostupnosti jednotlivých dálničních pruhů či pásu. Na provozní fázi je stejně jako u fáze investiční vytvořen časoprostorový harmonogram pro jednotlivé varianty. Poslední pasáží praktické části je zjednodušený pohled na environmentální zhodnocení projektu.

Samotná práce se věnuje objektu SO 101 – hlavní trasa, kde byly vytvořeny tři skladby vozovky pro porovnání nákladů během celého životního cyklu. Oproti své bakalářské práci *„Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu“*, kde se porovnání vozovek zaměřovalo čistě na stmelené vrstvy vozovky, zde dochází k porovnání nákladů na celém stavebním objektu. Z pohledu práce se předpokládá, že projekt je vypsán jako veřejná zakázka formou PPP projektu. Pohled čistě na hlavní trasu (tedy na jeden stavební objekt) znamená, že např. jeden člen sdružení si vezme tento objekt pod sebe, tzv. na klíč, a bude tento objekt realizovat a následně i spravovat během celého životního cyklu projektu.

13.1 Popis projektu – SO 101

Projekt je součástí jihočeské části dálnice D3, která vede k rakouským hranicím. Trasa je vedena na zelené louce a jedná se tak o tzv. *„greenfieldový projekt“*, kdy je výstavba realizována na území, které není stavebně upraveno z dřívější doby člověkem. Stavba bude realizována během dvou stavebních sezón a následně bude probíhat provozní fáze, která bude trvat 30 let. Délka úseku je 8,539 km. Staničení projektu je 151,011 – 159,550. Součástí hlavní trasy jsou i mostní objekty a propustky, které nejsou součástí řešeného hodnocení a porovnání v této diplomové práci. Nicméně součástí objektu SO 101 je jeden propustek v km 155,415 (součástí nepřekládané vedlejší komunikace nižší třídy). Tato část objektu bude oceněna v investičních nákladech a následně bude též součástí harmonogramu. Součástí hlavní trasy jsou dále i zpevněné plochy kolem vodotečí pod objekty SO 211, SO 204 a SO 101.23. Tyto položky jsou taktéž oceněny v soupise prací a jsou součástí časoprostorového harmonogramu. Objekt SO 101 řeší samotnou hlavní trasu, která je navržena jako směrově rozdělená komunikace. Komunikace byla navržena v kategorii D25,5/120. Tedy dálnice o kategoriijní šířce 25,5 m (jedná se o rozměr mezi krajním svodidlem a směrovým sloupek z vnitřní strany). Druhé číslo značí návrhovou rychlost na komunikaci, která je 120 km/h. Vzorové příčné řezy pro varianty SO 101.1 -

Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka; SO 101.2 - Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka a SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu jsou součástí **přílohy 1 k diplomové práci**. Projekt řeší čtyřproudovou směrově rozdělenou pozemní komunikaci. Dálnice je rozdělena do dvou jízdních pásů, které se skládají z dvou jízdních pruhů a zpevněné krajnice. Jednotlivé pásy jsou rozděleny pomocí středního dělícího pásu, jehož součástí je ochranné svodidlo. Na projektu je i mimoúrovňová křižovatka (objekt SO 102.2 a SO 102.2), v jejíchž místě se dálniční vozovka rozšiřuje z 10,75 m na 12,00 m. Hlavní trasa dále řeší i sjezd k retenční nádrži, kde je navržena pozemní komunikace o šířce 4,00 m. Realizace retenční nádrže je součástí neřešeného objektu SO 101.1.

Tabulka 4: Základní data o řešené projektu

| Základní informace o řešeném projektu D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží | | | | | |
|--|----------------------|-------------------|-------------------------|---------------|-------|
| Délka trasy: | 8 539 | [m] | Koncesní smlouva: | 32 let | [let] |
| Kategorie: | D25,5/120 | [-] | Doba výstavby: | 2 roky | [let] |
| Plocha vozovky: | 174 177 | [m ²] | Provozní fáze: | 30 let | [let] |
| Platební mechanismus: | Platby za dostupnost | [-] | Počet řešených variant: | 3 | [ks] |
| Druh stavby: | Novostavba, liniová | [-] | Údržba/oprava: | Střední/těžká | [-] |

Samotná práce řeší pouze objekt SO 101 – Hlavní trasa. Ovšem součástí projektu jsou i další objekty (objekty řady 000 – 1 objekt; objekty řady SO 100 – 32 objektů vč. SO 101; objekty řady SO 200 – 13 objektů; objekty řady SO 300 – 15 objektů; objekty řady SO 400 - 9 objektů; objekty řady SO 800 – 6 objektů a objekty řady SO 900 – 1 objekt). Všechny náklady, výpočty a vytvořené harmonogramy se zabývají pouze objektem SO 101 a jeho variantními řešeními. Smlouva mezi zadavatelem (veřejný sektor) a zhotovitelem (soukromý sektor) bude podepsána na 32 let, kde se předpokládá, že doba výstavby bude trvat na základě předložených harmonogramů 2 stavební sezóny (2022 - 2023) a provozní fáze bude následně trvat 30 let (2024 – 2054). Po uplynutí provozní fáze bude projekt předán zpět do rukou veřejného sektoru. V provozní fázi projektu se diplomová práce bude věnovat střední a těžké údržbě na dálniční vozovce. Diplomová práce v provozní fázi zkoumá údržbu čistě na skladbě vozovky. Práce tedy nezkoumá veškeré zabudované materiály a jejich údržbu (např. svodidla či čištění odvodňovacích prvků). V případě svodidel je pravděpodobné, že k jejich výměně během celé koncesní doby dojde. I zde však lze volit různé optimalizace – například ocelové vs. betonové svodidlo s různou životností a nároky na údržbu. Dále se práce nezabývá tzv. měkkou údržbou (např. zimní údržba či péčí o zeleň). Práce neřeší i budoucí náklady oprav v případě nehod na řešeném úseku. Platebním mechanismem byl zvolen model plateb za dostupnost, který bude vypočítán samostatně. Mechanismus výpočtu srážek za nedostupnost bude popsán v samostatné kapitole 13.5.2 – *Srážky za nedostupnost*.

Pro lepší přehled o projektu bylo vytvořeno s pomocí softwarového nástroje TILOS přehledné schéma projektu. Na schématu jsou znázorněny i mostní objekty (objekty řady SO 200), které nejsou součástí řešení této práce, ale jsou nedílnou součástí hlavní trasy dálničního úseku. Jednotlivá staničení mostních objektů jsou zřejmá z tabulky č.5 – *Staničení vozovky D3 0311*. Staničení je totožné pro všechny zkoumané varianty. V posledním sloupci byla doplněna poznámka o informaci o skladbě vozovky, aby bylo možné přepočítat jednotlivá množství použitého materiálu při změně skladby vozovky.

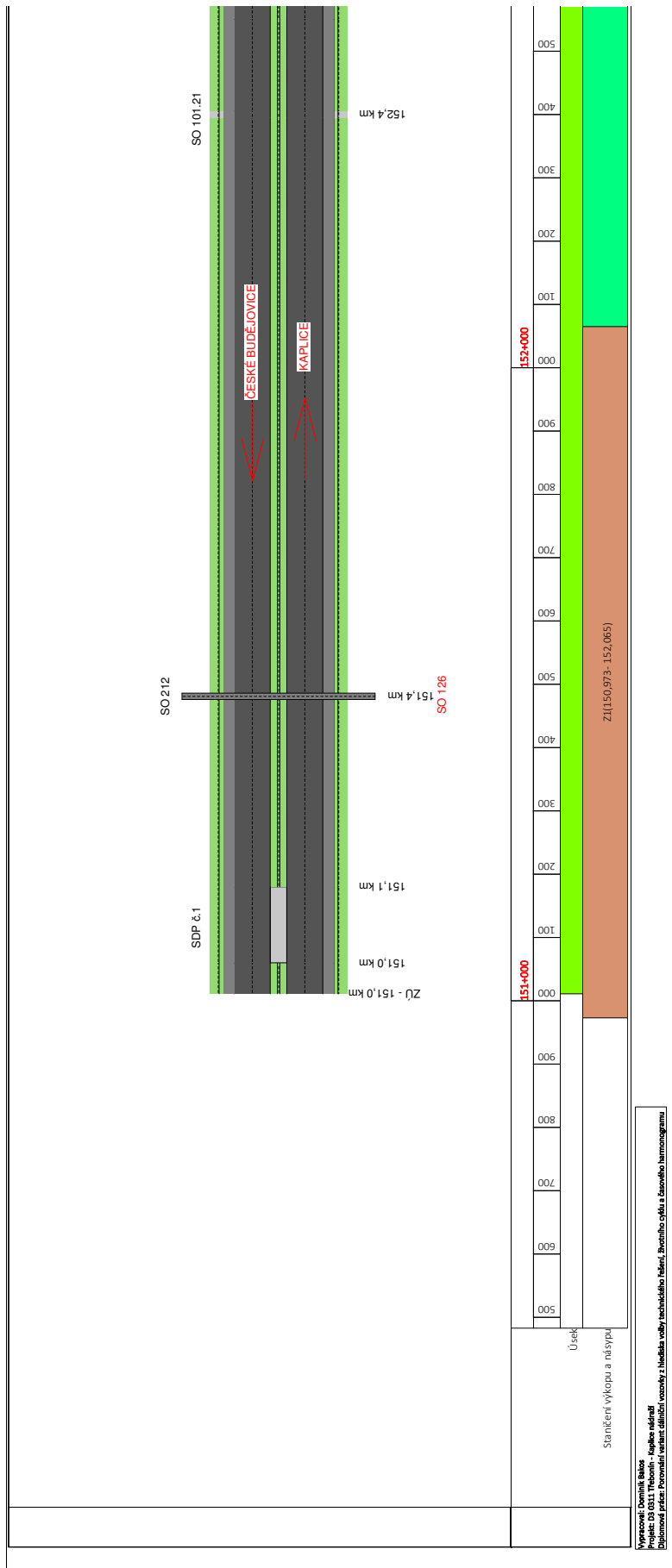
Tabulka 5: Staničení vozovky D3 0311

| Staničení vozovky (Varianty SO 101.1; SO 101.2 a SO 101.3) | | | | |
|--|-------------------|-----------------|-------|-------------------------------------|
| Typ | Začátek staničení | Konec staničení | Délka | Poznámka |
| [-] | [km] | [km] | [m] | [-] |
| Vozovka | 151,011 | 152,399 | 1 388 | |
| SO 101.21 | 152,399 | 152,401 | 2 | Propustek - celá konstrukce vozovky |
| Vozovka | 152,401 | 152,600 | 199 | |
| SO 201 | 152,600 | 152,618 | 18 | |
| Vozovka | 152,618 | 152,972 | 354 | |
| SO 202 | 152,972 | 153,032 | 60 | |
| Vozovka | 153,032 | 154,249 | 1 217 | |
| SO 204 | 154,249 | 154,373 | 124 | |
| Vozovka | 154,373 | 154,601 | 227 | |
| SO 205 | 154,601 | 154,606 | 6 | |
| Vozovka | 154,606 | 155,391 | 785 | |
| SO 206 | 155,391 | 155,487 | 96 | |
| Vozovka | 155,487 | 155,884 | 397 | |
| SO 207 | 155,884 | 155,898 | 15 | Celá konstrukce SO 101 |
| Vozovka | 155,898 | 157,031 | 1 133 | |
| SO 208 | 157,031 | 157,113 | 82 | |
| Vozovka | 157,113 | 158,089 | 976 | |
| SO 101.22 | 158,089 | 158,091 | 2 | Propustek - celá konstrukce vozovky |
| Vozovka | 158,091 | 158,725 | 634 | |
| SO 101.23 | 158,725 | 158,727 | 2 | Propustek - celá konstrukce vozovky |
| Vozovka | 158,727 | 158,949 | 222 | |
| SO 210a | 158,949 | 158,989 | 39 | |
| Vozovka | 158,989 | 159,051 | 62 | |
| SO 210b | 159,051 | 159,090 | 39 | |
| Vozovka | 159,090 | 159,322 | 232 | |
| SO 211 | 159,322 | 159,473 | 151 | |
| Vozovka | 159,473 | 159,550 | 77 | |

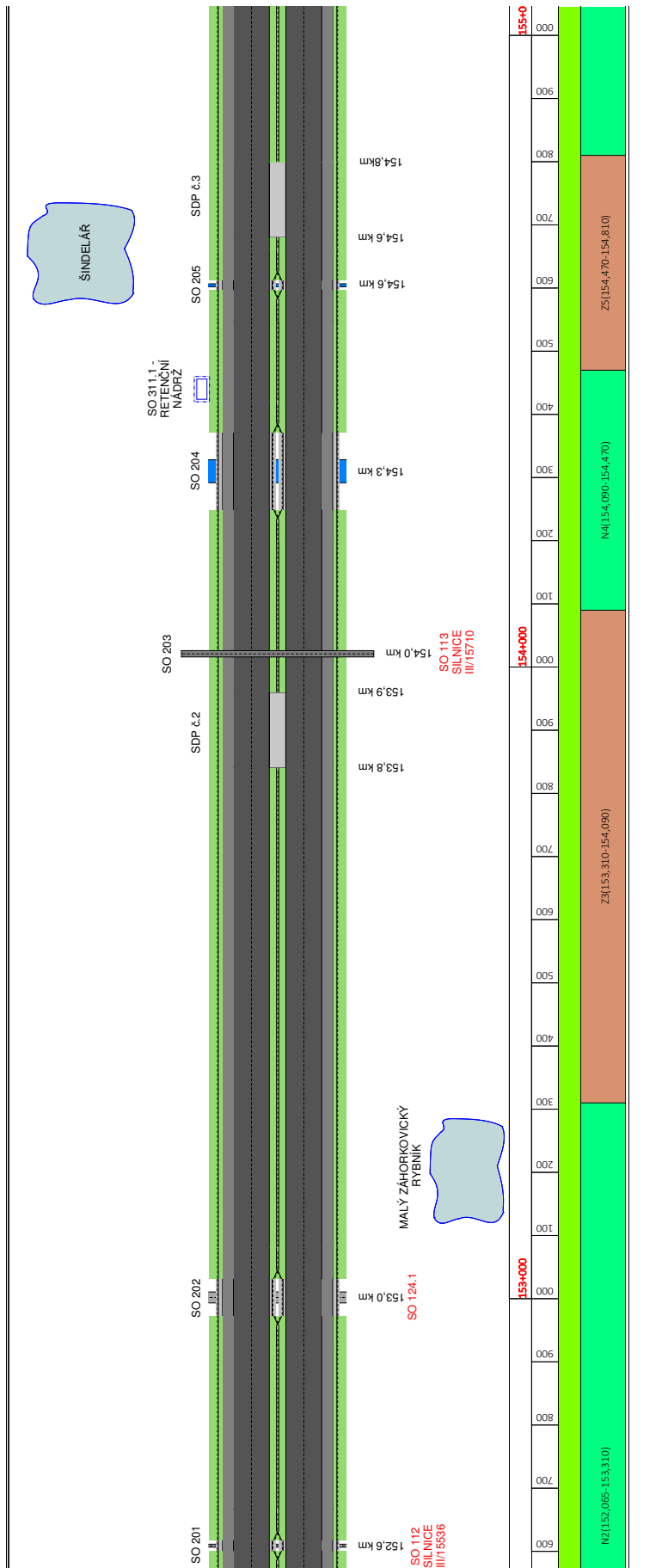
Jak je zřejmé, délka vozovky je 7,924 km. Tento údaj byl následně použit při tvorbě množství u optimalizovaných variant vozovek u objektů SO 101.2 a SO 101.3. Tabulka č. 5 a 6 ukazuje důležitost důkladného prozkoumání podkladů, protože některé objekty (např. SO 207) mohou být v dostatečné hloubce a zemní práce a skladba vozovky již spadá do hlavní trasy.

Tabulka 6: Výpočet délky vozovky a mostních objektů

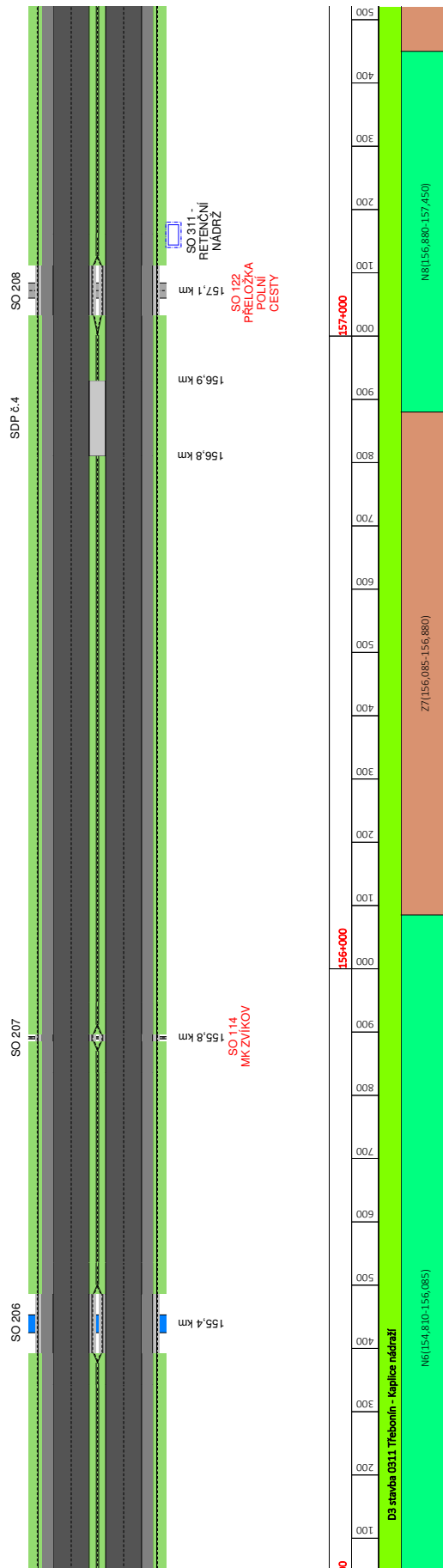
| Název | Délka | Poznámka |
|---------|-------|---|
| [-] | [m] | [-] |
| Vozovka | 7 924 | vozovka vč. SO 101.21; SO 207; SO 101.23; SO 101.22 |
| Mosty | 615 | SO 201, SO 202, SO 203, SO 204, SO 205, SO 206, SO 208, SO 210a, SO 210b a SO 211 |
| Celkem | 8 539 | - |



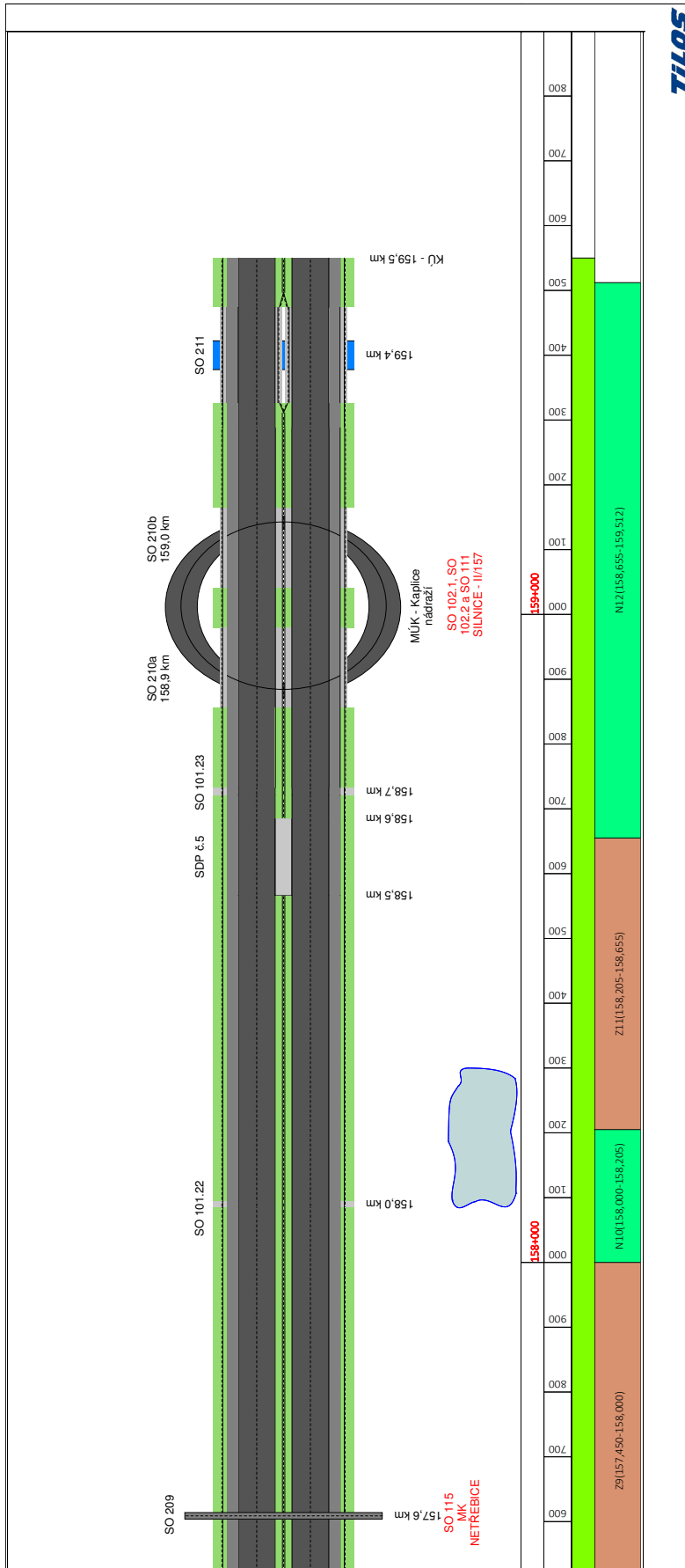
Obrázek 81: Schéma řešeného úseku (1/4)



Obrázek 82: Schéma řešeného úseku (2/4)



Obrázek 83: Schéma řešeného úseku (3/4)



Obrázek 84: Schéma řešeného úseku (4/4)

13.1.1 Minimální technické požadavky zadavatele

Jak již bylo zmíněno v teoretické části práce, u projektů PPP je třeba zadat minimální technické požadavky. Požadavky zadává zadavatel a uchazeč je musí znát v době před odevzdáním nabídky, aby mohl projekt správně ocenit a navrhnout v souvislosti s respektováním těchto požadavků. PPP projekty mají pro uchazeče výhodu, že v rámci prací předběžné přípravy (před odevzdáním nabídky) může projekt po technické stránce optimalizovat. Tato optimalizace ovšem musí být v souladu s minimálními technickými požadavky, které musí zadavatel vytvořit. Zadavatel poskytnutými podmínkami vytvoří tzv. rozsah optimalizací, který je schopen přijmout. Tyto požadavky by měly být měřitelné, jednoduše kontrolovatelné, aby mohl různé varianty porovnávat mezi sebou nebo mezi vytvořeným PSC. Minimální technické požadavky se vytváří pro všechny jednotlivé fáze zvláště s ohledem na rozsah smlouvy a projekt. V diplomové práci jsou vytvořeny tyto požadavky na objekt SO 101 pro projektovou fázi, realizační fázi, fázi provozu a při předání díla zpět do rukou zadavatele.

Celkem 17 minimálních technických požadavků bylo stanoveno pro návrhovou a realizační fázi. Některé požadavky v tabulce jsou využity při práci. Např. body 1 a 2, kde zadavatel umožňuje změnu skladby vozovky (skladba může být i menší tloušťky, než jím navrhovaná), za předpokladu, že nedojde k úpravě nivelety trasy. Tento bod byl dodržen, kdy jednotlivé skladby vozovky jsou detailněji popsány v kapitole 13.1.2 – *Skladby vozovky* a vyvolané snížení tloušťky skladby, které má následný dopad na zemní práce je řešeno v kap. 13.2.1 – *Rozdíl zemních prací*.

Tabulky č. 7: Minimální technické požadavky pro návrh a realizaci; č. 8: Minimální technické požadavky pro provoz a č. 9: Minimální technické požadavky při předání stavby zpět veřejnému sektoru jsou převzaty z bakalářské práce „*Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu*“. Pouze tabulka č. 7 byla v rámci diplomové práce rozšířena o požadavky na celý objekt. [87]

Další body technických požadavků pro návrhovou a realizační fázi se soustředí na změny využití materiálů, kdy zadavatel požaduje použití stejných materiál nebo vyšší třídy/úrovně zadržení (betonové konstrukce nebo svodidla). Použitím vyšší třídy betonové konstrukce může dojít ke zvýšení trvanlivosti a tedy i životnosti konstrukce. Tento fakt může mít pozitivní finanční vliv pro zhotovitele z hlediska budoucích zásahů do konstrukce. Bod č. 16 specifikuje minimální výstup harmonogramu pro realizační část. Jedná se o požadavky, co musí harmonogram obsahovat. Harmonogram je součástí přílohy č. 3 a je popsán v kapitole 13.3 – *Realizační harmonogram*. Následně jsou zde zmíněny požadavky z pohledu kvality při uvedení vozovky do provozu. Nicméně tyto parametry jsou zde uvedeny pouze informativně, jelikož je nelze dostatečně dobře vyhodnotit v rámci práce (protismykové vlastnosti nebo nerovnost povrchu)³⁶. Určitým vodítkem by mohlo být ocenění rizik či případných nákladů při nedodržení těchto kvalitativních podmínek. Ovšem tento pohled není v rámci práce řešen.

³⁶ Kvalitativní kritéria jsou detailně popsána v kap. 8 – Údržba a opravy netuhých vozovek.

Tabulka 7: Minimální technické požadavky pro návrh a realizaci (vlastní úprava) [87]

| Minimální technické požadavky - Návrh/Realizace | | |
|---|--|---|
| - | Požadavek | Minimální technický parametr |
| 1 | Niveleta trasy - výškové vedení | Zadavatel u nového návrhu ze strany zhotovitele nepřipouští změnu výškového vedení trasy. Zadavatel připouští navrhnout skladbu vozovky o jiné minimální tloušťce. Na základě zmenšení tloušťky skladby vozovky zadavatel připouští optimalizaci zemních prací vyvolanou danou úpravou. |
| 2 | Skladba vozovky | Zadavatel umožňuje optimalizovat poskytnutou skladbu vozovky či navrhnout optimalizaci skladby vozovky, za předpokladu dodržení návrhové kategorie pozemní komunikace. Zadavatel nicméně připouští případnou odchylku od projektových výšek dle platných TKP a norem pro dané skladby vozovky. V případě změny skladby konstrukce vozovky musí být posouzeno, že vozovka splní nároky na teoretické návrhové období životnosti vozovky. ³⁷ |
| 3 | Tloušťka vozovky | Při realizaci asfaltové vozovky je povolená maximální odchylka 0,9h u každé vrstvy. Pro asfaltové souvrství je požadavek 0,95h. |
| 4 | Intenzita dopravy | Zadavatel poskytl v rámci dokumentace současnou intenzitu dopravy a i předpokládanou intenzitu dopravy po dokončení koncesní smlouvy. Zadavatel umožňuje optimalizaci skladby vozovky za předpokladu, že návrh bude splňovat nároky po konci koncese se zohledněním předpokládané intenzity dopravy. |
| 5 | Kategorie pozemní komunikace | Zadavatel poskytl zhotoviteli vzorový příčný řez s návrhovou kategorií pozemní komunikace D25,5/120. Při předložení vlastního návrhu zadavatel nepřipouští jakoukoliv optimalizaci či redukci šířky jízdních pruhů, zpevněné a nezpevněné krajnice a středního dělicího pásu. |
| 6 | Monolitický příkopový rigol | Zhotovitel požaduje, aby příkopový rigol (pol. 93531) byl proveden z betonu a realizace byla provedena monoliticky na místě. Nepřipouští se, že by zhotovitel použil prefabrikované příkopové tvárnice jako u položky 935212. |
| 7 | Monolitický žlab | Zadavatel v rámci možnosti snížení skladby vozovky připouští i snížení výšky monolitického žlabu. Zadavatel připouští minimální výšku 230 mm. |
| 8 | Svodidla | Zadavatel poskytl v původním projektu soupis prací a situaci s rozmístěním svodidel. Zhotovitel musí osadit svodidla dle přiložené situace, ovšem může navrhnout svodidlo o stejné nebo vyšší úrovni zadržení. Nižší úroveň zadržení není povolena. Přípustné je použití ocelových i betonových svodidel. |
| 9 | Betonové části | Zhotovitel může v rámci navržené optimalizace použít stejný nebo vyšší beton na betonové konstrukce v objektu SO 101. Nepřipouští se využití betonů o nižší třídě pevnosti. Dále zhotovitel požaduje předložení veškerých dodacích listů z betonáží, vč. vytvoření kontrolního a zkušebního plánu. |
| 10 | Protismykové vlastnosti - součinitel podélného tření | Zadavatel předpokládá, že protismykové vlastnosti u nově realizované vozovky budou dle klasifikačního stupně max. 2. Zadavatel požaduje, aby součinitel podélného tření F_p byl při zpětném převzetí stavby nejhůře $\geq 0,56$. |

³⁷ Zde jen doplňuji, že při změně skladby konstrukce vozovky je potřeba v takových případech použít výpočty uváděné v TP 170 nebo zvolit vhodný výpočtový software jako je např. LAYMED. U variantních konstrukcí uvedených v této práci podrobné výpočty provedeny nebyly, neboť by významně překročily rozsah této práce. Vycházelo se z analogie vyhovujících skladeb konstrukce vozovky, jak s nimi bylo uvažováno v bakalářské práci. Současně vlastní skladby byly konzultovány a odsouhlaseny vedoucím diplomové práce.

| | | |
|----|--|---|
| 11 | Protismykové vlastnosti - makrotextura vozovky | Zadavatel požaduje, aby v případě protismykových vlastností při převzetí stavby byla naměřena střední hloubka textury pomocí odměrné metody (MTD) a s hodnotou přípustnou od 0,6-1,1 mm. |
| 12 | Nerovnost povrchu | Zadavatel požaduje, aby v případě posouzení nerovnosti povrchu vozovek byla při uvedení stavby do provozu naměřena podélná nerovnost na úseku o délce 20 m hodnota $\geq 2,3$ m/km neboli hodnota IRI - Mezinárodní index nerovnosti. |
| 13 | Příčná nerovnost vozovky – hloubka vyjetých kolejí | Zadavatel při uvedení stavby do provozu požaduje, aby příčná nerovnost v měřeném profilu byla maximálně 4 mm na celém měřeném úseku. Příčná nerovnost je definována hloubkou vyjeté koleje (R). |
| 14 | Přejímka (technická prohlídka) | Před uvedením úseku do provozu bude provedena přejímka, kde bude zkontrolován stav vozovky, zda se na ní nevyskytuje některá nepřípustná porucha s ohledem k požadované návrhové úrovni porušení D0. V případě zjištění takové poruchy nebude úsek uveden do provozu a to do doby zjednání nápravy. |
| 15 | Typy vozovek | Zadavatel umožňuje zhotoviteli optimalizovat skladbu a tloušťku vozovky u netuhých vozovek. Nicméně nepřipouští se varianta s návrhem cementobetonové vozovky. |
| 16 | Harmonogram | Součástí vytvořeného harmonogramu bude plán nasazení stojní mechanizace, cash-flow a potřeba materiálů v čase. |
| 17 | Povinný odkup zhotovitelem ³⁸ | Zadavatel pověřuje zhotovitele povinností odkupu vyfrézovaného materiálu ze stavby během celého trvání koncesní smlouvy. Jednotková cena pro odkup materiálu je stanovena na 85,05 Kč/t. Zhotovitel je povinen dodat náležitě dokumenty s nakládáním vyfrézovaného materiálu. |

Další minimální technické požadavky jsou uvedeny pro provozní fázi. Zde jsou uvedené kvalitativní požadavky na poruchy na asfaltové vozovce. V souvislosti s těmito požadavky byl v úzké spolupráci a po konzultacích s vedoucím práce vytvořen plán oprav pro provozní fázi.

Tabulka 8: Minimální technické požadavky pro provoz [87]

| Minimální technické požadavky - Provoz | | |
|--|--|--|
| - | Požadavek | Minimální technický parametr |
| 1 | Nerovnost povrchu | Zadavatel požaduje, aby po dobu trvání koncese podélná nerovnost (neboli mezinárodní index nerovnosti IRI) nepřekročil hodnotu 3,5. V případě zjištění hodnoty $> 3,5$ se požaduje provést neprodleně oprava/údržba, která zlepší nerovnost povrchu. |
| 2 | Protismykové vlastnosti - součinitel podélného tření | Zadavatel požaduje, aby po dobu trvání koncese součinitel podélného tření F_p nepoklesl pod hodnotu 0,47. V případě zjištění hodnoty $< 0,47$ se požaduje provést neprodleně oprava/údržba, která zlepší protismykové vlastnosti na vozovce. |
| 3 | Příčná nerovnost vozovky - hloubka vyjetých kolejí | Zadavatel požaduje, aby po dobu trvání koncese nevznikla vyšší příčná nerovnost vozovky v měřeném profilu, než je požadována. Požadavkem zadavatele je, aby příčná nerovnost nebyla > 15 mm. |

³⁸ V rámci diplomové práce se uvažovalo, že bude povinný odkup frézovaného materiálu stanoven po dobu podepsané koncesní smlouvy. Tedy veškerý vyfrézovaný materiál i během provozní fáze bude odkupován. V praxi by bylo pravděpodobnější, že odkup během provozní fáze nebude a veškerý materiál bude vlastnit sám zhotovitel. Jednalo by se tedy i o jistý motivační prvek pro zhotovitele, jak efektivně nakládat s vyfrézovaným materiálem.

| | | |
|---|--|--|
| 4 | Příčná nerovnost vozovky - hloubka vody | Zadavatel požaduje, aby po dobu trvání koncese byla při kontrole příčné nerovnosti kontrolována i teoretická hloubka vody W , která musí být po celou dobu $W < 8$ mm. V případě, že hloubka vody v koleji bude vyšší než 8 mm, musí koncesionář provést řádnou opravu/údržbu vozovky. |
| 5 | Počet trhlin během provozu | Zadavatel požaduje, aby po dobu trvání koncese koncesionář rozdělil vozovku na 100 m úseky po jednotlivých jízdních pásích. Na těchto menších úsecích se bude pravidelně kontrolovat vznik a výskyt trhlin na vozovce. Maximální počet trhlin na daném úseku bude 5. Přičemž trhlina bude mít minimální rozměry ≥ 20 cm na délku a na šířku min. 5 mm. Při vzniku menších trhlin se tyto trhliny nebudou započítávat do dané sumy. V případě vzniku ≥ 5 trhlin, musí být neprodleně provedena údržba/oprava. |

Poslední minimální technické požadavky jsou zacíleny na předání díla zpět do rukou veřejného sektoru. Jednotlivé požadavky jsou v symbióze s požadavky na provozní fázi, aby byly hodnoceny podobné kvalitativní parametry během trvání koncesní smlouvy. Jednotlivé parametry reflektují předpokládaný plán oprav a jsou v souladu s klasifikačními stupni uvedenými v kap. 8 – *Údržba a opravy netuhých vozovek*, které vychází z TP 87. Tento typ kvalitativních požadavků může zadavatel dát jako hodnotící kritérium nebo je uvést v minimálních technických požadavcích. Zhotovitel by měl brát tyto požadavky na vědomí nebo bude docházet k budoucím srážkám během provozní fáze za nekvalitní část díla. Zadavatel může následně vyhodnotit, že dílo je nezpůsobilé pro provoz (nekvalitně udržovaná pozemní komunikace) a zhotovitel by musel provést okamžitou opravu za cenu vysokých pokut. Při předání je třeba uvažovat, že nemusí být dílo kvalitní, a proto by měl zadavatel mít poslední částku nastavenou vyšší, aby motivoval zhotovitele předat dílo v požadované kvalitě. Nicméně diplomová práce pracuje pouze se srážkami za nedostupnost, nikoliv se srážkami za nekvalitu. Tyto podmínky jsou v diplomové práci uvedeny jako příklad možných podmínek a taktéž motivace vhodně zvolit plán oprav, aby reflektoval nutnost údržby, oprav a dodržení těchto kvalitativních podmínek.

Tabulka 9: Minimální technické požadavky při předání stavby zpět veřejnému sektoru [87]

| Minimální technické požadavky - Předání stavby zadavateli | | |
|---|---|---|
| - | Požadavek | Minimální technický parametr |
| 1 | Protismykové vlastnosti - součinitel podélného tření | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu koncesionář doložil měření o protismykových vlastnostech vozovky, kde bude měřen součinitel podélného tření F_p . Výsledná hodnota součinitele podélného tření bude $F_p \geq 0,56$. V případě, že se na řešeném úseku objeví místa, která nevyhovují, musí koncesionář provést nápravu v řádně stanoveném termínu. |
| 2 | Protismykové vlastnosti - makrotextura vozovky | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu koncesionář doložil měření o protismykových vlastnostech vozovky, kde bude měřena makrotextura vozovky. Výsledná hodnota hloubky makrotextury se musí pohybovat v rozmezí 0,6 - 1,1 mm. V případě, že se na řešeném úseku objeví místa, která nevyhovují, musí koncesionář provést nápravu v řádně stanoveném termínu. |
| 3 | Nerovnost povrchu | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu koncesionář doložil měření o nerovnosti povrchu (neboli mezinárodní index IRI), kde bude kontrolována podélná nerovnost pro každý jízdní pás. Výsledná hodnota nesmí být $< 2,8$ m/km. V případě, že se na řešeném úseku objeví místa, která nevyhovují, musí koncesionář provést nápravu v řádně stanoveném termínu. |

| | | |
|---|--|---|
| 4 | Příčná nerovnost vozovky - hloubka vyjetých kolejí | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu koncesionář doložil měření příčné nerovnosti, kde bude kontrolována hloubka vyjeté koleje (R), která může být < 9 mm. V případě, že se na řešeném úseku objeví místa, která nevyhovují, musí koncesionář provést nápravu v řádně stanoveném termínu. |
| 5 | Příčná nerovnost vozovky - hloubka vody | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu koncesionář doložil měření, že teoretická hloubka vody (W) u příčné nerovnosti v měřeném profilu není < 8 mm. V případě, že se na řešeném úseku objeví místa, která nevyhovují, musí koncesionář provést nápravu v řádně stanoveném termínu. |
| 6 | Skladba vozovky - ložní vrstva | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu koncesionář doložil, že ložní vrstva vozovky má minimální zbytkovou životnost 10 let na celém zpracovaném úseku. V případě, že se najdou místa, kde toto není dodrženo, musí koncesionář provést opravu vozovky a ložní vrstvu vyměnit. |
| 7 | Povrch vozovky (technická prohlídka) | Zadavatel požaduje, aby před předáním projektu proběhla kontrola povrchu vozovky, která nebude vykazovat žádné trhliny. V případě zjištění trhlin, bude provedena oprava/údržba vozovky. |

13.1.2 Varianty vozovky

Poskytnutá dokumentace na akci D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží obsahuje projektovou dokumentaci od zadavatele, který uvažoval s netuhou skladbou vozovky. Minimální technické požadavky pro návrh stanovují, že zhotovitel může skladbu vozovky upravit. Dále může upravit i minimální tloušťku vozovky, nicméně jím navržené varianty musí být taktéž v podobě netuhé vozovky. V rámci optimalizace byly vytvořeny dvě varianty skladby vozovek, které jsou následně porovnávány během životního cyklu projektu, tedy trvání koncesní smlouvy.

Projektant pro návrh skladby SO 101.1 uvažoval, že průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel (TNV_o) je 2 978 voz/24 hod. Jedná se o údaj, který získal ze sčítání dopravy z roku 2016. Dle TP 170 bylo nutné vypočítat charakteristickou hodnotu denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel v návrhovém období pro všechny jízdní pásy v obou směrech (TNV_k). [32]

Charakteristická hodnota denní intenzity se vypočítá následovně:

$$TNV_k = 0,5 * [\delta_z + \delta_k] * TNV_o$$

TNV_o Průměrná denní intenzita provozu těžkých nákladních vozidel v roce provedení dopravně-inženýrského průzkumu (sčítání dopravy), vozidel/den

TNV_k Charakteristická hodnota denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel v návrhovém období pro všechny jízdní pásy v obou směrech, vozidel/den

δ_z Součinitel nárůstu intenzity provozu TNV pro rok počátku návrhového období

δ_k Součinitel nárůstu intenzity provozu TNV pro rok konce návrhového období

$$\delta_z, \delta_k = (1 + 0,01m)^{t_i}$$

m..... Součinitel nárůstu dopravy dle druhu komunikace (pro
dálnice 5%)

t_i..... Počet let mezi i-tým rokem a rokem sčítání dopravy

Diplomová práce se odevzdává v roce 2022. V tomto roce se předpokládá i zahájení výstavby, které bude trvat 2 stavební sezóny (zahájení jaro 2022 – dokončení zima 2023). Takže rok 2024 je i rokem počátečním pro provozní fázi (počáteční datum je stanoveno na 01. 01. 2024). Koncesní smlouva je podepisována na 30 let, tedy do roku 2054, což je i konec návrhového období (datum předání díla zpět do rukou zadavatele je stanoven na 01. 01. 2054).

$$\delta_z = (1 + 0,01 * 5\%)^{2024-2016} = 1,0040$$

$$\delta_k = (1 + 0,01 * 5\%)^{2054-2016} = 1,0192$$

$$TNV_k = 0,5 * [1,0035 + 1,0187] * 2\,978 = 3013 \text{ voz}/24\text{hod}$$

Na základě výše uvedeného byly skladby vozovek zařazeny do třídy dopravního zatížení II, kde se pohybuje TNV_k od 1501 do 3500 voz/24hod. S vedoucí diplomové práce následně byly projednány a navrženy varianty skladeb vozovek, které jsou v práci porovnávány. Jedná se o využití skladeb vozovek, které nejsou v dané podobě přesně specifikovány TP 170, tedy tabulkově je technický předpis neuvádí.

SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka: Jedná se o původní asfaltovou vozovku, která byla navržena projektantem. Ten jako obrusnou vrstvu zvolil mastixový asfaltový koberec (SMA 11S) o tloušťce 40 mm. Největší frakce kameniva je 11 mm a bylo uvažováno s kvalitativním požadavkem S (zvýšená odolnost směsi proti trvalým deformacím). Jako asfaltové pojivo byl použit modifikovaný asfalt. Jako ložní vrstva byla zvolena směs asfaltového betonu o maximálním zrnu 22 mm s modifikovaným asfaltovým pojivem (ACL 22S). Horní a dolní asfaltová podkladní vrstva je tvořena ze směsi VMT 22 (asfaltová směs s vysokým modulem tuhosti), kde bylo jako pojivo použit silniční asfalt. Mezi všemi asfaltovými vrstvami je aplikován ještě spojovací postřík, který je uveden v soupisu prací a ve vzorovém příčném řezu. **Vzorové příčné řezy pro varianty SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka, SO 101.2 - Varianta "var.1": Optimalizovaná asfaltová vozovka a SO 101.3 - Varianta "var.2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu jsou součástí přílohy č. 1 k diplomové práci.**

Pod asfaltovými vrstvami je položena vrstva MZK a ŠD_A. Mechaniky zpevněné kamenivo (MZK) je nestmelená vrstva, jejíž složkami jsou kamenivo (nejčastěji je to směs o zrnitosti 0-32mm) bez užití dalšího pojiva (např. cement). Tato směs se vyznačuje ideální křivkou zrnitosti a optimálního dávkování vody. V případě, že směs nebude položena do určitého času (dle příslušné ČSN), musí se odvézt na skládku. Projekt předpokládá, že při realizaci díla bude statická zkouška na vrstvě MZK odpovídat Edef₂ = 150 MPa (modul přetvárnosti podloží u nestmelených vrstev vozovky). Pod vrstvou MZK je vrstva ŠD_A, což je šterkodrt o třídě A, tedy s předepsanou zrnitostí. Projekt předpokládá, že při realizaci díla bude statická zkouška na vrstvě ŠD_A odpovídat Edef₂ = 90 MPa. Vrstva ŠD_A leží na zemní pláni.

Zemní pláň by měla mít $E_{def,2} = 60 \text{ MPa}$ ³⁹. Mezi vrstvou MZK a VMT 22 je dle projektové dokumentace ještě aplikován infiltrační postřík.

Tabulka 10: SO 101.1 - Skladba vozovky od projektanta

| SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | | |
|--|----------------------|----------|
| [-] | Název vrstvy | Tloušťka |
| | [-] | [mm] |
| 1 | SMA 11S PMB 45/80-65 | 40 |
| 2 | ACL 22S PMB 25/55-60 | 80 |
| 3 | VMT 22 20/30 | 60 |
| 4 | VMT 22 20/30 | 60 |
| 5 | MZK | 200 |
| 6 | ŠD _A | 200 |
| Celkem | | 640 |

SO 101.2 - Optimalizovaná asfaltová vozovka: Optimalizovaná vozovka byla navržena v souladu s vedoucím práce, který se v problematice asfaltových vozovek pohybuje již řadu let. Oproti původní "ref" variantě se skladba snížila o 10 mm na 630 mm. Spodní vrstva ŠD_A byla oproti původní variantě zvýšena o 30 mm. Parametry zůstávají stejné a vrstva bude realizována s frakcí 0/45 mm. Místo vrstvy MZK byla použita vrstva SC s frakcí 0/32 mm stmelená cementem o požadované pevnosti v tlaku $C_{3/4}$. SC je směs z kameniva, která je stmelená cementem. Jedná se tedy o směs kameniva, která je následně hydraulicky stmelená pomocí cementu a vody. Jako podkladní vrstva byla použita směs VMT stejně jako u SO 101.1, ovšem v optimalizované variantě se předpokládá s využitím jiného silničního pojiva. Pojivo 30/45 je levnější oproti variantě 20/30. Ovšem tento fakt nebyl zohledněn ve výpočtové části. Spodní ložní vrstva je z asfaltového betonu o maximálním zrnem 22 mm se zvýšenou odolností směsi proti trvalým deformacím (ACL 22S). Uvažuje se modifikované asfaltové pojivo. Jako horní ložní vrstva je použita směs asfaltového betonu s maximálním zrnem 16 mm a zvýšenou odolností proti trvalým deformacím (ACL 16S). Použitá směs je vhodná jako podklad pro obrusnou vrstvu asfaltového betonu pro velmi tenké vrstvy (BBTM A 8S). Ten obsahuje maximální velikost zrna 8 mm. Parametr A značí směs s vyšším obsahem drobného kameniva a drobných částic. Jako asfaltové pojivo byl použit silniční asfalt.

³⁹ $E_{def,2}$ je počítán pro všechny varianty stejně. Tudiž na zemní pláni je třeba pomocí statické zkoušky naměřit 60 MPa, u ŠD_A – 90 MPa a u MZK – 150 MPa. U vrstvy SC (SO 101.2 a SO 101.3) se provádí míra zhutnění, kde je stanoven požadavek min. 97%.

Tabulka 11: SO 101.2 - Optimalizovaná asfaltová vozovka

| SO 101.2 - Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | | |
|--|----------------------|----------|
| [-] | Název vrstvy | Tloušťka |
| | [-] | [mm] |
| 1 | BBTM A 8S 45/80-65 | 30 |
| 2 | ACL 16S PMB 25/55-60 | 60 |
| 3 | ACL 22S PMB 25/55-60 | 60 |
| 4 | VMT 22 30/45 | 80 |
| 5 | SC C3/4 | 170 |
| 6 | ŠD _A | 230 |
| Celkem | | 630 |

SO 101.3 - Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu: Jedná se o stejnou skladbu vozovky jako u varianty SO 101.2, ovšem zde se uvažuje, že ložní a podkladní vrstvy budou realizovány s přidáním R-materiálu do směsi. U podkladní vrstvy (VMT 22) a horní ložní vrstvy (ACL 16S) se předpokládá, že 1 t asfaltové směsi bude obsahovat 30 % R-materiálu, který bude získán buď při frézování na stavbě, nebo odkupem z recyklačního centra. Spodní ložní vrstva (ACL 22S) bude obsahovat 40% R-materiálu v 1 m³ asfaltové směsi.

Z důvodu neprovádění vývrtů z původní vrstvy a zkoušek ZAS se předpokládá, že veškerý vyfrézovaný materiál na stavbě bude znovu využit do nových vrstev. Dále se neprovádí ani zkouška typu nových asfaltových vrstev. Předpokládá se, že 30 % a 40 % R-materiálu v nové vrstvě v sobě bude obsahovat i 5,5 % asfaltového pojiva. To znamená, že v jedné tuně R-materiálu bude 55 kg asfaltového pojiva a 945 kg kameniva.

Tabulka 12: SO 101.3 - Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu

| SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | | |
|---|-----------------------------------|----------|
| [-] | Název vrstvy | Tloušťka |
| | [-] | [mm] |
| 1 | BBTM A 8S 45/80-65 | 30 |
| 2 | ACL 16S 25/55 RC + 30% R-materiál | 60 |
| 3 | ACL 22S 25/55 RC + 40% R-materiál | 60 |
| 4 | VMT 22 30/45 + 30% R-materiál | 80 |
| 5 | SC C3/4 | 170 |
| 6 | ŠD _A | 230 |
| Celkem | | 630 |

13.2 Investiční náklady

Prvním porovnávaným nákladem v diplomové práci jsou investiční náklady, které vstupují do analýzy LCC během prvních dvou let, kdy je dálniční úsek realizován. Délka trvání

investičních nákladů je stanovena na základě časoprostorového harmonogramu, který je popsán v kap. 13.3 – *Realizační harmonogram*. Tyto náklady začínají vstupovat do projektu, kdy je předáno staveniště a zhotovitel zahajuje stavební práce. Dokončení těchto nákladů je při dokončení díla. Což může být relativně těžko odhadnutelné. Nicméně v rámci této práce se uvažuje, že tyto náklady skočí s uvedením úseku do provozu. V praxi lze uvažovat i s náklady po uvedení díla do provozu (např. oplocení kolem dálnice se může dokončit i po uvedení díla do provozu, pokud nedojde k omezení a realizované úseky oplocení jsou přístupné i z okolí. Dále lze předpokládat, že po technických prohlídkách před uvedením díla do provozu mohou vzniknout další náklady na opravy v rámci záruky).

Investiční náklady se porovnávají na objektu SO 101 (SO 101.1, SO 101.2 a SO 101.3). Jedná se tedy o porovnání nákladů v soupise prací SO 101. Diplomová práce řeší zjednodušené porovnávání řešených variant. V případě detailnějšího porovnání by bylo nutné znát již teď dobu trvání jednotlivých prací, přímé a nepřímé náklady, které do projektu vstupují (tedy vytvořit kalkulaci všech jednotlivých položek v soupise prací). Ovšem základem vytváření cenotvorby u položek ze soupisu prací byl oborový třídník stavebních konstrukcí a prací (OTSKP). V případě, že určité položky nebyly v soupise prací uvedeny, byla využita nabídka od skutečných podzhotovitelů. Zasláné jednotkové ceny od skutečných podzhotovitelů byly upraveny, aby došlo k anonymizaci. Poslední metodou vzniku jednotkových cen, byla samostatná kalkulace položek, která bude popsána v kapitole č. 13.2.2 – *Kalkulace položek*. Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací (OTSKP) je volně přístupný na internetu a obsahuje tzv. *expertní ceny*, které mají již zakalkulovaný přiměřený zisk pro zhotovitele. Dále tyto položky obsahují správní a výrobní režii. Ovšem neobsahují různá rizika či dluhovou službu, která vzniká budoucímu zhotoviteli, jelikož financuje tento projekt z vlastních peněz (popřípadě z vlastního bankovního úvěru). Práce se tudíž těmito nákladům spojeným s financováním a dluhovou službou blíže nevěnuje.

Investiční náklady se detailněji věnují zemním pracím (zářezová a násypová tělesa) na hlavní trase, jelikož porovnávané minimální tloušťky u skladeb vozovek jsou rozdílné a tím dochází k rozdílným výkopovým pracím. Zhotovitel díky minimálním technickým podmínkám na realizaci a projektování nemůže měnit niveletu, ovšem může si upravit zemní práce (tedy úprava výšky násypu a výkopu dle minimální výšky skladby vozovky). Dále se kapitola věnuje kalkulaci položek od podkladní vrstvy vozovky až po obrusnou vrstvu. Jelikož součástí optimalizované varianty SO 101.3 je i využití R-materiálu, došlo ke kalkulaci frézování stávající skladby vozovky (jedná se o komunikace nižší třídy křižující nově budovanou dálnici D3), které se budou překládat z důvodu realizace dálničního úseku D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží. Součástí frézování je i povinný odkup zhotovitele za vyfrézovaný materiál. Další částí kapitoly jsou soupisy prací pro jednotlivé varianty a popis vzniku množství u rozdílných položek. Poslední částí této kapitoly je porovnání investičních nákladů u původní a optimalizovaných variant. Součástí tohoto posouzení je i detailnější porovnání varianty SO 101.3 a SO 101.3P, pokud by došlo k rozdílnému množství frézování na projektu a tedy k rozdílným ziskům R-materiálu.

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pohledem práce je porovnání nákladů životního cyklu u třech variant vozovky (SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka, SO 101.2 - Varianta

"var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka a SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu). Pohled diplomové práce na projekt je takový, že jeden z účastníků vítězného konsorcia bude realizovat objekt SO 101 a následně ho i provozovat po dobu 30 let. Proto se tedy porovnává pouze objekt SO 101. U ostatních objektů, které budou realizovat a spravovat ostatní členové sdružení se taktéž předpokládá se stejným systémem, resp. přístupem. Nicméně tyto náklady již diplomová práce neřeší i díky značné obsáhlosti zahrnutí všech stavebních objektů.

13.2.1 Rozdíl zemních prací

Jak již bylo zmíněno a je to zřejmé z přílohy č. 1 – Vzorové příčné řezy a z kap. 13.1.2 – Varianty vozovky, jednotlivé varianty skladeb vozovek mají rozdílnou minimální tloušťku. U variant SO 101.2 a SO 101.3 je odlišná skladba vozovky (min. tl. 630 mm u optimalizovaných variant), kde oproti původní variantě SO 101.1 je celková skladba vozovky o 10 mm tenčí (min. tl. 640 mm u původní varianty) avšak bez dopadu na celkovou tloušťku asfaltového souvrství. Jelikož nebylo možné provádět úpravu nivelety z důvodu omezení minimálních technických požadavků, bylo rozhodnuto, že v místě skladby vozovky budou upraveny zemní práce. Bohužel nebyl k dispozici otevřený formát výkresů a jejich překreslení by zabralo extrémně mnoho času. Proto jsem se rozhodl, že se použije zjednodušený výpočet a orientačně se určí množství, které bude upraveno v příslušném soupise prací. Jako vstupní podklad pro výpočet zemních prací byl použit samotný projekt dálnice D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží, kde byly využity především technické zprávy, výkresy, poskytnutý soupis prací a v rámci dodatečných informací (dodatečná informace č. 1) i kubaturový list, kde bylo jednotlivé množství rozděleno po staničení. První úpravou zemních prací byl již poskytnutý soupis prací k původní variantě (SO 101.1), jelikož se udávané množství u násypu, výkopu tř. I a výkopu tř. III lišilo. Položky v soupise prací byly upraveny na množství odpovídající kubaturovému listu.

Tabulka 13: Porovnání soupisu prací (SO 101.1) a kubaturového listu

| Porovnání soupisu prací (SO 101.1) a kubaturového listu | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Název | Tř. I | Tř. II | Tř. III | Celkem | Násyp |
| [-] | [m ³] | [m ³] | [m ³] | [m ³] | [m ³] |
| Kubaturový list | 407 746,17 | 303 166,90 | 141 364,83 | 852 277,90 | 556 523,32 |
| Soupis prací | 409 128,80 | 303 166,90 | 141 364,80 | 853 660,50 | 557 297,90 |
| Kubaturový list x soupis prací | -1 382,63 | 0,00 | +0,03 | -1 382,60 | +774,58 |
| Položky ze soupisu prací | 12273 | 12383 | 12393 | | 17110 |
| | 12373A | | 13893 | | 17110PAR |
| | 12373B | | | | |
| | 12373PAR | | | | |

Tímto došlo k celkové kontrole zemních prací, které následně v soupise prací k objektu SO 101.1 byly již v souladu s poskytnutou projektovou dokumentací. Vyvolanou změnou došlo k následujícím úpravám. První úpravou byla položka 12273A - ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. I, kde došlo k úpravě původního množství 106 609,984 m³ na

105 227,354 m³. Druhou úpravou dle změny kubaturového listu byla položka 17110PAR - ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSYPŮ SE ZHUTNĚNÍM PARAMETRICKY. Zde díky snížení celkové potřeby násypové zeminy o 774,58 m³ byla ponížena i tato položka z původních 227 326,2 m³ na 226 551,59 m³ (tedy o 774,61 m³). Snížení je vyšší o 0,03 m³, které vzniká vyšším odkopem třídy III. (pol. 12393 - ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. III a s tím spojené i drcení na mezideponii dle položky - 12893 PŘEDRCENÍ VÝKOPKU TŘ. III a následně ukládka v položce 17110 - ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSYPŮ SE ZHUTNĚNÍM). V souvislosti s výše uvedenými změnami došlo i ke změně množství odvážené zeminy na skládku. Odvoz zeminy je reflektován v položkách 17120 - ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSYPŮ A NA SKLÁDKY BEZ ZHUTNĚNÍ a 014101 – POPLATKY ZA SKLÁDKU. Tím, že došlo ke snížení potřeby násypu a snížení odkopu, došlo k mírnému navýšení odvozu zeminy na skládku. Jednotlivé změny jsou označeny v příložených soupisech prací (příloha č. 3), kde ve sloupci 11 – cenotvorba je připsána poznámka „Úprava dle kubaturového listu“. Touto jednoduchou úpravou došlo k úspoře nákladů o 297 227,05 Kč bez DPH oproti původnímu množství od zadavatele (cena je uvedena dle stejných jednotkových cen, ale se změnou množství u jednotlivých položek).

Na základě poskytnutých údajů od zadavatele byla vypracována bilance zemin na hlavní trase z kubaturového listu a z technické zprávy, kde zadavatel zemní práce již rozdělil na zářezová tělesa (tedy odkop) a na násypová tělesa (násyp). Detailní rozdělení zemních těles je součástí časoprostorového harmonogramu, kde tato data (ve spolupráci s poskytnutými podklady od zadavatele) sloužila jako vstupní podklad pro vypracování zjednodušeného plánu zemních prací. Dále je součástí časoprostorového harmonogramu i podélný profil, ze kterého jsou taktéž zřejmá jednotlivá zemní tělesa.

| Bilance zemin na hlavní trase - varianta SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Zemní těleso [max. výška/hloubka] | Staničení | | Délka [m] | Odkop/Násyp | | | Odkop celkem [m ³] | Násyp [m ³] |
| | Začátek [km] | Konec [km] | | tř. I [m ³] | tř. II [m ³] | tř. III [m ³] | | |
| Z1 - 8,5 m | 150,973 | 152,065 | 1 092 | 76,17% | 8,25% | 15,58% | 132 419,72 | 0,00 |
| | | | | 100 865,37 | 10 928,83 | 20 625,52 | | |
| N2 - 9,0 m | 152,065 | 153,310 | 1245 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 1 874,44 | 148 868,59 |
| | | | | 1 874,44 | 0,00 | 0,00 | | |
| Z3 - 5,0 m | 153,310 | 154,090 | 780 | 90,94% | 9,06% | 0,00% | 91 838,33 | 0,00 |
| | | | | 83 521,09 | 8 317,24 | 0 | | |
| N4 - 6,5 m | 154,090 | 154,470 | 380 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 553,91 | 13 369,49 |
| | | | | 553,91 | 0 | 0 | | |
| Z5 - 3,0 m | 154,470 | 154,810 | 340 | 67,00% | 1,41% | 31,60% | 21 297,85 | 0,00 |
| | | | | 14 268,62 | 299,42 | 6 729,81 | | |
| N6 - 12,0 m | 154,810 | 156,085 | 1275 | 99,13% | 0,87% | 0,00% | 1 981,64 | 246 846,29 |
| | | | | 1 964,39 | 17,25 | 0 | | |
| Z7 - 10,5 m | 156,085 | 156,880 | 795 | 31,82% | 48,34% | 19,84% | 273 748,36 | 0,00 |
| | | | | 87 116,46 | 132 332,13 | 54 299,78 | | |
| N8 - 10,0 m | 156,880 | 157,450 | 570 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 1 093,52 | 87 491,94 |
| | | | | 1 093,52 | 0 | 0 | | |
| Z9 - 13,5 m | 157,450 | 158,000 | 550 | 28,05% | 49,18% | 22,77% | 218 786,63 | 0,00 |
| | | | | 61 373,52 | 107 589,27 | 49 823,85 | | |
| N10 - 4,0 m | 158,000 | 158,205 | 205 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 564,21 | 4 871,09 |
| | | | | 564,21 | 0 | 0 | | |
| Z11 - 8,0 m | 158,205 | 158,655 | 450 | 50,40% | 40,45% | 9,15% | 108 001,71 | 0,00 |
| | | | | 54 433,08 | 43 682,76 | 9 885,87 | | |
| N12 - 7,5 m | 158,655 | 159,512 | 857 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 117,58 | 55 075,93 |
| | | | | 117,58 | 0 | 0 | | |
| Celkem | | | 8 539 | 407 746,17 | 303 166,90 | 141 364,83 | 852 277,90 | 556 523,32 |

Obrázek 85: Bilance zemin u varianty SO 101.1

Z vytvořené bilance zemních prací a z podkladů od zadavatele byla následně určena délka násypu a výkopu na daném projektu.

Tabulka 14: Celková délka násypu a výkopu

| Délka násyp/výkop | | |
|---------------------|--------------|-----|
| Celkem délka násypu | 4 532 | [m] |
| Celkem délka odkopu | 4 007 | [m] |
| Celkem | 8 539 | [m] |

Po určení celkové délky násypu a odkopu bylo třeba z vytvořených vzorový příčných řezů pro každou variantu určit plochu, která značila změnu zemních prací ve variantách SO 101.2 a SO 101.3 (plocha je ve vzorových řezech znázorněna). Plocha byla odečtena z vytvořených vzorových řezů a jedná se tedy o hrubý výpočet. V rámci zjednodušení a orientačního odhadu množství byl tento postup posouzen a vedoucím diplomové práce odsouhlasen jako vhodný.

Tabulka 15: Plocha změn zemních prací dle vzorových řezů

| Plocha změn zemních prací dle vzorových řezů | | |
|--|---------------|-------------------|
| Jízdní pruh - směr Budějovice | 0,4092 | [m ²] |
| Jízdní pruh - směr Kaplice | 0,5067 | [m ²] |
| Celkem | 0,9159 | [m ²] |

Při známé délce a ploše změn zemních prací, byla vypočítána celková kubatura zemních prací pro nové varianty. Z níže uvedené tabulky je zřejmé, že v rámci bilance dojde ke zvýšení potřeby násypového materiálu o 480,85 m³. Jelikož má původní objekt vysoké množství přebývajících zeminy, nejedná se v rámci stavby o zanedbatelný problém, který lze vyřešit úpravou zemních prací. Potřebou nových 480,85 m³ vznikne snížení množství odvážené zeminy na skládku, což má pozitivní vliv na okolní komunikace a životní prostředí.

Tabulka 16: Rozdíl zemních prací mezi původní (SO 101.1) a optimalizovanými variantami (SO 101.2 a SO 101.3)

| Celkem rozdíl materiálu u SO 101.2 a SO 101.3 oproti SO 101.1 | | |
|--|---------------|-------------------|
| Násyp | 4 150,86 | [m ³] |
| Odkop | -3 670,01 | [m ³] |
| Celkem | 480,85 | [m ³] |

Jednotlivá kubatura byla následně rozdělena do jednotlivých zemních těles (Z1 - N12). U těles N2, N4, N6, N8, N10 a N12 bylo poměrově přičítáno množství 4 150,86 m³. Následně bylo toto množství rozděleno do staničení a importováno do TILOSu dle orientačního staničení jednotlivých těles. U odkopů došlo ke snížení o - 3 670,01 m³. Zde stejně jako u násypu bylo poměrově rozděleno pouze do Z1, Z3, Z5, Z7, Z9 a Z11. U násypových těles, kde se vyskytuje odkop, tak zde množství upravováno nebylo. Díky tomu došlo k redukci původního množství odkopů dle následující výpočtu:

$$Odkop_n = Odkop_p - Odkop_{Násyp}$$

$$Odkop_n = 852\,277,90 - (1\,874,44 + 553,91 + 1981,64 + 1\,093,52 + 564,21 + 117,58)$$

$$Odkop_n = 852\,277,90 - 6\,185,30$$

$$Odkop_n = 846\,092,60$$

| | |
|------------------------------|---|
| Odkop _n | Nové množství odkopu, které je počítáno při poměrném rozdělení úbytku zeminy u objektů SO 101.2 a SO 101.3 u zemních těles (Z1, Z3, Z5, Z7, Z9 a Z11) |
| Odkop _p | Původní množství odkopu |
| Odkop _{Násyp} | Množství odkopu, které je u násypových těles (N2, N4, N6, N8, N10 a N12). U tohoto odkopu se nepočítá s poměrným rozdělením, ale množství zůstane původní |

U výpočtu množství v jednotlivých zářezových tělesech došlo k vytvoření zjednodušené podmínky, jelikož se ve výkopu vyskytuje třída odkopu I., II. a III. V tomto případě byla stanovena následující podmínka. Pokud jsou v zářezovém tělese všechny třídy (I., II. a III.), tak třída III. bude ponížena o 50 % z celkového množství, které připadá k jednotlivému zemnímu tělesu. Třída II. bude upravena o 30 % a třída I. o 20 %.

Pokud v zářezovém tělese není třída III., tak se bude množství rozdělovat pouze mezi třídu II. a I. Klíč k rozdělení byl určen tak, že třída II. bude mít 65 % z celkového množství a 35 % bude spadat pro třídu I. Další rozdělení nebylo třeba, jelikož se jiná varianta v projektu nenalézá. Nové množství odkopu, které je 846 092,60 m³, bylo sníženo o 3 670,01 m³, které bylo určeno dle vzorového řezu a z kubaturového listu. Tím došlo k úpravě na nové množství 842 422,58 m³, což je celkové množství vykopané zeminy na projektu. Toto množství bylo rozděleno do jednotlivých zářezových těles na základě jednoduchého indexu.

$$Odkop_{index} = \frac{Odkop_{nov}}{Odkop_{nuprv}} = \frac{842\,422,58}{846\,092,60} = 0,995662399934298$$

| | |
|------------------------------|--|
| Odkop _{index} | Jedná se o poměr mezi Odkop _{nov} a Odkop _{nuprv} . Následně byl tento index použit u odkopových těles (Z1, Z3, Z5, Z7, Z9 a Z11). |
| Odkop _{nov} | Nové množství odkopového materiálu u zářezových těles u variant SO 101.2 a SO 101.3 |
| Odkop _{nuprv} | Upravené množství odkopového materiálu o odečtení násypových těles a o snížení materiálu u variant SO 101.2 a SO 101.3 |

Odkop_{index} byl následně použit na zářezová tělesa (Z1, Z3, Z5, Z7, Z9 a Z11). Jednotlivá množství jsou následně zřejmá z obrázku 86 - *Bilance zemin u variant SO 101.2 a SO 101.3*. Pro snadnější pochopení jsem jako ukázkový příklad zvolil úpravu množství u zářezového tělesa Z1, kde se vyskytují všechny třídy těžitelnosti a proto byl použit následující poměr rozdělení zeminy v zářezovém tělese Z1 na 20 % : 30 % : 50 %.

$$Z1_{nová\ v\ ým\ ěra} = Odkop_{index} * Z1_{p\ u\ v\ o\ d\ n\ i\ v\ ým\ ěra}$$

$$Z1_{nová\ v\ ým\ ěra} = 0,995662399934298 * 132\,419,72 = 131\,845,33\ m^3$$

| | |
|---|---|
| $Z1_{\text{nová v\textsubscript{m}\textsubscript{e}\textsubscript{r}\textsubscript{a}}}$ | Nové množství odkopového materiálu u zářezového tělesa Z1 u variant SO 101.2 a SO 101.3 |
| $Z1_{\text{původní v\textsubscript{m}\textsubscript{e}\textsubscript{r}\textsubscript{a}}}$ | Původní množství odkopového materiálu u zářezového tělesa Z1 u variant SO 101.1 |

Díky znalosti nové výměry můžeme přejít k rozdělení zeminy na jednotlivé třídy. V první řadě je třeba zjistit celkové množství, které bylo ubráno z původní varianty Z1. Následně bude pro třídu III. vypočteno 50 % z této sumy, 30 % z třídy II. a z třídy I. to bude 20 %.

1) Výpočet rozdílu mezi původní a novou výměrou

$$Z1_{\text{rozdíl}} = Z1_{\text{původní v\textsubscript{m}\textsubscript{e}\textsubscript{r}\textsubscript{a}}} - Z1_{\text{nová v\textsubscript{m}\textsubscript{e}\textsubscript{r}\textsubscript{a}}}$$

$$Z1_{\text{rozdíl}} = 132\,419,72 - 131\,845,33 = 574,39 \text{ m}^3$$

2) Výpočet množství III. třídy

$$50\% * 574,39 = 287,195 \text{ m}^3$$

$$Z1_{\text{III.nová}} = Z1_{\text{III.původní}} - Z1_{\text{rozdíl}}$$

$$Z1_{\text{III.nová}} = 20\,625,52 - 287,195 = 20\,338,33 \text{ m}^3$$

3) Výpočet množství II. třídy

$$30\% * 574,39 = 172,317 \text{ m}^3$$

$$Z1_{\text{II.nová}} = Z1_{\text{II.původní}} - Z1_{\text{rozdíl}}$$

$$Z1_{\text{II.nová}} = 10\,928,83 - 172,317 = 10\,756,52 \text{ m}^3$$

4) Výpočet množství I. třídy

$$20\% * 574,39 = 114,878 \text{ m}^3$$

$$Z1_{\text{I.nová}} = Z1_{\text{I.původní}} - Z1_{\text{rozdíl}}$$

$$Z1_{\text{I.nová}} = 100\,865,37 - 114,878 = 100\,750,49 \text{ m}^3$$

| | |
|---------------------------------|--|
| $Z1_{\text{rozdíl}}$ | Rozdíl mezi původní a novou výměrou u zářezového tělesa Z1 |
| $Z1_{\text{I.nová}}$ | Nové množství odkopu třídy I. u zářezového tělesa Z1 |
| $Z1_{\text{I.původní}}$ | Původní množství odkopu třídy I. u zářezového tělesa Z1 |
| $Z1_{\text{II.nová}}$ | Nové množství odkopu třídy II. u zářezového tělesa Z1 |
| $Z1_{\text{II.původní}}$ | Původní množství odkopu třídy II. u zářezového tělesa Z1 |
| $Z1_{\text{III.nová}}$ | Nové množství odkopu třídy III. u zářezového tělesa Z1 |
| $Z1_{\text{III.původní}}$ | Původní množství odkopu třídy III. u zářezového tělesa Z1 |

Stejný vzorec, jako u odkopu byl použit i u násypu, kdy k původnímu množství 556 523,32 m³ bylo přičteno 4 150,86 m³. Tím došlo k navýšení potřeby zeminy do násypu na 560 674,18 m³. Násypová tělesa byla navýšena jednotlivým množstvím na základě vypočteného indexu:

$$Násyp_{\text{index}} = \frac{Násyp_{\text{nov}}}{Násyp_{\text{pův}}} = \frac{560\,674,18}{556\,523,32} = 1,0074585532327$$

$N_{\text{ásyp}}_{\text{index}}$ Jedná se o poměr mezi $N_{\text{ásyp}}_{\text{nov}}$ a $N_{\text{ásyp}}_{\text{pův}}$. Následně byl tento index použit u násypových těles (N2, N4, N6, N8, N10 a N12).

$N_{\text{ásyp}}_{\text{nov}}$ Nové množství násypového materiálu u variant SO 101.2 a SO 101.3

$N_{\text{ásyp}}_{\text{pův}}$ Původní množství násypového materiálu

Nový poměr jednotlivých násypových těles je zobrazen na obrázku 86 - *Bilance zemin u variant SO 101.2 a SO 101.3*. V rámci vzorové ukázky bylo vybráno násypové těleso N2. Ostatní násypová tělesa byla vypočtena dle stejného klíče.

$$N_{2\text{nová v\text{y}\text{m}\text{e}\text{r}\text{a}} = N_{\text{ásyp}}_{\text{index}} * N_{2\text{původní v\text{y}\text{m}\text{e}\text{r}\text{a}}$$

$$N_{2\text{nová v\text{y}\text{m}\text{e}\text{r}\text{a}} = 1,0074585532327 * 148\ 868,59 = 149\ 978,93\ \text{m}^3$$

$N_{2\text{nová v\text{y}\text{m}\text{e}\text{r}\text{a}}$ Nové množství násypového materiálu u násypového tělesa N2 u variant SO 101.2 a SO 101.3

$N_{2\text{původní v\text{y}\text{m}\text{e}\text{r}\text{a}}$ Původní množství násypového materiálu u násypového tělesa N2 u variant SO 101.1

| Bilance zemin na hlavní trase - varianta SO 101.2 - Varianta "var.1": Optimalizovaná asfaltová vozovka a varianta SO 101.3 - Varianta "var.2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | | | | | | | | |
|--|-----------------|---------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Zemní těleso [max. výška/hloubka] | Staničení | | Délka [m] | Odkop/Násyp | | | Odkop celkem [m ³] | Násyp [m ³] |
| | Začátek [km] | Konec [km] | | tř. I [m ³] | tř. II [m ³] | tř. III [m ³] | | |
| Z1 - 8,5 m | 150,973 | 152,065 | 1 092 | 76,42% | 8,16% | 15,43% | 131 845,33 | 0,00 |
| | | | | 100,00% | 0,00% | 0,00% | | |
| N2 - 9,0 m | 152,065 | 153,310 | 1 245 | 1 874,44 | 0,00 | 0,00 | 1 874,44 | 149 978,93 |
| Z3 - 5,0 m | 153,310 | 154,090 | 780 | 91,19% | 8,81% | 0,00% | 91 439,97 | 0,00 |
| | | | | 83 381,66 | 8 058,31 | 0,00% | | |
| N4 - 6,5 m | 154,090 | 154,470 | 380 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 553,91 | 13 469,21 |
| | | | | 553,91 | 0 | 0 | | |
| Z5 - 3,0 m | 154,470 | 154,810 | 340 | 67,20% | 1,28% | 31,52% | 21 205,47 | 0,00 |
| | | | | 14 250,14 | 271,71 | 6 683,62 | | |
| N6 - 12,0 m | 154,810 | 156,085 | 1 275 | 99,13% | 0,87% | 0,00% | 1 981,64 | 248 687,40 |
| | | | | 1 964,39 | 17,25 | 0 | | |
| Z7 - 10,5 m | 156,085 | 156,880 | 795 | 31,88% | 48,42% | 19,70% | 272 560,95 | 0,00 |
| | | | | 86 878,97 | 131 975,90 | 53 706,07 | | |
| N8 - 10,0 m | 156,880 | 157,450 | 570 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 1 093,52 | 88 144,50 |
| | | | | 1 093,52 | 0 | 0 | | |
| Z9 - 13,5 m | 157,450 | 158,000 | 550 | 28,09% | 49,26% | 22,65% | 217 837,62 | 0,00 |
| | | | | 61 183,71 | 107 304,56 | 49 349,34 | | |
| N10 - 4,0 m | 158,000 | 158,205 | 205 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 564,21 | 4 907,42 |
| | | | | 564,21 | 0 | 0 | | |
| Z11 - 8,0 m | 158,205 | 158,655 | 450 | 50,53% | 40,49% | 8,98% | 107 533,24 | 0,00 |
| | | | | 54 339,39 | 43 542,22 | 9 651,64 | | |
| N12 - 7,5 m | 158,655 | 159,512 | 857 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 117,58 | 55 486,72 |
| | | | | 117,58 | 0 | 0 | | |
| Celkem | | | 8 539 | 406 952,41 | 301 926,47 | 139 729,00 | 848 607,89 | 560 674,18 |

Obrázek 86: Bilance zemin u variant SO 101.2 a SO 101.3

Na základě provedených úprav došlo i k úpravám množství u položek v soupise prací u objektu SO 101.2 a SO 101.3. Jedná se převážně o totožné položky, jako u úpravy původního soupisu prací s kubaturovým listem. První změnou byla úprava výkopových položek, kde zemina třídy I. v pol. 12373A - ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. I byla snížena z původních 105 227,35 m³ na 104 433,68 m³. Pol. 12383 - ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. II byla snížena z 303 166,90 m³ na 301 926,47 m³ a pol. 12393 - ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. III 134 296,59 m³ na 132 660,76 m³. V závislosti na celkovém zvýšení potřeby násypového materiálu o 4 150,86 m³, byla změněna i pol. 17110 – ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSYPŮ SE ZHUTNĚNÍM (změna vyvolaná snížením zeminy třídy II. a III.) a 17110PAR – ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSYPŮ SE

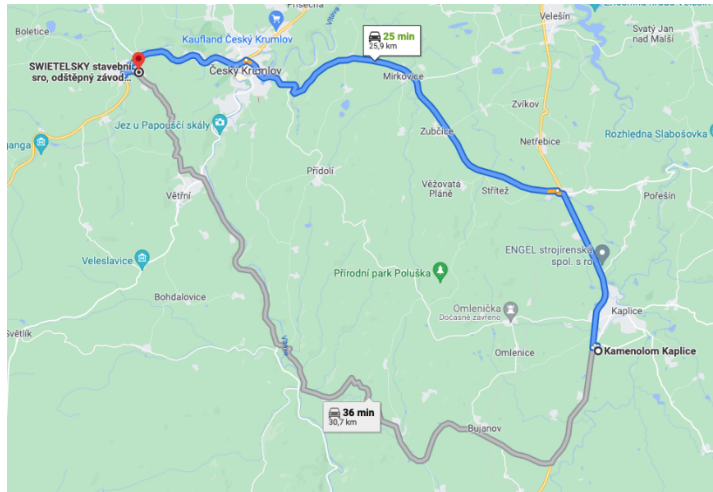
ZHUTNĚNÍM PARAMETRICKY (z důvodu snížení materiálu II. a III., došlo k navýšení potřeby tř. I., aby bylo pokryto celkové množství potřebného násypového materiálu). V závislosti na výše uvedených změnách byly změněny ještě pol. 17120 - ULOŽENÍ SYPANINY DO NÁSPŮ A NA SKLÁDKY BEZ ZHUTNĚNÍ a 014101 – POPLATKY ZA SKLÁDKU, která zahrnují odvoz zeminy třídy I. na skládku. Veškeré měněné položky u zemních prací (stavební díl č. 0 – Všeobecné konstrukce a práce a č. 1 – Zemní práce) jsou označeny ve sloupci č. 11 – cenotvorba doplňujícím označením „úprava množství“.

13.2.2 Kalkulace položek

Vlastní kalkulace se zaměřila na položky od asfaltové podkladní vrstvy po obrusnou vrstvu. Položky byly kalkulovány ve všech variantách (SO 101.1, SO 101.2, SO 101.3). Kalkulace všech podrobněji kalkulovaných položek je zřejmá z přílohy č. 2 - Kalkulace vybraných položek v investiční fázi, která obsahuje 14 samostatných kalkulací.

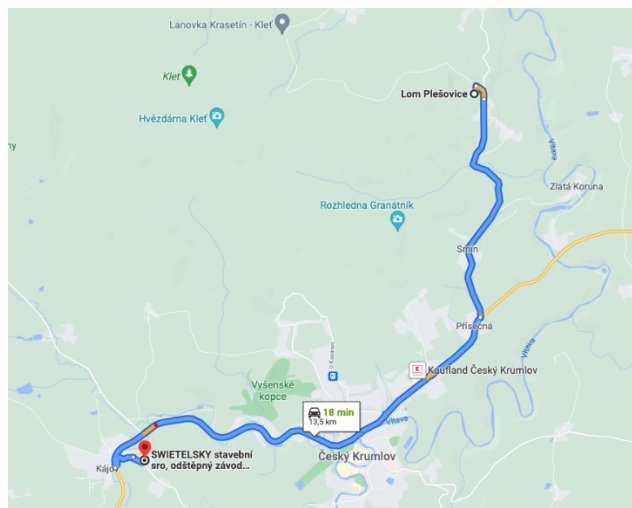
Základním principem byla kalkulace přímých nákladů, které se skládaly z nákladů za materiál, dopravu, lidi, stroje a výrobu. Znalostí těchto nákladů se následně přistoupilo k výpočtu ostatních přímých nákladů, které činí 34 % z celkových mezd pracovníků. Tento náklad je povinou platbou na straně zaměstnavatele, který odvádí daně ze mzdy za zaměstnance ve výši 24,8 % sociálního pojištění a 9 % zdravotního pojištění. Pro diplomovou práci bylo číslo zaokrouhleno na 34 %. Po zjištění ostatních přímých nákladů (OPN) se náklady sečetly a vznikly celkové přímé náklady (CPN). Z těchto nákladů se vypočetla výrobní režie, což jsou náklady na realizační tým (vedoucí projektu, stavbyvedoucí). Výrobní režie jsou 15 % z celkových přímých nákladů. Odbytová cena se následně vypočítala ze součtu celkových přímých nákladů a výrobních režii. K těm se přičetly správní náklady, které činí 16 % (8 % správní režie a 8 % přiměřený zisk z položky). Všechny náklady v kalkulaci jsou vztaženy na 1 tunu materiálu. Po výpočtu odbytového nákladu došlo k přepočtu na měrnou jednotku dle soupisu prací.

Výpočet přímých nákladů: Z důvodu zjednodušení výpočtu byl 1 m³ asfaltové směsi uvažován o objemové hmotnosti 2,5 tuny ($\rho = 2\,500 \text{ kg/m}^3$). Následně se z jednotlivých soupisů prací našlo předpokládané množství a stanovil se výkon hlavního stroje (asfaltový finišer pro pokládku směsi: 60 - 80 t/hod v závislosti na vrstvě). Po zjištění těchto vstupních údajů se přešlo na výpočet nákladů za materiál. Do asfaltové směsi vstupuje asfaltové pojivo, kamenivo, včetně přídatného fileru. Asfaltové pojivo bylo rozděleno na modifikované (14 000 Kč/t) a nemodifikované (12 000 Kč/t). Jedná se o orientační cenu, jelikož tento materiál je závislý na ceně ropy. Ve vrstvě SMA se uvažovalo, že v 1 m³ bude 6 % asfaltového pojiva (ACP 22, ACL 22 – 4,5 %; ACL 16 – 4,6 %; VMT – 4,9 % a BBMT – 5,5 % pojiva). Následně bylo kalkulováno kamenivo. Z důvodu, že nejsou k dispozici jednotlivé zkoušky typu pro danou směs, tak se uvažovalo s obecným označením kameniva bez uvedené frakce (v 1 m³ SMA – 90 %; ACP 22, ACL 22 - 91 %; ACL 16 – 90,9 %; VMT – 90,6 % a BBMT – 90 % kameniva). Jelikož nebyly podrobněji specifikovány jednotlivé úzké frakce, vycházelo se s ceny frakce 8/16 z kamenolomu Kaplice. Směs byla dopravována na obalovnu Kájov, která je od lomu vzdálena 25,9 km. U asfaltového pojiva se uvažovalo, že náklad 12 000 Kč/t (u modifikovaného 14 000 Kč/t) je včetně dopravy na obalovnu. Cena kameniva za 1 t byla stanovena na 348 Kč.



Obrázek 87: Dopravní trasa z kamenolomu na obalovnu

Poslední materiálním nákladem byl přídatný filer. Ten byl dopravován na obalovnu z lomu Plešovice, který je vzdálen 13,5 km. Cena za 1 tunu byla stanovena na 350 Kč (tato cena obsahuje požadované mletí materiálu a jeho hydrofobizaci). Zastoupení přídatného fileru bylo dopočteno v závislosti na směsi, aby celková směs měla 2 500 Kg/m³.



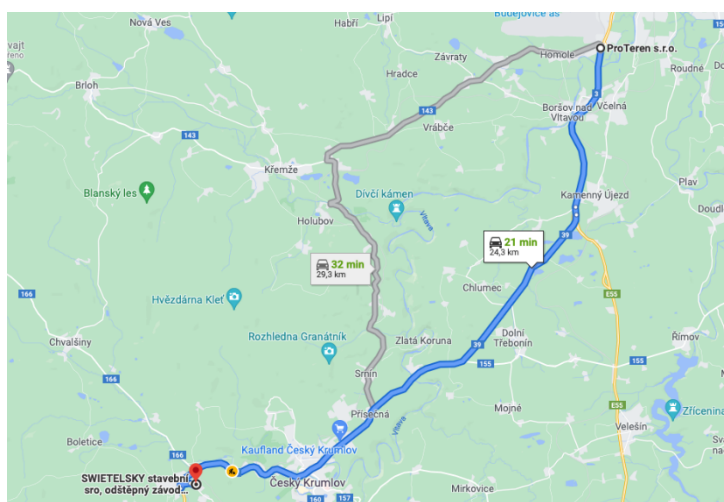
Obrázek 88: Dopravní trasa z lomu na obalovnu

Mzdy jednotlivých dělníků vychází ze zkušeností ze zaměstnání ze staveb dopravní infrastruktury. Nicméně tato cena byla upravena koeficienty z důvodu nešíření interních informací firmy. Pro dopravu kamene a drobného kamene se využívaly dopravní prostředky sklápěče S2 s vlekem. Cena je stanovena dle mechanizace společnosti HOCHTIEF CZ a.s., která je volně přístupná na internetu. Náklady na výrobu směsi jsou odhadnuty, kdy se předpokládalo nasazení čelního nakladače, operátorů obalovny a provozních nákladů samotné obalovny. Směs je následně z obalovny dopravována na stavbu, kde se pro zjednodušený výpočet vzal střed stavby. Délka trasy na stavbu byla následně stanovena na 17 km. Doprava směsi se předpokládá sklápěčem se speciální korbou (termo-izolační korba).

Pro pokládku asfaltové směsi byla zvolena sestava dvou asfaltových finišerů se třemi tandemovými válci a dvěma homogenizéry (1 sestava stojí přibližně 120 000 Kč/den bez

strojní obsluhy). Kolem pokládky je třeba mít pracovníky, který kontrolují kvalitu pokládky a upravují směs před pojezdem válce.

Vstup R-materiál do varianty SO 101.3: R-materiál vstupuje do výpočtu u poslední varianty, tedy u varianty SO 101.3. Pro kalkulaci položek dochází v investiční fázi ke dvěma rozdílným výpočtům. Vrstvy ACL 16S a ACP 22S jsou kalkulovány s využitím R-materiálu z recyklaního centra. Vrstva VMT 22 stene využívá taktéž materiál z recyklaního centra, ale i vyfrézovaný materiál z celé stavby (součet vyfrézovaného materiálu ze vsch objektů). Do vrstvy VMT 22 a ACL 16S je přidáváno 30 % R-materiálu, u které se předpokládá, že obsahuje asfaltov pojivo o množství 5,5 %_hm. U vrstvy ACP 22S je použito 40 % R-materiálu. Materiál získaný ze stavby je samostatne zkalkulovn vč. dopravy na obalovnu. Materiál z recyklaního centra je na stavbu dopravován ze vzdálenosti 24,3 km a jeho cena je 150 Kč/t. Jelikož R-materiál obsahuje asfaltov pojivo, bylo přepočteno celkov množství kameniva a asfaltového pojiva, im došlo k výraznému zlevnění oproti ostatním variantám. Např. náklady za materiál u asfaltov směsi ACL 16S ve variantě 101.2 (bez R-materiálu) jsou 4 025,45 Kč/t. U varianty SO 101.3 s využitím 30 % R-materiálu z recyklaního centra u totožného materiálu jsou 3 090, 01 Kč/t. Tmto dojde k výraznému snížení celkových nákladů a souasne k pozitivnímu vlivu na životní prostředí.



Obrezek 89: Dopravn trasa z recyklaního centra na obalovnu

13.2.3 Soupis prací variant

Soupis prací byl upraven na základě poskytnutého soupisu prací od zadavatele. Pro čely diplomové prace se použil pouze soupis prací k objektu SO 101, z kterého byly nsledne vytvořeny soupisy prací pro SO 101.1, SO 101.2 a SO 101.3. Ocenní položek bylo provedeno pomocí tři metod. Nejčastěji byl využití oborový tidnk konstrukcí a prací (OTSKP)⁴⁰, nsledne vlastní kalkulace a specifické položky byly oceněny dle skutečných nabídek. Cena nabídek byla do diplomové prace upravena. Cenotvorba jednotlivých položek je zjevna ze sloupečku . 11 – Cenotvorba. Jednotlivé soupisy prací jsou součástí přílohy . 3 - Soupisy prací variant SO 101.

⁴⁰ Jedná se o volne dostupný dokument na internetu, kde jsou uvedeny ceny stavebních konstrukcí a prací. Ceny v sobě ji obsahují předpokládané náklady a pimeny zisk, proto nebyla prováděna jejich úprava v diplomové prací. Cenov hladina byla zpracována pro rok 2021.

V jednotlivých variantách (převážně u SO 101.2 a SO 101.3) došlo k úpravám množství a změnám položek z důvodu změny technického řešení projektu. U objektu SO 101.1 došlo na základě poskytnutého kubaturového listu ke změnám v zemních pracích, které následně sloužilo jako podklad pro výpočet úprav zemních prací u objektu SO 101.2 a SO 101.3. Výkaz výměr u asfaltových položek byl vypočten na základě délky trasy a vzorových příčných řezů z přílohy č. 1 diplomové práce.

13.2.4 Porovnání variant vozovek

Jedná se o porovnání všech investičních řešení, tedy o porovnání SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka; SO 101.2 - Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka a SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu. Oproti bakalářské práci, kdy byla zkoumána pouze část stavebního dílu 5 - Komunikace, zde dochází k porovnání celkových nákladů na stavební objekt SO 101. Z výsledků nejhůře vychází objekt SO 101.2, což je optimalizovaná varianta vozovky bez využití R-materiálu. Následuje skladba s původní vozovkou - varianta SO 101.1. Ta je levnější o 4 865 482,27 Kč. Jako nejvýhodnější variantou se jeví návrh SO 101.3, kdy je součástí asfaltové směsi i R-materiál. Oproti původní variantě (SO 101.1) je vozovka levnější o 83 101 524,51 Kč, a oproti nejdražší variantě (SO 101.2) je vozovka levnější o 87 967 006,78 Kč.

Tabulka 17: Porovnání investičních nákladů

| Stavba: D3, STAVBA 0311 TŘEBONÍN - KAPLICE NÁDRAŽÍ | | | | |
|--|--|---------------------|-------------------|------------------|
| Práce: Diplomová práce - Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu | | | | |
| Objekt | Popis | OC | DPH | OC+DPH |
| 101.1 | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 1 291 193 676,14 | 271 150 671,99 | 1 562 344 348,13 |
| 101.2 | Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 1 296 059 158,41 | 272 172 423,27 | 1 568 231 581,68 |
| 101.3 | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 1 208 092 151,63 | 253 699 351,84 | 1 461 791 503,47 |

Při detailnějším pohledu je zřejmé, že k rozdílům dochází u stavebního dílu 0 - Všeobecné konstrukce a práce, 1 - Zemní práce a 5 - Komunikace. Základní rozdíly množství a postupu změn jsou popsány v kap. 13.2.1 – *Rozdíl zemních prací*, z kterých pramení rozdíly v dílu 0 a 1. Tím, že došlo k vyšší potřebě násypového materiálu, na skládku se bude odvážet menší množství zeminy. Nejdražší variantou v dílu 1 je řešení SO 101.3, protože se předpokládalo využití veškerého frézovaného materiálu na stavbě. Technologie frézování je velmi nákladná, kdy 1 nájezd frézy je uvažován se 110 000 Kč/den. Frézování na jednotlivých objektech se předpokládá v rozdílném čase, proto jsou náklady vysoké (rozdíl je tedy především v položce 11372 – Frézování zpevněných asfaltových ploch). Dalším rozdílem ve stavebním oddílu 1 jsou samotné zemní práce. Kdy lze vyčíst, že rozdíl mezi původním návrhem a optimalizovaným návrhem je 2 334 117,44 Kč ve prospěch optimalizované varianty (rozdíl mezi SO 101.1 a SO 101.2). S tím souvisí i rozdíl u dílu 0, který je 1 288 419,00 Kč (menší množství odvážené zeminy na skládku a s tím spojen i poplatek za uložení na skládce).

Ovšem největší rozdíl v ceně jednotlivých variant je u oddílu 5 - Komunikace, který definuje variantu SO 101.2 jako nejdražší variantu. Je zřejmé, že využití R-materiálu na tomto projektu je výhodné, proto je varianta SO 101.3 nejuvhodnější v oddílu 5 a i v celkových investičních nákladech. Nicméně je třeba vzít do úvahy, že se jedná o zjednodušenou kalkulaci všech vrstev. Dále se předpokládalo, že bude využit veškerý vyfrézovaný asfaltový materiál, který bude mít stejné vlastnosti. Nejdražší variantou je tedy SO 101.2, která oproti původní variantě SO 101.1 je dražší o 8 488 018,71 Kč v oddíle 5 - Komunikace.

Tabulka 18: Porovnání variant dle stavebních dílů

| Porovnání variant dle stavebních dílů | | | |
|---------------------------------------|--|---|--|
| Varianty | SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | SO 101.2 - Varianta "var.1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | SO 101.3 - Varianta "var.2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu |
| Stavební díly | Cena | | |
| [-] | [Kč] | | |
| 0 - Všeobecné konstrukce a práce | 25 549 697,80 | 24 261 278,80 | 24 261 278,80 |
| 1 - Zemní práce | 536 842 584,03 | 534 508 466,59 | 540 294 650,74 |
| 2 - Základy | 123 915 669,50 | 123 915 669,50 | 123 915 669,50 |
| 4 - Vodorovné konstrukce | 2 837 014,10 | 2 837 014,10 | 2 837 014,10 |
| 5 - Komunikace | 525 060 770,91 | 533 548 789,62 | 439 795 598,69 |
| 8 - Potrubí | 1 930 507,80 | 1 930 507,80 | 1 930 507,80 |
| 9 - Ostatní konstrukce a práce | 75 057 432,00 | 75 057 432,00 | 75 057 432,00 |
| Celkem | 1 291 193 676,14 | 1 296 059 158,41 | 1 208 092 151,63 |

Z výsledků je patrné, že úprava jedné části projektu (v tomto případě úprava skladby vozovky) vyvolá změny i v jiných částech. Zde díky změně skladby projektu byly optimalizovány zemní práce. V praxi by bylo nutné ovšem zjistit např. hladinu spodní vody, aby tato varianta byla ještě realizovatelná a nemuselo by docházet k dodatečným opatřením, která mohou být nákladná. V rámci práce dochází ještě ke snížení průřezu monolitického žlabu (curb-king), z původních 0,1 m² na 0,0913 m². Curb-king v soupise prací řeší položka 93532 - ŽLABY A RIGOLY MONOLITICKÉ BETONOVÉ PRŮŘEZ 0,12 M2, která má stanovou jednotkovou cenu do průřezu 0,12 m2. Z toho je zřejmé, že zde k úpravě ceny nedojde. Další známou položkou z OTSKP je pol. 93531 - ŽLABY A RIGOLY MONOLITICKÉ BETONOVÉ PRŮŘEZ 0,09 M2, kam nicméně nespádá ani nově vypočtený průřez curb-king u variant SO 101.1 a SO 101.2.

Při úvaze, že je výměra Curb-king v soupise prací pod položkou 93530 - ŽLABY A RIGOLY MONOLITICKÉ BETONOVÉ, kde je jednotková cena 4 380 Kč/m³, došlo by k dalšímu snížení rozdílu mezi variantou SO 101.1 a SO 101.2. U obou variant se předpokládá délka curb-king 12 786 m. U varianty SO 101.1 je plocha 0,1m² a celková cena by v tomto případě byla 5 600 268 Kč. U varianty SO 101.2 je ovšem plocha jen 0,0913 m² a celková cena by tak byla 5 113 044,68 Kč. To by vedlo k úspoře nákladů o 487 223,32 Kč. Tato úvaha nebyla ovšem použita v diplomové práci, ale je zde uvedena jako příklad, že je nutné pohlížet na projekt z celkové perspektivy a ne jen čistě na měněné části.

Dále se vedla diskuze k hlubšímu posouzení vrstvy SC, která je použita ve skladbě SO 101.2 a SO 101.3, jako variantní řešení k MZK. Při realizaci dálničního úseku dálnice D1 – úsek 04, moji kolegové z HOCHTIEF CZ a.s. využili technologii, kdy do vrstvy SC přidali betonový recyklát. Tento přístup má znovu pozitivní vliv na životní prostředí a na řádné hospodaření s odpadem z bouraných stavebních konstrukcí. Ovšem z důvodu velkého rozsahu samotné diplomové práce bylo od tohoto dalšího posouzení a zahrnutí variant technického řešení i do hydraulicky stmelené vrstvy upuštěno. Z mého pohledu je důležité tuto možnou úvahu zmínit, jelikož vrstva mechanicky zpevněného kameniva (MZK) klade vysoké nároky na křivku zrnitosti, což vrstva SC v takové míře nevyžaduje a dá se s ní lépe uvažovat i pro alternativní návrhy. Určitě by z mého pohledu bylo zajímavé provést porovnání kalkulace MZK ve variantě SO 101.1; kalkulace SC ve variantě SO 101.2 a kalkulace SC s přidaným betonovým recyklátem ve variantě SO 101.3. Je důležité, aby tyto myšlenky pronikaly i dále do podvědomí zadavatelů, kteří místo vypsání jednoduché položky do soupisu prací (poplatek za skládku) mohou využívat potenciál těchto materiálů a snahu zhotovitelů s nimi pracovat a nalézat vhodná řešení nejen z finančního pohledu.

13.2.4.1 Porovnání variant SO 101.3 a SO 101.3P

V rámci práce jsem se rozhodl provést menší porovnání u varianty s R-materiálem. Varianta SO 101.3 předpokládá, že člen konsorcia bude realizovat objekt SO 101.3 a k tomu si připočte položku 11372 – Frézování zpevněných asfaltových ploch ze všech objektů. Z důvodu porovnání a zájmu jsem se rozhodl pro úvahu, že by zhotovitel měl pouze objekt SO 101.3, mimo frézování v ostatních objektech. Varianta je nazvána SO 101.3P. Nejprve bylo třeba provést kalkulaci položek 11372 a 574M47 (směs VMT). Kalkulace byla stejná jako u varianty SO 101.3, ovšem s menším využitím získané asfaltové směsi ze stavby. Varianta SO 101.3 uvažuje s celkovým množstvím 2 281,538 m³ (jedná se o sumu veškerého frézování na stavbě). U varianty SO 101.3P jsem použil pouze objekt SO 101, tedy 267, 300 m³.

| STAVEBNÍ OBJEKT | Poř. číslo | Kód položky | Název položky | MJ | Množství |
|-----------------|------------|-------------|--|----|------------------|
| 0 | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 |
| SO 101 | 9 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 267,300 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | z výkazu hmot: 267,3m ³ =267,300 [A] | | |
| SO 102.2 | 9 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 128,960 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELE | | |
| | | | stávající komunikace: (221,0m ² +195,0m ²)*0,31=128,960 [A] | | |
| SO 111 | 12 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 1 084,070 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | stávající komunikace osa 111-1: 2503,0m ² *0,27=675,810 [A] osa 111-2: 1058,0m ² *0,31=327,980 [B] osa 111-3: 446,0m ² *0,18=80,280 [C] Celkem: A+B+C=1 084,070 [D] | | |
| SO 112 | 9 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 298,800 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | stávající komunikace: (619,0m ² +1041,0m ²)*0,18=298,800 [A] | | |
| SO 113 | 6 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 181,400 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | stávající komunikace: 625,0m ² *0,12+532,0m ³ *0,20=181,400 [A] | | |
| SO 114 | 6 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 34,900 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | stávající komunikace: 425,5m ² *0,05+272,5m ² *0,05=34,900 [A] | | |
| SO 115 | 6 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 8,100 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | stávající komunikace: 135,0m ² *0,06=8,100 [A] | | |
| SO 124.B | 8 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 18,700 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | osa 124-1 vybourání konstrukce vozovky III/15536 v km 152,6 odměřeno ze situace asfaltový beton: 103,89m ² *(0,08+0,10)=18,700 [A] | | |
| SO 125 | 7 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 5,718 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | odstranění původní komunikace: 190,6m ² *0,03=5,718 [A] | | |
| SO 811 | 5 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 253,590 |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | |
| | | | ze situace: 261m ² *0,18+(338+468)m ² *0,08+(209+84)m ² *0,21+(124+292)m ² *0,115+ 105m ² *0,045+(72+276)m ² *0,045+225m ² *0,055=253,590 [A] | | |
| | | | Celkem | | 2 281,538 |

Obrázek 90: Frézování asfaltových ploch na projektu

Na základě výsledků z kalkulace (součást přílohy č. 2 – Kalkulace vybraných položek v investiční fázi) jsem provedl porovnání těchto dvou variant. Výsledkem bylo, že varianta SO 101.3P je levnější o 3 129 075,88 Kč. Rozdíl je především v položce frézování (11372), kdy jednotková cena je sice vyšší (SO 101.3P – 3 007,76 Kč/m³; SO 101.3 – 2 694,25 Kč/m³), ale celkové množství je menší. Zvýšená cena je dána sestavou drtiče a třídiče, který stojí na den vč. lidí 188 382,38 Kč (započteno i 75 000 Kč pro nájezd sestavy). Při přepočítání na Kč/t dochází k vysokým nákladům. Z důvodu zachování myšlenky a snahy o využití veškerého vyfrézovaného materiálu (využití R-materiálu má pozitivní vliv na životní prostředí a přírodní zdroje, jako je kamenivo), byla varianta SO 101.3 vyhodnocena jako varianta, která bude realizována a posuzována s ostatními variantami. Nicméně určitě by šlo náklady na frézování u varianty SO 101.3 výrazně snížit, pokud by byl zpracován harmonogram pro všechny objekty s přihlédnutím k frézování v jednotlivých objektech. Tím by šlo docílit optimalizace návrhu nájezdu silniční frézy, kdy by šlo snížit její celkové náklady. Ovšem celkový harmonogram nebyl prováděn, a proto se kalkuluje s nejhorsí variantou.

| Varianta: SO 101.3 - Varianta "var.2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | | | | | | 101.3 | 111 596 844,02 | |
|---|-------------|--|----|-------------|------------|----------------|---|--|
| Poř. číslo | Kód položky | Název položky | MJ | Množství | Cena | | Cenotvorba | |
| | | | | | Jednotková | Celkem | | |
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | |
| 9 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 2 281,540 | 2 694,25 | 6 147 039,15 | Kalkulace - příloha č.2 (10) Úprava množství | |
| | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | | | | | |
| | | SO 101: 267,300 m3 [A] SO 102.2: 128,960 m3 [B] SO 111: 1 084,070 m3 [C] SO 112: 298,800 m3 [D] SO 113: 181,400 m3 [E] SO 114: 34,90 m3 [F] SO 115: 8,100 m3 [G] SO 124.B: 18,70 m3 [H] SO 125: 5,718 m3 [I] SO 811: 253,590 m3 [J] Celkem: A+B+C+D+E+F+G+H+I+J = 2 281,540 m3 [K] | | | | | | |
| 83 | 574M47 | VRSTVY Z ASF SMĚSI S VYSOKÝM MODULEM TUHOSTI VMT22 PRO PODKLADNÍ VRSTVY TL. 80MM | M2 | 180 586,380 | 583,93 | 105 449 804,87 | Kalkulace - příloha č.2 (11) Úprava množství | |
| | | VMT 22 30/45 - tl. 80 mm (hlavní trasa) + 30% R-materiál | | | | | | |
| | | z výkresu SO 101.3: Horní šířka vrstvy: 11,00 m [A] Počet jízdních pásů: 2 ks [B] Upravující koeficient: 1,0359 [C] Délka vozovky: 7 924 m [D] - Tabulka staničení vozovky Celkem: A*B*C*D = 180 586,38 m2 | | | | | | |
| Varianta: SO 101.3P - Varianta "var.2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | | | | | | 101.3P | 108 467 768,14 | |
| Poř. číslo | Kód položky | Název položky | MJ | Množství | Cena | | Cenotvorba | |
| | | | | | Jednotková | Celkem | | |
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | |
| 9 | 11372 | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 267,300 | 3 007,76 | 803 974,25 | Kalkulace - příloha č.2 (8) Úprava množství | |
| | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | | | | | |
| | | SO 101: 267,300 m3 [A] Celkem: A = 267,300 m3 [B] | | | | | | |
| 83 | 574M47 | VRSTVY Z ASF SMĚSI S VYSOKÝM MODULEM TUHOSTI VMT22 PRO PODKLADNÍ VRSTVY TL. 80MM | M2 | 180 586,380 | 596,19 | 107 663 793,89 | Kalkulace - příloha č.2 (9) Úprava množství | |
| | | VMT 22 30/45 - tl. 80 mm (hlavní trasa) + 30% R-materiál | | | | | | |
| | | z výkresu SO 101.3: Horní šířka vrstvy: 11,00 m [A] Počet jízdních pásů: 2 ks [B] Upravující koeficient: 1,0359 [C] Délka vozovky: 7 924 m [D] - Tabulka staničení vozovky Celkem: A*B*C*D = 180 586,38 m2 | | | | | | |

Obrázek 91: Porovnání frézování SO 101.3 a SO 101.3P

13.3 Realizační harmonogram

Realizační harmonogram je zpracován pro varianty SO 101.1 a SO 101.2. Varianta SO 101.3 nebyla zpracovávána, jelikož rozdíl mezi variantou SO 101.2 a SO 101.3 je u frézování většího množství asfaltového materiálu (předpoklad, že by nedošlo ke zpoždění zahájení zemních prací) a u skladeb vozovky je použit R-materiál, jehož implementace by neměla mít vliv na dobu trvání. Harmonogram byl vytvořen pomocí softwarového nástroje TILOS a jedná se o časoprostorový harmonogram, který je rozdělen na šest oddílů (oddíl A až oddíl F). Časoprostorový harmonogram je součástí **přílohy č. 4 – Realizační harmonogram**. Harmonogram předpokládá, že práce budou probíhat 7 dní v týdnu po dobu 10 hodin.

Oddíl A) Schéma projektu dálnice D3 Třebonín – Kaplice nádraží: Prvním oddílem harmonogramu je schéma projektu, které je znázorněno v horní části časoprostorového harmonogramu a dále je znázorněno v úvodu kapitoly 13 (obr. 81-84). Schéma je nedílnou součástí časoprostorového harmonogramu z důvodu snadné orientace v projektu. Dále je vhodné toho schéma v samotném terénu, kdy stavební technik má zjednodušený přehled o situaci. Schéma je vytvořeno na základě poskytnutého projektu, kdy tvorba schématu vychází ze situací, soupisu prací a technických zpráv. Dalším využitím schématu by bylo dokreslení budoucích plánovaných uzavírek na řešeném projektu.

Oddíl B) Zjednodušená hmotnice projektu: Na základě poskytnutého kubaturového listu a projektové dokumentace byl vytvořen „zjednodušený projekt zemních prací“. Jednotlivá zářezová a násypová tělesa byla rozdělena dle staničení na úseky s přesně definovaným územím a celkovým množstvím (zemní tělesa Z1, N2...N12 – tvořeno z pol. 12273; 12373A; 12373B; 12373PAR; 12383; 12393; 12891; 17110 a 17110PAR). Dále bylo nutné stanovit i předpokládanou mezideponii, kde se bude drtit zemina třídy II. a III. (tvořeno z pol. 12843 a 12893), která následně bude odvážena zpět do násypových těles. Mezideponie byla stanovena na pozemcích v k.ú Prostřední Svince [493/4 – 18 917 m² (orná půda); 493/5 – 32 711 m² (zemědělský půdní fond); 493/6 – 46 017 m² (zemědělský půdní fond) a 493/7 - 46 229 m² (zemědělský půdní fond)]. Na těchto pozemcích se uvažovalo s umístěním mobilního třídiče a drtiče, mezideponie ornice a zařízení staveniště. Náklady za pronájem pozemku nebyly řešeny, jelikož by pronájem byl pro všechny varianty stejný. Detailnější umístění taktéž nebylo řešeno, protože to nebylo cílem diplomové práce (v praxi by ovšem bylo vhodné provést zakreslení a návrh zařízení staveniště a ploch pro třídění zeminy). Jako odvoz přebytečné zeminy byla zvolena skládka od společnosti ProTeren s.r.o., která je vzdálená přibližně 20 km od středu stavby. Na skládku se následně odváží přebytečná zemina, kde se uvažuje ukládka a dodatečný poplatek za uložení zeminy na skládce (tvořeno z pol. 014101; 014121; 17120). Jedná se o přebytečný výkop tř. I, dále o nevhodnou zeminu a o odkop a likvidaci černé skládky. Další částí tvorby zjednodušené bilance zemních prací bylo třeba vyčlenit místo pro odvoz zeminy do okolních objektů. V rámci projektu nebylo místo řešeno, ovšem předpokládá se, že by bylo nutné vytvořit dodatečnou mezideponii pro uložení této zeminy, případě o dohodu postupu mezi společníky sdružení. Do okolních objektů se odváží z pol. 12373PAR - ODKOP PRO SPOD STAVBU SILNIC A ŽELEZNIC TŘ. I PARAMETRICKY 64 906,016 m³. Další částí, která vstupuje do oddílu B) je zemina do aktivní zóny, která je využita z předrcení tř. III na MZD. Jedná se o zachovanou myšlenku od zadavatele (tvořeno z pol. 17130). Dále vzniká výkop a násyp u propustku v km 155,415 (pol. 13173; 13173PAR a 17411Par.R) a u sanačních žebor, která jsou tvořeny z položek 13273; 13283; 13293 a 13893. Poslední částí oddílu B) jsou vykopávky ze zemníku, tedy z místa umístění mobilní drtičky. Jedná se o zeminu, která je předrcena, ale musí být znovu naložena a dovezena zpět do zemního tělesa dálnice (12573B).

Dle vytvořených jednotlivých zemních těles následně došlo k výkopu zeminy, jejího předrcení a odvozu do násypového tělesa nebo na určenou skládku. Z obrázku jsou patrná staničení jednotlivých zemních těles a následně převážené množství z bodu A do bodu B (uvedeno převážené množství a vzdálenost mezi tělesy).

V případě změny zadání, by šel tento zjednodušený model využít pro návrh optimální rozvozní vzdálenosti, či ke skutečné kalkulaci daných položek. Ovšem harmonogram byl tvořen čistě za účelem znalosti doby trvání realizační fáze a cash-flow v jednotlivých letech (vstup do LCC), proto nebylo potřeba provádět toto posouzení.

Jednotlivá tělesa lze vytvářet přímo v programu TILOS nebo je lze importovat přímo z MS Excel. Pro lepší představivost zde přikládám import zářezových a násypových těles (Z1; N2...Z11; N12) z varianty SO 101.1. Další položky jsou importovány či vytvářeny stejným způsobem.

Mass Area ID značení označení, které je viditelné v oddíle B) časoprostorového harmonogramu. MassTypeUID je typ „obdélníku“, která definuje např. jeho barvu, či umístění na ose – zářez/násyp. Následně je uveden začátek a konec vč. předpokládaného staničení průměrného odvozu. Dále je třeba znát množství v dané lokalitě. Level značí umístění nad/pod čarou.

Tabulka 19: Import dat do TILOS do oddílu B – varianta SO 101.1

| Import do TILOS - odkop/násyp dle staničení | | | | | | | |
|---|--------------------|----------|---------|------------|--------------|-------|--|
| Mass Area ID | MassTypeUID | StartLoc | EndLoc | BalanceLoc | AreaQuantily | Level | SubProjectUI |
| Z1 (I.) | Zářez (I. třída) | 150,973 | 152,065 | 151,519 | 100 865,37 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z1.1 (II.) | Zářez (II. třída) | 150,973 | 151,100 | 151,037 | 2 655,88 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z1.2 (II.) | Zářez (II. třída) | 151,340 | 151,390 | 151,365 | 1 503,80 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z1.3 (II.) | Zářez (II. třída) | 151,900 | 152,065 | 151,983 | 6 769,15 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z1.1 (III.) | Zářez (III. třída) | 151,390 | 151,550 | 151,470 | 20 058,22 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z1.2 (III.) | Zářez (III. třída) | 151,950 | 152,137 | 152,044 | 567,30 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N2.1 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 152,065 | 152,590 | 152,328 | 916,30 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N2 (před SO 201) | Násyp | 152,120 | 152,588 | 152,354 | 43 301,91 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N2.2 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 152,630 | 152,964 | 152,797 | 702,99 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N2 (SO 201 - SO 202) | Násyp | 152,630 | 152,964 | 152,797 | 73 875,07 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N2 (za SO 202) | Násyp | 153,040 | 153,280 | 153,160 | 31 691,61 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N2.3 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 153,040 | 153,310 | 153,175 | 255,16 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z3 (I.) | Zářez (I. třída) | 153,310 | 154,240 | 153,775 | 83 521,09 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |

| | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|---------|---------|---------|------------|----|--|
| Z3.1 (II.) | Zářez (II. třída) | 153,310 | 153,370 | 153,340 | 634,70 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z3.2 (II.) | Zářez (II. třída) | 153,760 | 154,060 | 153,910 | 7 682,55 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N4.1 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 154,090 | 154,240 | 154,165 | 532,62 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N4 (před SO 204) | Násyp | 154,130 | 154,241 | 154,185 | 7 973,27 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N4 (Za SO 204) | Násyp | 154,389 | 154,450 | 154,420 | 5 396,22 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N4.2 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 154,389 | 154,450 | 154,420 | 21,28 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z5.1 (I.) | Zářez (I. třída) | 154,540 | 154,595 | 154,568 | 2 129,09 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z5.2 (I.) | Zářez (I. třída) | 154,612 | 154,810 | 154,711 | 12 139,53 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z5 (II.) | Zářez (II. třída) | 154,547 | 154,570 | 154,559 | 299,42 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z5 (III.) | Zářez (III. třída) | 154,470 | 154,555 | 154,513 | 6 729,81 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N6.1 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 154,810 | 155,378 | 155,094 | 1 252,40 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N6 (před SO 206) | Násyp | 154,880 | 155,378 | 155,129 | 108 025,10 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N6 (SO 206 - SO 207) | Násyp | 155,503 | 155,874 | 155,689 | 130 708,38 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N6.2 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 155,503 | 155,874 | 155,689 | 339,24 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N6.2 (II. - odkop) | Zářez (II. třída) | 155,785 | 155,840 | 155,813 | 17,25 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N6 (Za SO 207) | Násyp | 155,910 | 156,050 | 155,980 | 8 112,81 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |

| | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|------------|----|--|
| N6.3 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 155,910 | 156,085 | 155,998 | 372,75 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z7 (I.) | Zářez (I. třída) | 156,085 | 156,880 | 156,483 | 87 116,46 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z7 (II.) | Zářez (II. třída) | 156,130 | 156,860 | 156,495 | 132 332,13 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z7.1 (III.) | Zářez (III. třída) | 156,240 | 156,370 | 156,305 | 24 850,65 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z7.2 (III.) | Zářez (III. třída) | 156,450 | 156,590 | 156,520 | 29 449,13 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N8.1 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 156,880 | 157,020 | 156,950 | 691,33 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N8 (Před SO 208) | Násyp | 156,940 | 157,020 | 156,980 | 10 363,33 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N8 (Za SO 208) | Násyp | 157,128 | 157,430 | 157,279 | 70 449,79 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N8.2 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 157,128 | 157,450 | 157,289 | 402,20 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N8 (DUN) | Násyp | 157,140 | 157,260 | 157,200 | 6 679 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z9 (I.) | Zářez (I. třída) | 157,450 | 158,000 | 157,725 | 61 373,52 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z9 (II.) | Zářez (II. třída) | 157,470 | 157,960 | 157,715 | 107 589,27 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z9.1 (III.) | Zářez (III. třída) | 157,550 | 157,710 | 157,630 | 43 851,21 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z9.2 (III.) | Zářez (III. třída) | 157,750 | 157,820 | 157,785 | 5 972,64 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N10 | Násyp | 158,025 | 158,180 | 158,103 | 4 871,09 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z10 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 158,000 | 158,205 | 158,103 | 564,21 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |

| | | | | | | | |
|------------------|--------------------|---------|---------|---------|-----------|----|--|
| Z11 (I.) | Zářez (I. třída) | 158,205 | 158,655 | 158,430 | 54 433,08 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z11.1 (II.) | Zářez (II. třída) | 158,205 | 158,520 | 158,363 | 41 853,28 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z11.2 (II.) | Zářez (II. třída) | 158,570 | 158,640 | 158,605 | 1 829,48 | 9 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z11.1 (III.) | Zářez (III. třída) | 158,230 | 158,290 | 158,260 | 1 264,90 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z11.2 (III.) | Zářez (III. třída) | 158,300 | 158,450 | 158,375 | 5 787,70 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z11.3 (III.) | Zářez (III. třída) | 158,500 | 158,570 | 158,535 | 2 833,28 | 10 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| Z12 (I. - odkop) | Zářez (I. třída) | 158,700 | 159,512 | 159,106 | 117,58 | 8 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |
| N12 | Násyp | 158,700 | 159,512 | 159,106 | 55 075,93 | 1 | D3 0311 Třebonín - Kaplice nádraží |

Oddíl C) Podélný profil projektu: Jedná se o další zobrazení, ze kterého je zřejmé umístění zářezu a násypu. Dále se jedná o zajímavé zobrazení, kdy si každý může vytvořit obrázek o výškovém uspořádání terénu, kde je zřejmé, že dálnice není na rovině, ale na různých místech stoupá a klesá, což občas při jízdě dopravním prostředkem nebo při realizaci nemusí být zřejmé.

Do TILOSU je vhodné tato data importovat. Data vychází ze staničení po 20 m a jako vstupní podklad sloužil podélný profil od projektanta, který je zpracován na čtyři části. Tímto zobrazením si lze vytvořit ucelený pohled. Pro příklad přikládám prvních 13 řádků z importu z MS Excel do TILOS. Celkem má import 437 řádků.

Tabulka 20: Část importu do TILOS - podélný profil

| - | Staničení | Kóta Nivelety | Kóta terénu | Odkop/Násyp | ZÚ - 150,973 |
|----|-----------|---------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 150,900 | 550,570 | 553,220 | ODKOP | |
| 2 | 150,920 | 550,950 | 553,630 | ODKOP | |
| 3 | 150,940 | 551,330 | 553,740 | ODKOP | |
| 4 | 150,960 | 551,690 | 553,830 | ODKOP | |
| 5 | 150,980 | 552,050 | 554,000 | ODKOP | |
| 6 | 151,000 | 552,400 | 554,030 | ODKOP | |
| 7 | 151,020 | 552,750 | 554,040 | ODKOP | |
| 8 | 151,040 | 553,080 | 554,070 | ODKOP | |
| 9 | 151,060 | 553,400 | 554,130 | ODKOP | |
| 10 | 151,080 | 553,720 | 554,300 | ODKOP | |
| 11 | 151,100 | 554,020 | 554,520 | ODKOP | |
| 12 | 151,120 | 554,320 | 554,970 | ODKOP | |
| 13 | 151,140 | 554,610 | 555,420 | ODKOP | |

Oddíl D) Vzdálenostní osa: Zobrazení vzdálenostní osy udává staničení jednotlivých stavebních prací a slouží pro přesnou orientaci prací, které se neprovádějí od začátku až do konce (např. asfaltové vrstvy), ale jsou různě rozloženy v ploše. Pokud je vzdálenostní osa vytvořena a je součástí schématu, jedná se o účinný prostředek, jak vyhledat danou pracovní zónu. V případě orientace v časoprostorovém harmonogramu se jedná o velmi zajímavý nástroj, jak nalézt požadovanou práci v daném staničení. Vzdálenostní osa je vhodná i do terénu, kdy se dle ní dá orientovat na dálničních úsecích (např. ze znalosti staničení curb-king mohu na stavbě dojet ke všem staničením a zkontrolovat stavební připravenost před pokládkou. Díky umístění hektokilometrů kolem stavby se jedná o velmi zajímavý nástroj i v případě plánování prací).

V diplomové práci byla nalezena staničení dle podkladů od zadavatele pro jednotlivá zemní tělesa; první vrstvu násypového tělesa (která je nutné znát, jelikož se provádí pomocí dvou různých technologií); staničení svahových žebber; piloty z těžného kameniva; aktivní zóna (prováděna dle třídy III. nebo betonáže v případě výskytu u skalní parapláně); zpevnění brodu kamenem; přelivné příkopy; umístění SOS hlásek; betonové plochy a umístění betonových svodidel ve středním dělicím pásu; Curb-King; svodidla a trativody. Jako ukázkou importu do TILOSu jsem se rozhodl ukázat staničení svahových žebber. Další stavební práce jsou vytvořeny a importovány na základě stejného principu, nejsou však na tomto místě jako další příklady tabule uváděny.

Tabulka 21: Staničení svahových žebber na vzdálenostní ose - import do TILOSU

| Staničení svahová žebra | Název | Začátek staničení | Konec staničení | Typ sektoru | Poznámka |
|-------------------------|-------|-------------------|-----------------|-------------|---------------------|
| | [-] | [km] | [km] | [-] | [-] |
| 1 | | 151,300 | 151,700 | Aquamarine | (151,300 - 151,700) |
| 2 | | 153,500 | 154,000 | Aquamarine | (153,500-154,000) |
| 3 | | 156,200 | 156,800 | Aquamarine | (156,200-156,800) |
| 4 | | 157,480 | 157,900 | Aquamarine | (157,480-157,900) |

Oddíl E) Časoprostorový harmonogram: Časoprostorový harmonogram je tvořen z jednotlivých úkolů, které jsou mezi sebou provázány. Úkoly jsou řízeny dle výkonů hlavních strojů a k jednotlivým úkolům jsou přiřazeny dané čety. V rámci úkolu jsou sledovány potřeby zdrojů v čase (např. betony nebo asfaltová směs BBTM 8), dále je sledováno nasazení strojní mechanizace (např. rypadlo 30t nebo asfaltový finišer) v čase. Posledním prvkem jsou náklady v čase. Všechny tyto úkony jsou rozloženy rovnoměrně v daném úkolu v TILOSu⁴¹. **Vstupní data pro úkoly jsou vytvořeny v příloze č. 4**, kde je přiložen dokument - Rozbor položek ze soupisu prací pro variantu SO 101.1 a SO 101.2. Z tohoto dokumentu je patrné jednotlivé množství nákladů, materiálu a nasazení čet k jednotlivých položkám v soupise prací, které jsou následně sledovány a importovány do programu TILOS. Pro lepší přehled je zde uveden seznam nasazení čet a sledovaných materiálů pro obě varianty.

Tabulka 22: Sledované množství materiálu v investiční fázi

| Sledované množství materiálu v investiční fázi | | | | |
|--|-------------------------------------|----|------------|------------|
| / | Materiál | MJ | SO 101.1 | SO 101.2 |
| 1 | Asfaltová směs ACL 22 | M2 | 176 789,60 | 178 944,68 |
| 2 | Aktivní zóna (zemina tř. III) | M3 | 114 560,00 | 114 560,00 |
| 3 | Asfaltová směs ACO 11 | M2 | 659,00 | 659,00 |
| 4 | Asfaltová směs ACO 16 | M2 | 25,90 | 25,90 |
| 5 | Asfaltová směs ACP 16 | M2 | 685,80 | 685,80 |
| 6 | Asfaltová směs SMA 11 | M2 | 174 177,00 | - |
| 7 | Asfaltová směs VMT 22 | M2 | 360 314,20 | 360 314,20 |
| 8 | Asfaltová směs ACL 16 | M2 | - | 177 302,99 |
| 9 | Asfaltová směs BBTM 8 | M2 | - | 174 177,00 |
| 10 | Asfaltový postřik | M2 | 712 651,50 | 714 694,01 |
| 11 | Asfaltový recyklát (odvoz) | M3 | 267,30 | 267,30 |
| 12 | Beton | M3 | 2 454,59 | 2 454,59 |
| 13 | Betonová tvárnice | M | 2 757,00 | 2 757,00 |
| 14 | Betonové svodidlo H3 (jednostranné) | M | 64,00 | 64,00 |
| 15 | Betonové svodidlo H3 (oboustranné) | M | 24,00 | 24,00 |
| 16 | Clony na svodidlo | KS | 616,00 | 616,00 |
| 17 | Demolice - asfalt | M3 | 428,60 | 428,60 |
| 18 | Demolice - kamenivo | M3 | 557,50 | 557,50 |
| 19 | Dlažba (všechny druhy) | M2 | 265,30 | 265,30 |
| 20 | Drenážní šachtice ŠN 80 (Plast) | KS | 2,00 | 2,00 |
| 21 | Geomříž | M2 | 15 152,00 | 15 152,00 |
| 22 | Geotextílie | M2 | 335 747,10 | 335 747,10 |

⁴¹ Pokud např. určitá činnost trvá 50 dní, tak strojní mechanizace, pracovníci a náklady jsou rovnoměrně rozloženy v daném úkolu. Nejsou tedy alokovány nerovnoměrně.

| | | | | |
|----|---------------------------------------|----|------------|------------|
| 23 | Kamenivo drcené (všechny frakce) | M3 | 17 065,60 | 17 065,60 |
| 24 | Kamenivo těžené (všechny frakce) | M3 | 784,19 | 784,19 |
| 25 | Lomový kámen (všechny frakce) | M3 | 79 437,90 | 79 437,90 |
| 26 | Mechanicky zpevněné kamenivo (MZK) | M3 | 37 986,55 | 112,67 |
| 27 | Násypový materiál | M3 | 567 280,22 | 571 431,08 |
| 28 | Obruby | M | 177,60 | 177,60 |
| 29 | Ocelové svodidlo H2 (jednostranné) | M | 8 635,00 | 8 635,00 |
| 30 | Ocelové svodidlo H2 (Varioguard) | M | 600,00 | 600,00 |
| 31 | Ocelové svodidlo H3 (jednostranné) | M | 1 753,00 | 1 753,00 |
| 32 | Ocelové svodidlo H3 (oboustranné) | M | 6 500,00 | 6 500,00 |
| 33 | Ocelové svodidlo N1,N2 (jednostranné) | M | 84,00 | 84,00 |
| 34 | Odkop tř. I (Zemina) | M3 | 413 193,46 | 412 399,79 |
| 35 | Odkop tř. II (Zemina) | M3 | 306 748,90 | 305 508,47 |
| 36 | Odkop tř. III (Zemina) | M3 | 143 187,23 | 141 551,40 |
| 37 | Odrázky na svodidla | KS | 130,00 | 130,00 |
| 38 | Ornice | M3 | 127 955,92 | 127 955,92 |
| 39 | Posyp kamenivem (asfaltovou směs) | M2 | 174 862,80 | 174 862,80 |
| 40 | Přebytková zemina (skládka) | M3 | 127 125,05 | 119 304,26 |
| 41 | Směrový sloupek (modrý, bílý) | KS | 293,00 | 293,00 |
| 42 | ŠDA | M3 | 51 221,30 | 53 075,20 |
| 43 | Trativod | M | 16 864,60 | 16 864,60 |
| 44 | Kamenivo stmelené cementem (SC) | M3 | | 33 630,09 |

| Sledované čety v investiční fázi projektu | | | | | |
|---|-----------------------------------|------------------|---|----------|----------|
| | Název čety | Počet pracovníků | Mechanizace | SO 101.1 | SO 101.2 |
| 1 | Četa - Aktivní zóna | 2 | Dozer D6; 2x Válec | ✓ | ✓ |
| 2 | Četa - Asfaltová vrstva | 5 | Asfaltový finišer; 3x Válec; 4x Odvozní prostředek; homogenizér | ✓ | ✓ |
| 3 | Četa - asfaltové závluky | 1 | Spáromat; Řezačka spar; Dodávkový automobil; Kropící vůz | ✓ | ✓ |
| 4 | Četa - Betonáři | 4 | Drobné nářadí; Autodomíchávač | ✓ | ✓ |
| 5 | Četa - Demolice | 2 | Silniční fréza; Kropící vůz; 3x Odvozní prostředek; Pásové rypadlo 30t | ✓ | ✓ |
| 6 | Četa - Dokončení svodidel | 4 | 2x Dodávkový automobil; Drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 7 | Četa - Drenážní šachta | 3 | JCB; Odvozní prostředek; Drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 8 | Četa - Frézování | 2 | Silniční fréza; 3x Odvozní prostředek; Kropící vůz | ✓ | ✓ |
| 9 | Četa - Geotextílie | 3 | JCB; Odvozní prostředek; Drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 10 | Četa - Hloubení zeminy | 2 | Rypadlo 16t; 2x Odvozní prostředek; Vibrační deska | ✓ | ✓ |
| 11 | Četa - Monolitický žlab | 5 | Finišer na monolitický žlab; 3x Autodomíchávač | ✓ | ✓ |
| 12 | Četa - MZK | 5 | Asfaltový finišer; 3x Válec; 4x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 13 | Četa - Násyp | 0 | Dozer D6; 2x Válec | ✓ | ✓ |
| 14 | Četa - Odkop černé skládky | 2 | Pásové rypadlo 30t; Kolové rypadlo 16t; 3x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 15 | Četa - Odkop tř. I | 2 | Pásové rypadlo 36t; 3x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 16 | Četa - Odkop tř. II | 2 | 2x Pásové rypadlo 43t; 4x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 17 | Četa - Odkop tř. III | 2 | 2x Pásové rypadlo 43t + Skalní zuby; 4x Odvozní prostředek; Trhaviny; 2x Čelní nakladač | ✓ | ✓ |
| 18 | Četa - Ornice | 10 | 5x kolové rypadlo 16t; 10x Odvozní prostředek; 5x Vibrační deska; Drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 19 | Četa - Piloty | 2 | Hloubkový vibrátor; Rypadlo 16t; Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 20 | Četa - Podkladní beton | 4 | Drobné nářadí; Autodomíchávač | ✓ | ✓ |
| 21 | Četa - Podkladní kamenivo | 4 | Drobné nářadí; Manipulátor; Rypadlo E35; Vibrační deska; Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 22 | Četa - Podkladní vozovkové vrstvy | 2 | 2x Grader; 6x Válec; 6x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 23 | Četa - Pohoz svahů | 4 | Drobné nářadí; Manipulátor; Rypadlo E35; Dodávka s korbou | ✓ | ✓ |
| 24 | Četa - Pokládka dlažby | 3 | Drobné nářadí; Manipulátor; Rypadlo E35; Dodávka s korbou | ✓ | ✓ |
| 25 | Četa - Postřik | 0 | Asfaltový Emulzní distributor | ✓ | ✓ |
| 26 | Četa - Posyp | 0 | Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 27 | Četa - Propustek | 3 | Drobné nářadí; Autojeřáb; Manipulátor | ✓ | ✓ |
| 28 | Četa - Předrcení | 1 | Mobilní drtička; Mobilní třídička; Čelní nakladač; Rypadlo 30t | ✓ | ✓ |
| 29 | Četa - Přikopové žlaby | 4 | Drobné nářadí; Manipulátor; Rypadlo E35; Dodávka s korbou | ✓ | ✓ |
| 30 | Četa - Sanační vrstvy | 3 | Dozer D6; 2x Válec; 8x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |

Obrázek 92: Sledované čety v investiční fázi (1/2)

| Sledované čety v investiční fázi projektu | | | | | |
|---|-----------------------------|------------------|---|----------|----------|
| | Název čety | Počet pracovníků | Mechanizace | SO 101.1 | SO 101.2 |
| 31 | Četa - Sanační žebra | 2 | Rypadlo 24t; 2x Odvozní prostředek; Vibrační deska | ✓ | ✓ |
| 32 | Četa - Směrové sloupky | 4 | Auto s hydraulickou rukou; Dodávkový automobil; Stroj s beranicím mechanismem; Drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 33 | Četa - Svodidla (beton) | 4 | 2x Auto s hydraulickou rukou | ✓ | ✓ |
| 34 | Četa - Svodidla (ocel) | 6 | 2x Auto s hydraulickou rukou; dodávkový automobil; stroj s beranicím mechanismem; drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 35 | Četa - Televizní prohlídka | 2 | Dodávkový automobil; Speciální stroj s navijákem | ✓ | ✓ |
| 36 | Četa - Trativod | 4 | JCB; Odvozní prostředek; Drobné nářadí; Vibrační deska | ✓ | ✓ |
| 37 | Četa - Ukládka na skládce | - | Dozer D6; Čelní nakladač | ✓ | ✓ |
| 38 | Četa - Úprava pláňe | 2 | Vibrační deska; Dozer D6; Grader; 3x Válec | ✓ | ✓ |
| 39 | Četa - Vrtání pilot | 2 | Vrtná souprava; Čelní nakladač; Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 40 | Četa - Vykopávky ze zemníku | 1 | 2x Rypadlo 30t; 6x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ |
| 41 | Četa - Zásyp jam | 2 | Vibrační deska; JCB; Drobné nářadí | ✓ | ✓ |
| 42 | Četa - Zemní krajnice | 2 | 2x Rypadlo 16t; Vibrační deska | ✓ | ✓ |
| 43 | Četa - Zpevněná krajnice | 2 | Vibrační deska; 3x Odvozní prostředek; Krajnicový finišer | ✓ | ✓ |
| 44 | Četa - Životní prostředí | 2 | Dodávkový automobil | ✓ | ✓ |
| 45 | Četa - Hloubení rýhy | 2 | Rypadlo 16t; 2x Odvozní prostředek; Vibrační deska; Rypadlo 24t + kladivo | ✓ | ✓ |
| 46 | ČETA - SC | 5 | Asfaltový finišer; 3x Válec; 4x Odvozní prostředek | ✗ | ✓ |

Obrázek 93: Sledované čety v investiční fázi (2/2)

Oddíl F) Nasazení strojní mechanizace, zdroje v čase a cash-flow: Na základě rozdělení úkolů v časoprostorovém harmonogramu došlo automaticky (za předpokladu, že se do jednotlivých úkolů přidají požadované zdroje) k rozdělení v čase. Znalost cash-flow je důležitá, jelikož se při výpočtu LCC bude provádět roční diskontování. Jednotlivé výsledky pro obě varianty jsou zřejmé z přílohy č. 4 – Realizační harmonogram.

13.3.1 Rozdíl mezi variantou SO 101.1 a SO 101.2

Obě posuzované varianty jsou si svým způsobem velmi podobné. Při tvorbě harmonogramu se z důvodu malého zásahu do soupisu prací neočekával zásadní časový rozdíl. Cílem harmonogramů nebylo najít dvě řešení výstavby a porovnávat je mezi sebou, ale čistě provedení realizace obdobným způsobem. Z toho jsou taky zřejmé výsledky, kdy varianta SO 101.1 je zahájena 01.03.2022 a její dokončení se předpokládá 02.12.2023, tedy po 508 dnech. Oproti tomu je varianta SO 101.2, kdy je zahájení taktéž 01.03.2022, ale dokončení je plánováno na 28.11.2023, tedy po 504 dnech. Z důvodu rozdílu 4 dnů bylo po dohodě s vedoucím práce označeno datum zahájení plateb od data 01.01.2024. Je to dáno i způsobem zjednodušení vstupu do LCC a i z důvodu velmi nízkého rozdílu mezi jednotlivými variantami. Zajímavým přínosem bude vstup nákladů po letech do výpočtu LCC.

Myslím, že v případě hledání dvou odlišných způsobů výstavby by se dal najít větší rozdíl v případě rozšíření cílů diplomové práce. Dále by stálo za úvahu podrobit jednu variantu vyššímu nasazení strojní mechanizace. V tomto případě by bylo nutné mít zkalkulované veškeré položky. Zde by ale mohl vstupovat zajímavý fakt ohledně zahájení plateb od zadavatele. Myslím, že zobrazení časoprostorovou formou má v dálničním stavitelství

velký význam a mohl by pomoci s případnou optimalizací či nalezení kolizí během plánování a výstavby.

13.4 Provozní fáze

Provozní fáze je zahájena uvedením díla do užívání. V praxi tato fáze nejčastěji nastává, když je např. pozemní komunikace uvedena do předčasného užívání. Tato fáze nastává po technických prohlídkách ze strany zadavatele, který zkontroluje provedené práce a sepíše vady a nedodělky. Zhotovitel má většinou v závislosti na závažnosti nedodělků čas na jejich nápravu. Úsek může být následně uveden do provozu i s vadami, které nebrání bezpečnému užívání. V případě diplomové práce dochází při uvedení díla do provozu k ukončení veškerých investičních nákladů. Stavební objekt je již dokončen a je schopen plnit svůj účel. V tomto bodě začínají do projektu vstupovat provozní náklady, jejichž dobu trvání lze velmi těžkou odhadnout. V mém případě se jedná o dobu 30 let, kdy je úsek provozován soukromým sektorem. Po uplynutí této doby je celé dílo předáno zpět do rukou zadavatele. Předáním končí i provozní náklady, které do projektu vstupují. Nicméně v praxi tomu tak není, protože provozní náklady přebírá na svoje bedra sám zadavatel, který se o danou pozemní komunikaci začíná starat.

Pod pojmem provozní fáze je možné si představit monitoring pozemní komunikace a pravidelné vyhodnocování stavu. Na základě vyhodnocení stavu je možné naplánovat budoucí údržbu a s tím spojené budoucí náklady na opravu. Tato práce se věnuje v provozní fázi čistě souvislé střední a těžké údržbě samotné skladby vozovky komunikace, kde jsou naplánovány alternativní úkony údržby v čase, které mají zachovat pozemní komunikaci v požadovaném stavu, který je stanoven v minimálních technických požadavcích. Plán oprav plně navazuje na variantní řešení z investiční fáze pro objekty SO 101.1; SO 101.2 a SO 101.3. Hlavním cílem byla snaha nalezení různých řešení a demonstrace variability pohledu na údržbu na komunikacích. Vytvořené plány oprav se snaží reflektovat minimální technické požadavky a předpovídat chování vozovky, kdy vhodnými stavebními zásahy je snaha o zachování bezpečnosti, plynulosti a rychlosti na pozemní komunikaci. S tím, jak je komunikace využívána, tak dochází k jejímu opotřebení a snížení životnosti. Vhodnými stavebními pracemi dochází např. k obnově protismykových vlastností vozovky a prodloužení její životnosti.

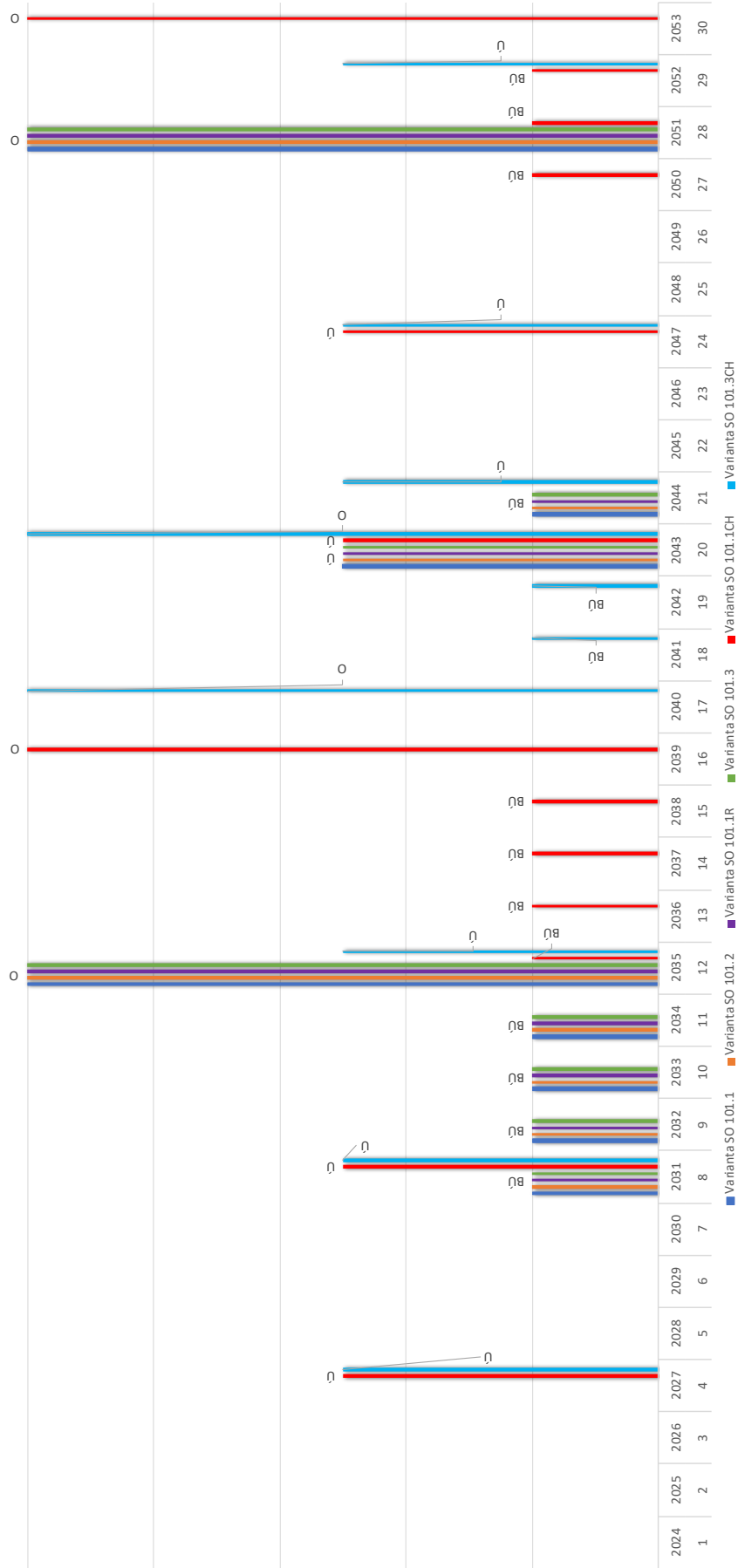
V souvislosti s výše uvedeným je tedy třeba zdůraznit, že samozřejmě v rámci běžné údržby je prováděna na pozemní komunikaci celá řada dalších úkonů, které souvisejí například se sečením trávy, čištěním pozemní komunikace, pravidelnou obnovou vodorovného dopravního značení nebo lokálními opravami po těžkých dopravních nehodách. I v rámci koncesního projektu samozřejmě tyto úkony nelze opomenout, pro zmenšení rozsahu diplomové práce nejsou tyto úkony běžné údržby uvažovány.

13.4.1 Varianty plánů údržby asfaltové vozovky

Plán údržby reflektuje předpokládané chování asfaltové vozovky během 30 let provozní fáze. V rámci práce bylo vytvořeno šest plánů oprav, které se svými stavebními pracemi snaží udržet technický stav vozovky z hlediska její bezpečnosti, požadovaných povrchových charakteristik a únosnosti v požadované kvalitě. Pro původní variantu SO 101.1 – Varianta “ref”: Původní asfaltová vozovka vznikly tři alternativní plány oprav.

Jedná se o varianty SO 101.1 – Varianta “ref”: Původní asfaltová vozovka (1); SO 101.1R – Varianta “ref”: Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu (3) a SO 101.1CH – Varianta “ref”: Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav (5). Následně pro druhou variantu z investiční fáze vznikla jedna varianta. Jedná se o variantu SO 101.2 – “var. 1”: Optimalizovaná asfaltová vozovka (2). Poslední variantou je varianta pro investiční variantu SO 101.3 – “var. 2”: Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu. Pro tuto variantu vznikly dva plány oprav (SO 101.3 – “var. 2”: Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu (4) a SO 101.3CH – “var. 2”: Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu a variantním způsobem plánu oprav (6).

Plán údržby pro varianty v provozní fázi



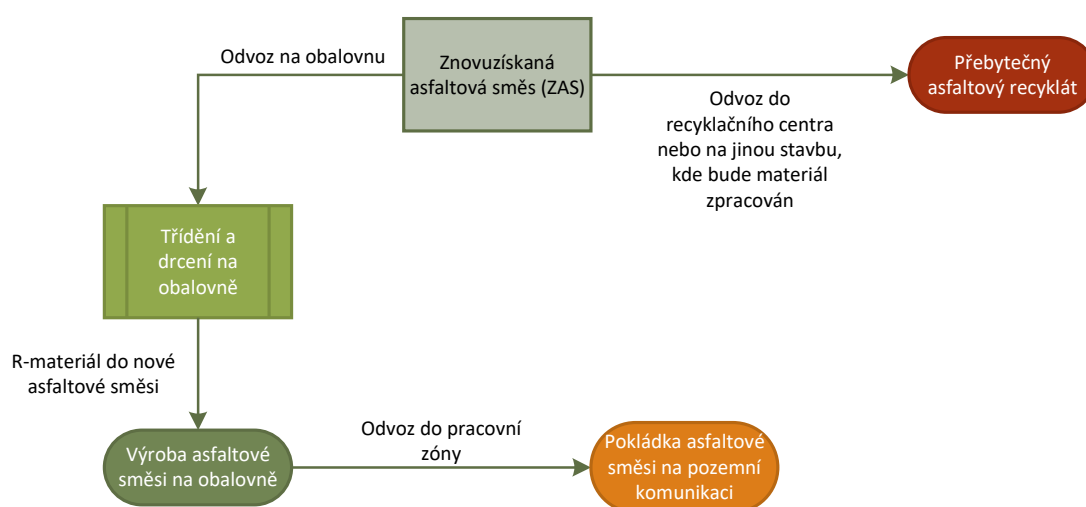
Graf 1: Plán údržby pro varianty v provozní fázi

Jednotlivé plány oprav a s ním spojené náklady jsou detailněji popsány v dalších částech diplomové práce, kde je k jednotlivým opravám zpracován i samostatný časoprostorový harmonogram. Nicméně pro základní uvedení do problému byl zpracován jednoduchý graf plánu údržby pro varianty v provozní fázi. Jedná se o zjednodušený graf, z kterého je zřejmé, kdy dochází ke stavebním pracím na pozemní komunikaci dle odlišných plánů oprav. Plán je rozdělen na 30 let provozu, kdy v určitém čase dochází k plánované údržbě (BÚ - běžná údržba; Ú - údržba a O - oprava). Běžnou údržbou je v diplomové práci myšlena oprava trhlin na asfaltové vozovce pomocí asfaltové zálivky. V sekci údržby jsou zahrnuty práce typu pokládka mikrooberce nebo konzervačního a regeneračního postřiku. Poslední sekci je oprava, kam byla zařazena výměna obrusné vrstvy a výměna obrusné a ložní vrstvy. Přehledný plán oprav, ze kterého jsou zřejmé jednotlivé náklady, množství a srážky za nedostupnost je zpracován v **příloze č. 8 - Podklad pro LCC (části 1 - 6)**.

13.4.2 Kalkulace vybraných položek ze soupisu prací

Kalkulace položek pro provozní fázi se rozděluje na dvě části. První částí je kalkulace frézování v jednotlivých variantách. Druhou částí je pokládka asfaltové směsi na pozemní komunikaci (SMA 11S; ACL 22S; BBTM A 8S a ACL 16S). Základní myšlenka postupu výpočtu byla zachována a je detailně popsána v kapitole 13.2.2 – Kalkulace položek. Jednotlivé kalkulace pro provozní fázi jsou uvedeny v **příloze č. 5 - Kalkulace vybraných položek v provozní fázi**.

Základním rozdílem oproti investiční fázi byla vysoká dostupnost R-materiálu, který měl zhotovitel k dispozici při výměně jednotlivých vrstev vozovky. V rámci investiční fáze se u varianty SO 101.3 uvažovalo s využitím R-materiálu, který bude vyfrézován z jednotlivých objektů na celém projektu dálnice D3 a následně bude využit do vrstvy VMT 22 (příloha č. 2 – 11 část). Zbytek materiálu se uvažovalo, že bude využit z recyklačního centra ProTeren s.r.o. U provozní fáze se postup obrátil a díky frézování vrstev z asfaltové směsi přímo na dálničním úseku docházelo naopak k přebytkům materiálu. Mechanismus výpočtu přebytku materiálu byl stanoven na základě celkového vyfrézovaného množství v daný moment a potřebě R-materiálu do nově pokládané asfaltové směsi.



Obrázek 94: Postup využití vyfrézovaného materiálu na pozemní komunikaci

U provozních variant SO 101.1 a SO 101.2 se uvažovalo s odvozem veškerého asfaltového recyklátu do recyklačního centra. I u těchto variant se lehce zamýšlelo s případným dalším využitím, a proto bylo frézování rozděleno po jednotlivých vrstvách. To znamená, že v případě frézování vrstvy SMA 11S (tl. 40 mm) a ACL 22S (tl. 80 mm) se uvažovalo s rozdělením frézování na 40 a 80 mm. V praxi by bylo ovšem jednodušší frézovat obě vrstvy, ale pojezd samotné frézy by byl výrazně nižší. U ostatních provozních variant (SO 101.1R; SO 101.3; SO 101.1CH a SO 101.3CH) se uvažovalo se stejným principem, kdy se frézovalo po jednotlivých vrstvách. Myšlenka byla dána tím, že díky frézování jedné vrstvy dojde k lepšímu přetřídění a tento materiál bude využit do stejného typu asfaltové směsi. Využití R-materiálu do asfaltové směsi během provozní fáze je stanoven na velmi zjednodušeném principu, kdy se předpokládá, že vyfrézovaný materiál lze využít do asfaltové směsi. V praxi by bylo třeba provést řadu zkoušek a ověření, že lze tento model využít.

Výkon frézy (600 m³/den) byl zachován z investiční fáze, taktéž sestava jednotlivých kroků a samotný výpočet. Rozdíl je pouze u variant frézování s využitím do R-materiálu a s odvozem přímo do recyklačního centra, kdy u položky R-materiál vstupuje do výpočtu ještě sestava drtiče na samotné obalovně. Nicméně v harmonogramu se uvažuje, že frézování s využitím pro R-materiál a s odvozem do recyklačního centra provádí stejná fréza, ale rozdíl je v cílové destinaci vyfrézovaného materiálu. U položek pokládky asfaltové směsi (např. položka 574J54 - ASFALTOVÝ KOBEREK MASTIXOVÝ MODIFIK SMA 11+, 11S TL. 40MM + 30% R-mat. u varianty SO 101.1R, která je z kalkulována v příloze č. 5 – 9. část) je princip taktéž zachován z investiční fáze. Předpokládá se, že pro pokládku budou využity dva finišery (tedy dvě sestavy), které budou pokládat asfaltovou směs na tzv. teplou spáru. Jediný rozdíl v pokládce je u varianty SO 101.3CH, kde se v 17. roce provozní fáze předpokládá, že bude vyměněna obrusná vrstva v pomalém jízdním pruhu v obou směrech. A v roce 20. provozní fáze bude vyměněna obrusná vrstva v rychlém pruhu v obou směrech (výpočty v **příloze č. 5 – část 17 a 18 nebo v příloze č. 6 – Soupisy prací. Kde je soupis prací pro SO 101.3CH (část 6) a pol. 574G32**). Z důvodu realizace vždy jednoho pruhu došlo k redukci sestavy pro pokládku a bude využit pouze jeden asfaltový finišer, tedy jedna sestava. Tím dojde ke snížení čety pro pokládku a dopravy asfaltové směsi pomocí odvozních prostředků z obalovny Kájov.

13.4.3 Soupisy prací provozních nákladů

Na základě vytvořených plánů oprav pro jednotlivé varianty v provozní fázi, vznikl k příslušným variantám i soupis prací s výkazem výměr. Příslušné soupisy prací jsou součástí **přílohy č. 6 – Soupisy prací variant SO 101 v provozní fázi**. Z důvodu přehlednosti jsou hlavičky u jednotlivých soupisů barevně rozlišeny, aby byly podklady lépe dohledatelné. Barevné rozlišení je následně aplikováno i v provozních časoprostorových harmonogramech a u vstupních podkladů do analýzy LCC. Jednotlivé položky ze soupisu prací vychází z příslušného třídníku OTSKP, který je volně přístupný na internetu. Jedná se o položky, které v praxi využívá Ředitelství silnic a dálnic při zadávání veřejných zakázek na pozemní komunikace. Práce tedy vychází ze stejného třídníku s cenovou hladinou pro rok 2021. V soupisech prací pro objekty SO 101.1CH (**příloha č. 6 – část 5**) a SO 101.3CH (**příloha č. 6 – část 6**) se nachází položka, která má označení 5R - KONZERVAČNÍ POSTŘÍK NA ASFALTOVOU VOZOVKU. Třídník OTSKP nezná stavební práce - aplikace konzervačního postřiku na asfaltovou vozovku. Z tohoto důvodu byla tato položka vytvořena a na základě

cenové hladiny 2021 byla náležitě dle zkušeností a informací získaných z praxe oceněna. Další úpravou ceny byla pol. 577203 – VRSTVY PRO OBNOVU, OPRAVY – REGENERAČNÍ POSTŘÍK, kdy z původní ceny 10,10 Kč/m², kterou uvádí OTSKP byla v této práci uvažovaná cena navýšena na 55,00 Kč/m². Jedná se o navýšení jednotkové ceny po dohodě s vedoucím práce, kdy cena vychází ze zkušenosti z aplikace této technologie.

Cenotvorba jednotkových cen u položek ve všech soupisech prací vychází ze čtyř postupů. Prvním je stanovení jednotkové ceny na základě oborového třídíku OTSKP pro rok 2021. Druhým způsobem je kalkulace položek, která je zřejmá z přílohy č. 5. Jednalo se o kalkulaci frézování původní asfaltové vrstvy a pokládku nové asfaltové vrstvy. V případě položky 014102D – POPLATKY ZA SKLÁDKU, byla využita skutečná nabídka od podzhotovitele, která byla ovšem do diplomové práce upravena, aby došlo k její anonymizaci. Posledním typem je již výše zmíněná R-položka a pol. 577203, kde byla cena upravena na základě skutečnosti⁴². Použitý typ cenotvorby je zřejmý ze sloupce 11 – Cenotvorba. Dále jsou jednotlivé kódy položek barevně upraveny, aby došlo k přehlednějšímu rozdělení.

Poslední úpravou v soupise prací bylo rozdělení frézování (pol. 11372). Jedná se o rozdělení frézování po jednotlivých vrstvách. V soupise prací se proto nachází položka 11372A – FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH, která reprezentuje frézování obrusných asfaltových vrstev (SMA 11S a BBTM 8S). Druhou variantou je položka 11372B, kde je frézování pro ložní vrstvy (ACL 22S a ACL 16S). A poslední variantou je 11372C, která je pro frézování mikrokoberce (EMZ 0/8)⁴³. U poslední varianty je zachována cena z OTSKP a předpokládá se, že v plném rozsahu bude materiál odvezen do recyklačního centra a nebude dále využíván.

13.4.4 Porovnání variant

Po zpracování jednotlivých položek v soupise prací pro všechny varianty, došlo k nalezení celkových nákladů v provozní fázi ve všech porovnávaných variantách. Provozní náklady jsou druhé náklady, která vstupují do konečné analýzy LCC. Ze získaných údajů vychází varianta SO 101.3CH jako nejvýhodnější řešení pro provozní fázi. Její celková cena za 30 let provozní fáze (nezohledněno rozdělení v čase) je 92 821 381,28 Kč bez DPH. U tohoto řešení se předpokládalo, že se využije na optimalizovanou skladbu asfaltové vozovky. Jedná se o netradiční řešení, kdy je kladen větší důraz na mikrokoberec a aplikaci regeneračních a konzervačních postřiků, které mají udržovat obrusnou a ložní vrstvu v dobrém stavu. Aplikací těchto stavebních prací je dosaženo prodloužení životnosti asfaltových vrstev a zachování kvalitativních požadavků na vozovku (např. protismykové vlastnosti). Takto razantní rozdíl oproti nejdražší variantě, která je u původní asfaltové vozovky SO 101.1 v provozní fázi je dán i tím, že během 30 let se neuvažuje s výměnou

⁴² R-položka je položka v soupise prací, kterou nezná třídík OTSKP a zadavatel (v tomto případě autor práce) si danou položku vytvořil. V tomto případě je nutné přidat k položce doplňující popisy, aby mohla být náležitě oceněna ve veřejné zakázce.

⁴³ Autor diplomové práce uvažoval s myšlenkou, že mikrokoberec, obrusná a ložní vrstva se budou frézovat samostatně po jednotlivých skladbách. Jednalo se o myšlenku separace jednotlivých vrstev a tím její znovuvyžití. Nicméně v praxi by se postupovalo tak, že frézování mikrokoberce a obrusné vrstvy by bylo společné. Na tento postup prací byl autor práce upozorněn až při finální korektuře a po dohodě s vedoucím práce zůstal postup zachován.

ložní vrstvy a obrusná vrstva je měněna pouze jednou během sledovaného období. Oproti tomu varianta SO 101.1 v provozní fázi je oceněna na 373 739 398,99 Kč. Což je o astronomických 280 918 017,72 Kč dražší než nejlevnější varianta SO 101.3CH. Varianty SO 101.1 a SO 101.2 předpokládají, že veškerý vyfrézovaný materiál bude odvezen na skládku. Z výsledků je zřejmé, že se jedná o nejdražší varianty ze všech porovnávaných variant v provozní fázi projektu.

Tabulka 23: Porovnání variant provozních nákladů na projektu

| Stavba: D3, STAVBA 0311 TŘEBONÍN - KAPLICE NÁDRAŽÍ - PROVOZNÍ NÁKLADY Práce: Diplomová práce - Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu | | | | |
|--|--|----------------|---------------|----------------|
| Objekt | Popis | OC | DPH | OC+DPH |
| 101.1 | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 373 739 398,99 | 78 485 273,79 | 452 224 672,78 |
| 101.2 | Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 278 800 825,82 | 58 548 173,42 | 337 348 999,24 |
| 101.1R | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 258 158 308,02 | 54 213 244,68 | 312 371 552,70 |
| 101.3 | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 204 583 428,20 | 42 962 519,92 | 247 545 948,12 |
| 101.1CH | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav | 282 150 371,42 | 59 251 578,00 | 341 401 949,42 |
| 101.3CH | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu s variantním způsobem plánu oprav | 92 821 381,28 | 19 492 490,07 | 112 313 871,35 |

Pro detailnější rozbor byla zpracována tabulka rozdělení dle stavebních dílů. Základní plán oprav je pro 1 – 4 variantu totožný (SO 101.1; SO 101.2; SO 101.1R a SO 101.3). Rozdílem mezi těmito variantami je odlišný přístup. Varianta SO 101.1 a SO 101.1R se od sebe liší tím, že ve variantě SO 101.1R je využit R-materiál do obrusné a ložní vrstvy. V obrusné vrstvě je 30 % R-materiálu a v ložní vrstvě potom 40 % R-materiálu. Zde je vidět, že již v oddílu 0 je rozdíl 10 342 298,85 Kč. V tomto oddíle je započítána pouze položka 014102D – POPLATKY ZA SKLÁDKU. Je tedy vidět, že již využitím R-materiálu dochází ke značné úspoře. Tato úspora je vidět i při porovnání varianty SO 101.1 a SO 101.2, kdy se sice odváží všechny vyfrézovaný materiál, ale díky aplikaci optimalizované vozovky s uplatněním nižší tloušťky u obrusné a horní ložní vrstvy je odváženo menší množství materiálu (SO 101.1 je složena z vrstvy SMA 11S – tl. 40 mm a ACL 22S – tl. 80 mm. Oproti tomu SO 101.2 je složena z BBTM 8S – tl. 30 mm a ACL 16S – tl. 60 mm). Tato optimalizace nám dává v provozní fázi v oddíle 0 úsporu 6 370 906,14 Kč. V oddíle 1 – Zemní práce je varianta SO 101.1 levnější oproti variantě SO 101.1R o 5 827 321,68 Kč. Varianta SO 101.1R je dražší v tomto oddíle, protože je zde využita u frézování i technologie třídění a drcení R-materiálu na obalovně. V oddíle 5 – Komunikace dochází k razantnímu rozdílu u varianty SO 101.1 a SO 101.1R, kdy využití R-materiálu dává úsporu o 111 066 113,81 Kč. Zde promlouvá fakt, že 30 - 40 % materiálu v asfaltové směsi (R-materiál) je již na

obalovně a není třeba ho nakupovat, protože byl v rámci frézování zajištěn jeho povinný odkup.

Ve všech třech oddílech je nejlevnější variantou varianta SO 101.3CH. Její výhodnost je dána především výměnou obrusné vrstvy pouze jedenkrát, což má zásadní vliv na celkovou cenu poplatků na skládce (oddíl 0), frézování asfaltových vrstev na pozemní komunikaci (oddíl 1) a pokládka nových asfaltových vrstev, regeneračních postřiků, konzervačních postřiků, spojovacích postřiků mezi asfaltové vrstvy, pokládku mikrokoberce a vysprávký trhlin pomocí asfaltové zálivky, (oddíl 5).

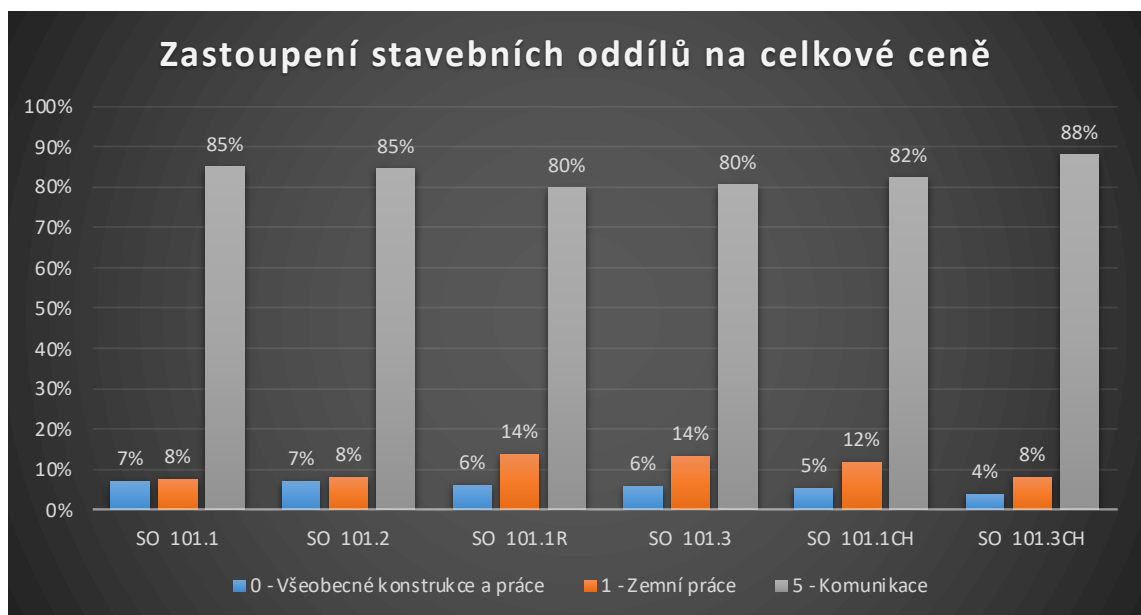
Tabulka 24: Porovnání variant v provozní fázi dle stavebních dílů

| Porovnání variant v provozní fázi dle stavebních dílů | | | | | |
|---|---|----------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| [-] | Stavební díl | 0 - Všeobecné konstrukce a práce | 1 - Zemní práce | 5 - Komunikace | Celkem |
| | Varianty | Cena | | | |
| | [-] | [Kč] | | | |
| 1 | SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 26 485 270,15 | 29 664 785,08 | 317 589 343,77 | 373 739 398,99 |
| 2 | SO 101.2 - Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 20 114 364,01 | 22 581 169,62 | 236 105 292,19 | 278 800 825,82 |
| 3 | SO 101.1R - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 16 142 971,30 | 35 492 106,76 | 206 523 229,96 | 258 158 308,02 |
| 4 | SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 12 344 643,99 | 27 737 662,41 | 164 501 121,80 | 204 583 428,20 |
| 5 | SO 101.1CH - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav | 15 266 864,20 | 34 195 593,76 | 232 687 913,46 | 282 150 371,42 |
| 6 | SO 101.3CH - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu s variantním způsobem plánu oprav | 3 629 563,51 | 7 476 447,33 | 81 715 370,44 | 92 821 381,28 |

Varianty provozní fáze byly vymyšleny na základě vhodně zvolené údržby, celkového porovnání, ale i tzv. dvojího porovnání. Dvojí porovnání je zajímavé z pohledu, kdy byl aplikován jeden typ oprav na dvě varianty (aplikace na původní asfaltovou vozovku SO 101.1 a na optimalizovanou vozovku SO 101.2 a SO 101.3). Je tedy zajímavé provést detailnější porovnání mezi variantou SO 101.1 a SO 101.2 z hlediska provozní fáze na původní a optimalizované asfaltové vozovce⁴⁴. Dále lze využít porovnání mezi variantou SO 101.1 a SO 101.1R, kdy je aplikován stejný plán opravy, ale u varianty SO 101.1R je využit R-materiál. Jednotkové ceny u frézování jsou odlišné v závislosti na množství frézovaného materiálu a na potřebě R-materiálu do nově pokládané asfaltové směsi. S vyšším využitím R-materiálu je cena za frézování vyšší, protože je zde přidána četa potřebná pro zpracování znovuzískané asfaltové směsi a její přeměnu na R-materiál.

⁴⁴ Stejný porovnání lze aplikovat i u varianty SO 101.1R a SO 101.3, kdy je porovnávána původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu a optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu.

Posledním porovnáním nákladů v rámci provozní fáze je celkové zastoupení jednotlivých stavebních oddílů na celkové ceně dané varianty. Z přiloženého grafu je zřejmé, že oddíl 5 - Komunikace tvoří 80 - 88 % z celkové ceny. V oddíle 5 jsou i pokládky nových asfaltových směsí, které tvoří většinu z celkových nákladů. Druhým největším zastoupením je oddíl 1 - Zemní práce, který tvoří 8 - 14 % z celkové ceny. V tomto oddíle jsou kalkulována jednotlivá frézování. Posledním oddílem je oddíl 0 - Všeobecné konstrukce a práce, kde je pouze poplatek za uložení na skládce. Ten tvoří 4 - 7 % z celkové hodnoty. U varianty SO 101.3CH se ukazuje, že oddíl 5 je dominantní v 88 %, protože je zde kladen více důraz na mikrokoberce, konzervační a regenerační postřiky. To má za následek snížení četnosti pokládky nových asfaltových vrstev.



Graf 2: Zastoupení stavebních oddílů na celkové ceně

V rámci diplomové práce jsem využil možnosti spolupráce na přípravě nabídky projektu dálnice D4 v úseku Háje – Krašovice, který se vypsál formou PPP projektu. Dále jsem měl jedinečnou možnost spolupráce s vedoucím práce, který se zabývá dlouhodobě asfaltovými vozovkami a zná jejich chování. Na základě těchto možností byl vypracován plán údržby, ke kterému vznikla alternativní řešení. Je třeba mít na paměti, že se jedná o zjednodušené modely návrhů oprav na asfaltové vozovce. V praxi by bylo třeba připočítat i náklady za dopravně inženýrské opatření či za vodorovné dopravní značení. Tyto náklady zde nejsou řešeny a v praxi by bylo nutné s nimi uvažovat. Co se týče jednotlivých variant, jedná se o model, který předpovídá určité chování vozovky. V praxi by bylo nutné provádět pravidelný monitoring pozemní komunikace a vyhodnocovat výsledky. Na základě toho by se zpracovával plán oprav. Je třeba mít na paměti, že v provozní fázi je nutné se starat i o tzv. měkkou údržbu (zimní údržba či pravidelná údržba zeleně) nebo o další zabudované prvky. Určitě by mělo docházet k pravidelnému čištění odvodňovacích prvků. Nicméně práce se zabývá čistě opravami na asfaltové vozovce a to se zacílením na hlavní trasu. Zde si myslím, že ač se jedná o jednoduché modely, tak jsou výsledky velmi zajímavé a určitě k zamyšlení. Předposledním prvkem, který by bylo zajímavé prozkoumat, jsou možnosti a případná úskalí vyššího nasazení strojní mechanizace. Určitě by stálo za zamyšlení využití například více fréz a to včetně přesného 3D navádění fréz s odpovídajícím modelem, kdy mohou frézy i v podélném profilu operovat s odsazením (viz řešení, které rozvíjí společnost

EXACT) či při aplikaci regeneračního nebo konzervačního postřiku využít více asfaltových emulzních distributorů. To by mělo vést ke snížení doby trvání a možnosti snížení poplatků za nedostupnost⁴⁵. Posledním prvkem je samotná cenotvorba daných položek. Pro dokonalé porovnání by bylo vhodné mít kalkulaci pro všechny položky. Nicméně to z časového důvodu nebylo možné v této diplomové práci provést. Dále by se dalo uvažovat se zasmulvněním určitých subdodavatelů, kde by mohlo dojít taktéž k zajímavé úvaze.

13.5 Harmonogram provozní fáze

Harmonogram pro provozní fázi byl zpracován jako vstupní podklad pro výpočet srážek za nedostupnost. Jako podklad pro harmonogram sloužil vypracovaný rozbor položek ze soupisu prací. Základním rozdělením bylo stanovení příslušných prací dle roku provádění v provozní fázi. Následně se stanovilo množství, které se u dané položky v daném roce provede. Tím došlo ke stanovení celkového času trvání daných prací. Na základě těchto informací byla stanovena příslušná četa, která práce v daný čas provede. Stejně jako u investičního časoprostorového harmonogramu, tak i zde došlo ke sledování čet a materiálů v jednotlivých provozních variantách.

| Sledované čety v provozní fázi projektu | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------------------|---|----------|----------|-----------|----------|------------|------------|
| / | Název čety | Počet pracovníků | Mechanizace | SO 101.1 | SO 101.2 | SO 101.1R | SO 101.3 | SO 101.1CH | SO 101.3CH |
| 1 | Četa - Asfaltová vrstva | 5 | Asfaltový finišer; 3x Válec; 4x Odvozní prostředek; Homogenizér | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2 | Četa - Frézování | 2 | Silniční fréza; 3x Odvozní prostředek; Kropící vůz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3 | Četa - Mikrokoberec | 4 | Schafer technic SM 8000; 2x Válec; 2x Odvozní prostředek | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ |
| 4 | Četa - Oprava trhlin | 3 | Řezačka spár; Spáromat; Drobné nářadí; Dodávkový automobil | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | Četa - Postřik | 0 | Asfaltový emulzní homogenizér | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Obrázek 95: Sledované čety v provozní fázi dle variant

| Sledované množství materiálu v provozní fázi projektu | | | | | | | | |
|---|-----------------------|----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| / | Materiál | MJ | SO 101.1 | SO 101.2 | SO 101.1R | SO 101.3 | SO 101.1CH | SO 101.3CH |
| 1 | Asfaltová směs ACL 22 | M2 | 176 789,60 | - | 176 789,60 | - | 176 789,60 | - |
| 2 | Asfaltová závlhka | M | 237,72 | 237,72 | 237,72 | 237,72 | 221,87 | 63,39 |
| 3 | Asfaltový recyklát | M3 | 29 032,91 | 22 049,18 | 29 032,91 | 22 049,18 | 28 072,53 | 5 170,41 |
| 4 | Mikrokoberec EMZ 0/8 | M2 | 59 430,00 | 59 430,00 | 59 430,00 | 59 430,00 | - | 174 328,00 |
| 5 | Asfaltový postřik | M2 | 525 143,60 | 525 656,99 | 525 143,60 | 525 656,99 | 984 735,60 | 574 490,00 |
| 6 | Asfaltová směs SMA 11 | M2 | 348 354,00 | - | 348 354,00 | - | 348 354,00 | - |
| 7 | Asfaltová směs BBTM 8 | M2 | - | 348 354,00 | - | 348 354,00 | - | 114 898,00 |
| 8 | Asfaltová směs ACL 16 | M2 | - | 177 302,99 | - | 177 302,99 | - | - |

Obrázek 96: Sledovaný materiál v provozní fázi dle variant

Ze znalosti vypracovaných rozborů položek pro jednotlivé varianty provozní fáze byl vypracován pomocí softwarového nástroje TILOS časoprostorový harmonogram pro všechny varianty (SO 101.1; SO 101.2; SO 101.1R; SO 101.3; SO 101.1CH a SO 101.3CH). Rozborové listy a časoprostorové harmonogramy pro všechny fáze jsou součástí **přílohy č. 7 - Harmonogram provozu**. Časoprostorový harmonogram vychází ze stejné šablony, která soužila pro zpracování investičního harmonogramu. Ovšem v tomto případě došlo

⁴⁵ Srážky za nedostupnost vznikají v souběhu s náklady v provozní fázi. Jejich výše bylo počítána na základě zpracovaných harmonogramů a jsou popsány v kapitole 13.5.2 – Srážky za nedostupnost.

k redukci zobrazovaných dat. Oddíl A) *Schéma projektu* zůstal stejný jako u investičního harmonogramu. Následně jako oddíl B), *byla zobrazena vzdálenostní osa*, která ovšem udává pouze staničení. Oddíl C) *Časoprostorový harmonogram* ukazuje celkový projekt v závislosti na prostoru a čase. Jako hlavní časovou jednotkou zde jsou roky. Harmonogram je zpracován pro celou provozní fázi a slouží mimo jiné jako vhodný podklad pro zobrazení jednotlivých stavebních činností během provozní fáze. Posledním oddílem je oddíl D) *Nasazení strojní mechanizace, zdrojů v čase a cash-flow*. Tento oddíl slouží pro zobrazení potřeby jednotlivých strojních mechanismů a materiálů v čase. Druhou částí tohoto oddílu je zpracované cash-flow, které slouží jako vstupní podklad pro rozdělení nákladů v čase do analýzy LCC.

13.5.1 Prováděné práce v provozní fázi

V provozní fázi dochází ke stavebním pracím, které se zabývají čistě skladbou asfaltové vozovky. Na základě těchto stavebních prací mohl být vypracován časoprostorový harmonogram a mohla být stanovena celková doba trvání jednotlivých uzavírek na pozemní komunikaci. V praxi by bylo nutné nejdříve provést již zmíněné monitorování a na základě toho vypracovat plán oprav pro stanovené období. Dále by bylo nutné zadat veřejnou zakázku na dané stavební práce během provozní fáze. Poté, co by byla podepsána smlouva s vítězným uchazečem, muselo by se naplánovat dopravně inženýrské opatření (DIO) a následně provést dané práce. Před zahájením prací je nutné vypracovat technologický předpis (TePř). Ovšem u PPP projektů by mohla být vypuštěna fáze nalezení zhotovitele, pokud koncesionář zvládá provést dané práce sám. Na zkoumané pozemní komunikaci se během provozní fáze budou provádět následující práce.

A) Výsrava trhlin asfaltovou zálivkou: Na základě minimálních technických požadavků se projekt rozdělil na 100 m úseky, kde by nemělo dojít k výskytu více jak 5 trhlin, které mají délku 0,2 m. V provozní fázi dochází dle nastaveného modelu k opravám 2 trhlin na 100 m úseku, které mají délku 0,1 m. Tím tedy dochází k předcházení případné srážky za nekvalitu, pokud by bylo trhlin více. Ovšem v roce 2021 se u variant SO 101.1; SO 101.2; SO 101.1R a SO 101.3 uvažuje, že bude v rámci vysrávky rychlého jízdního pruhu oprava 7 trhlin na 100 m úseku o délce 0,1 m. V tomto případě došlo ke zjednodušení situace, kdy se předpokládá, že těchto 7 trhlin bude opraveno se souhlasem zadavatele, který neudělí zhotoviteli srážku za nekvalitu. Pro zjednodušení se v práci uvažovalo, že během jednoho pracovního dne bude opraveno 2,134 km v jednom jízdním pruhu. Dalším zjednodušením byl fakt, že se předpokládalo, že všechny trhliny bude v jednom řešeném úseku buď v pomalém, nebo rychlém jízdním pruhu.

Po uzavření úseku je nutné označit trhliny. Následně se pomocí řezačky dané trhliny proříznou, aby vznikla požadovaná komůrka pro následnou aplikaci asfaltové zálivky. Před její aplikací je nutné ještě komůrku vyčistit. Asfaltová zálivka je do trhlin aplikována za horka a následně srovnána s povrchem stávající vozovky.

B) Frézování asfaltových ploch: Další prací je již zmíněné frézování, které se provádělo vždy po vrstvách původní skladby, aby byla zachována daná frakce a dala se znovu využít. Hlavním strojem je silniční fréza, která ke své práci potřebuje cisternu s vodou a odvozní prostředky. Výkon frézy byl stanoven na 600 m³/den. V rámci práce se v ceně denního

výkonu uvažovalo i případné opotřebení a výměna zubů v bubnu. Vyfrézovaný materiál se následně odvážel na obalovnu, kde došlo k dalšímu drcení a třídění. Následně pomocí čelního nakladače se materiál přidával do násypky a byl přimíchán do nové asfaltové směsi. Ta byla odvážena zpět do pracovní zóny, kde byla směs pokládána. Přebytný materiál byl odvážen do recyklačního centra.

C) Spojovací postřik z emulze: Jedná se o postřik, který je aplikován vždy před pokládkou nové asfaltové směsi. Postřik je aplikován na vyfrézovanou stávající vrstvu, která musí být očištěna. Spojovací postřik je v provozní fázi vhodný z důvodu vzájemného spojení původní vozovky a nově kladené vrstvy (používá se i v případě pokládky nové vrstvy na novou – např. obrusná na ložní ve 28 roce provozní fáze u varianty SO 101.1). Jako postřik je aplikována kationaktivní asfaltová emulze, což jsou mikroskopické částičky asfaltu rozptýlené ve vodě. Rozptýlení ve vodě je dosaženo pomocí povrchově aktivních látek (emulgátorů). Pro aplikaci tohoto postřiku je v diplomové práci využit distributor, jehož výkon se řídí dle výkonu pokládky. Vždy před pokládkou dojde k aplikaci spojovacího postřiku. Nástřik bude proveden v ranních či nočních hodinách před pokládkou daného úseku. Jedná se o rychloštěpnou asfaltovou emulzi, která je zkonsolidována během několika minut. [87]

D) Pokládka asfaltových směsí (SMA 11S; ACL 22S; BBTM 8S a ACL 16S): V provozní fáze se vyskytuje pokládka dvou druhů obrusných (SMA 11S a BBTM 8S) a dvou ložních vrstev (ACL 22S a ACL 16S). U variant SO 101.1; SO 101.1R a SO 101.1CH je dle projektu použita vrstva SMA 11S o tloušťce 40 mm a ACL 22S o tloušťce 80 mm. U variant SO 101.2; SO 101.3 a SO 101.3CH je vrstva BBTM 8S o tloušťce 30 mm a ACL 16S o tloušťce 60 mm. Pro pokládku asfaltové směsi se využijí dva asfaltové finišery, kde ke každému finišeru jsou 3 válce a 5 pracovníků. Součástí sestavy je taktéž homogenizér. U pokládky se předpokládá, že dojde k uzavření celého jízdního pásu. Jen u varianty SO 101.3CH bude uzavřen vždy jeden jízdní pruh.

E) Pokládka mikrokoberce: V praxi by bylo nutné projít samostatné úseky, kde se bude mikrokoberce provádět. Jelikož podklad musí být pevný a únosný. Pokud jsou na povrchu pozemní komunikace trhliny, je třeba je před pokládkou zapravit. V případě aplikace mikrokoberce se nefrézují žádné vrstvy, ale mikrokoberce je pokládán na původní obrusnou vrstvu. Díky tomu dochází k prodloužení životnosti pozemní komunikace a nemusí tedy dojít k výměně vrstev. Mikrokoberce se v případě diplomové práce uvažuje o tl. 15 mm (EMZ 0/8). Pro pokládku mikrokoberce je využit speciální stoj, např. Schäfer Technik SM 8000. Při realizaci této technologie dojde vždy k uzavírce 2,134 km jednoho jízdního pruhu. Během jedné směsi se uvažuje, že bude položeno toto množství a po počáteční konsolidaci dojde ke znovuotevření úseku.

F) Aplikace konzervačního a regeneračního postřiku: Jako regenerační postřik byla zvolena směs deasfaltované emulze (maltenová) Reclamite 0,25-0,30 l/m² + posyp Liapor 0-5 D 20g/m². Přípravek pro konzervační postřik tvoří Rhinophalt 0,25-0,30 kg/m² + posyp aluminosilikátem (zeolitem) 0/1 mm. U aplikace těchto postřiků se předpokládá prodloužení životnosti na stávající asfaltové vozovce na řešené pozemní komunikaci. Jako hlavní stroj byl zvolen distributor, který za den udělá 2,134 km jednoho jízdního pásu. Ten je následně za snížené rychlosti uveden do provozu. Jelikož součástí práce u srážek za

nedostupnost nebylo kritérium snížení rychlosti, uvažovalo se s tím, že omezení bude trvat 24 hodin (započtena i příprava a odstranění omezení). V praxi by omezení trvalo kratší dobu, kdy již po 2 hodinách by mohl být úsek uveden do provozu za snížené rychlosti. Je doporučováno, aby snížení na přibližně 100 km/h bylo až 5 dní.

13.5.2 Srážky za nedostupnost

Posledním typem nákladů, které vstupují do celkové analýzy LCC, jsou srážky za nedostupnost. Ty vznikají v souběhu s náklady během provozní fáze. Když v provozní fázi (v rámci diplomové práce) dojde ke stavebním pracím, dochází i k uzavření některé části pozemní komunikace (např. jízdní pás nebo pruh). Platební mechanismus je stanoven na základě plateb za dostupnost. Ovšem v tomto případě dochází k omezení a nedostupnosti určité části aktiva. Jelikož je aktivum nedostupné, po celou dobu stavební prací v závislosti na typu uzavírky dochází ke srážkám za nedostupnost. Např. u varianty SO 101.1 dochází ve 12. roce k výměně obrusné vrstvy SMA 11S. S tím je spojeno, že dojde k uzavření celého jednoho jízdního pásu a doprava je převedena do jednoho pásu. Doprava bude v tu chvíli vedena v režimu 2+1 (3,5 m a 3,75m + 3,5 m). Jelikož je uzavřen v této době jeden jízdní pás, tak po jeho dobu uzavření dochází k nárůstu srážek za nedostupnost části aktiva. Po dokončení prací a zpětného uvedení pozemní komunikace do režimu 2+2, se již srážky nepočítají. U projektů PPP je nutné při odevzdání nabídky uvažovat se srážkami za nedostupnost. Znamená to, že zhotovitel bude k nákladům za investiční a provozní fázi připočítávat i srážky za nedostupnost.

Určení mechanismu pro srážek za nedostupnost je velmi komplikovaná část výpočtu u silničních koncesních projektů. V rámci diplomové práce došlo k významnému zjednodušení, aby byl výpočet proveditelný na základě zpracovaného harmonogramu pro provozní fázi. Dále bylo třeba zvolit vhodný mechanismus, aby se jednotlivé náklady daly uplatnit v diplomové práci a šlo je porovnat. Nicméně v praxi může existovat celá řada nastavení srážek za nedostupnost. Nejjednodušší příklad, který byl použit i v diplomové práci, je srážka za nedostupnost při uzavírce jízdního pruhu nebo pásu. V rámci jízdního pruhu lze rozlišit i rychlý jízdní pruh a pomalý jízdní pruh. Diplomová práce dle druhu prací dále rozlišuje uzavření 1/4 jízdního pruhu. To znamená, že pracovní zóna je na 2,134 km jednoho jízdního pruhu a zbytek komunikace je dostupný veřejnosti. Nicméně jedná se o velké zjednodušení, kdy náplň práce již nedokázala obsáhnout širší průzkum jednotlivých srážek. V praxi by šlo kromě jednotlivých uzavírek rozlišovat i dobu, kdy je pozemní komunikace nedostupná. Jelikož se předpokládá, že dopravní intenzita je vyšší v brzkých ranních a následně odpoledních hodinách, mohly by se srážky rozdělit dle doby uzávěry. Dalším typem srážek za nedostupnost může být umístění pracovní zóny. Např. pokud je uzávěra kolem mimoúrovňové křižovatky, kde se předpokládá, že část řidičů bude vyjíždět z pozemní komunikace a další část na pozemní komunikaci bude najíždět. V tomto případě se mohou tvořit častěji kolony, než na úseku mezi mimoúrovňovými křižovatkami. Zde by zadavatel taktéž mohl zvolit vyšší cenu. Určitý pohled lze zvolit i při zachování minimální šířky jízdního pruhu či režimu vedení dopravy (2+2 nebo 2+1). Nicméně po dohodě s vedoucím práce byla výše splátek nastavena dle dále uvedených principů uvedených v Tabulce 25. Složitější algoritmy výpočtu, zde nejsou uvažovány, jelikož by významně přesáhly možnosti diplomové práce. Jedná se tak o vědomé zjednodušení, aby bylo možné tuto problematiku alespoň částečně demonstrovat.

Tabulka 25: Výše srážek za nedostupnost pozemní komunikace

| Srážka za nedostupnost | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Název | Jednotková cena [Kč/hod] |
| Uzavření rychlého pruhu | 700,00 Kč |
| Uzavření 1/4 rychlého pruhu | 420,00 Kč |
| Uzavření pomalého pruhu | 1 000,00 Kč |
| Uzavření 1/4 pomalého pruhu | 600,00 Kč |
| Uzavření jízdního pásu | 3 000,00 Kč |

Z vypracovaných harmonogramů pro provozní fázi se následně určila délka a typ uzavírky. Ze znalosti těchto údajů došlo k výpočtu celkových nákladů spojených se srážkami za nedostupnost. Všechny srážky za nedostupnost jsou zřejmé z **přílohy č. 8 - Podklad pro LCC**. Příloha č. 8 obsahuje deset částí, kde prvních šest částí je vstup provozních nákladů a srážek za nedostupnost v čase do analýzy LCC. Tento dokument zjednodušeně nahrazuje harmonogram, kdy je zřejmé o jaký typ práce se jedná, kolik daná činnost vyžaduje nákladů a materiálů. Dalším údajem jsou srážky za nedostupnost, které jsou následně ukázány v čase. Části 7 až 10 ukazují jednotlivé srážky za nedostupnost dle variant v provozní fázi projektu. Zahájení a ukončení uzavírky je přebráno z vytvořených časoprostorových harmonogramů z přílohy č. 7.

Z celkových výsledků je zřejmé, že nejvyšší srážky za nedostupnost vznikají u varianty SO 101.1CH. Je to dáno tím, že zde oproti variantám SO 101.1; SO 101.2; SO 101.1R a SO 101.3 dochází k nárůstu aplikace postřiků (regenerační a konzervační postřik). V prvních pěti variantách se předpokládá 1x s výměnou obrusné vrstvy a 1x s výměnou obrusné a ložní vrstvy, kdy dochází k celkové uzavírce jízdního pásu. Dalším typem uzavírky jsou 1/4 rychlého a pomalého jízdního pruhu. Nejlevnější variantou je varianta SO 101.3CH. V této variantě se neuvažuje s uzavřením jízdního pásu během sledovaného období. Při výměně obrusné vrstvy v 17. a 20. roce provozní fáze dochází k uzavření celého jízdního pruhu. Při aplikaci mikrokoberce, postřiků (konzervační nebo regenerační) a vysrávek trhlin, dochází k uzavření 1/4 jízdního pruhu.

Tabulka 26: Srážky za nedostupnost v provozní fázi dle variant

| Srážky za nedostupnost v provozní fázi dle variant | | |
|--|---|-----------------|
| [-] | Varianty | Náklady bez DPH |
| | [-] | [Kč] |
| 1 | SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 8 392 320,00 Kč |
| 2 | SO 101.2 - Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 7 096 320,00 Kč |
| 3 | SO 101.1R - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 8 392 320,00 Kč |
| 4 | SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 7 096 320,00 Kč |
| 5 | SO 101.1CH - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav | 8 884 800,00 Kč |
| 6 | SO 101.3CH - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu s variantním způsobem plánu oprav | 2 055 840,00 Kč |

13.6 Aplikace analýzy LCC na projektu

Analýza LCC zahrnuje veškeré náklady, které vzniknou během sledovaného období na projektu pozemní komunikace. Jedná se o investiční náklady, náklady spojené s provozní fází, tedy provozní náklady a srážky za nedostupnost (součástí **přílohy č. 8 - Podklad pro LCC**). Tyto náklady vstupují do analýzy LCC v různém časovém období, což je zohledněno uplatněním diskontní sazby. Ta byla stanovena na 8 %. Velikost diskontní sazby je důležitým faktorem, který musí zadavatel před odevzdáním nabídek zvážit. Její velikost se následně odvíjí od výše odevzdaných celkových nákladů. Součástí analýzy LCC je i citlivostní analýza, kde bude aplikována diskontní sazba ve výši 5 %, 8 % a 10 %. U PPP projektů je typické, aby se nabídka hodnotila dle nejnižší nabídkové ceny. Je proto důležité provést na straně zadavatele interní hodnocení a vhodně zvolit výši této sazby⁴⁶.

Investiční náklady, které vstupují do projektu, vychází z poskytnutých soupisů prací pro objekty SO 101.1; SO 101.2 a SO 101.3. Investiční náklady jsou následně vloženy do softwarového programu TILOS, v němž bylo vytvořeno cash-flow pro varianty SO 101.1 a SO 101.2. Jelikož varianty SO 101.2 a SO 101.3 jsou podobné a dochází k rozdílu převážně u asfaltové vozovky, došlo ke změně nákladů ve druhém roce investiční fáze, aby náklady odpovídaly celkovým nákladům pro variantu SO 101.3. Jako motivace pro zhotovitele bylo určeno, že investiční náklady nebudou diskontovány a navýšení ceny za případnou inflaci jde na vrub zhotovitele. Jedná se i o motivaci, kdy je zhotovitel motivován provést dílo v co nejkratším časem, aby uvedl dokončené dílo co nejrychleji do provozu. Samozřejmě lze uvažovat i s variantou, kdy bude již druhý rok diskontován o diskontní sazbu 8 %.

Tabulka 27: Investiční náklady vstupující do analýzy LCC

| Investiční fáze - náklady v čase (vstup do LCC) | | |
|--|----------------|----------------|
| Varianta | 1.Rok | 2.Rok |
| [-] | [Kč bez DPH] | [Kč bez DPH] |
| SO 101.1: Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 547 329 391,14 | 743 864 285,00 |
| SO 101.2: Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 547 752 514,41 | 748 306 644,00 |
| SO 101.3: Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 547 752 514,41 | 660 339 637,22 |

Všechny náklady vstupují do analýzy LCC v jednotlivém časovém okamžiku. Analýza LCC byla provedena v programu MS Excel. Do připravené tabulky byly tyto náklady rozloženy dle jejich vstupu do projektu. V realizační fázi (2022 - 2023) nedochází k diskontování nákladů. Ty jsou diskontovány od prvního roku provozní fáze po celou dobu sledovaného období, tedy po dobu 30 let (01. 01. 2024 – 01. 01. 2054). V jednotlivých letech jsou sečteny všechny vstupující náklady, které jsou diskontovány diskontní sazbou. Po

⁴⁶ V kapitole 9.4 *Srovnání a vyhodnocení* je popsána diskontní sazba. Jedná se o sazbu, která nám převádí budoucí hodnotu peněz na současnou hodnotu. To znamená, že je vypočítán náklad na stavební práce ve 20. roce provozní fáze. Na základě výpočtu NPV, kdy se aplikuje i diskontní sazba, jsou převedeny tyto náklady na současnou hodnotu peněz, tedy na cenovou hladinu v roce 2021, kdy se předpokládá s odevzdáním nabídky.

diskontování jsou náklady převedeny na současnou hodnotu peněz. Pro výpočet byla použita excelovská funkce „=ČISTÁ.SOUČHODNOTA“. Je třeba říct, že se jedná o výpočet pouze nákladů během doby trvání koncesní smlouvy. V praxi by bylo nutné ještě připočítat příjmy od zadavatele, které vstupují do výpočtu s uvedením díla do provozu. Výše splátek je následně sjednána při podpisu smlouvy. Následující výsledky jsou čistě náklady na realizaci, údržbu pozemní komunikace a srážky při její nedostupnosti. Nejedná se tedy o cash-flow v pravém slova smyslu, protože to zkoumá veškerý tok peněz, tedy i příjmy.

Z poskytnutých výsledků, které porovnává analýza LCC během podepsané koncesní smlouvy mezi zadavatelem a zhotovitelem vychází varianta SO 101.3CH jako výrazně nejlevnější variantou v rámci zkoumaného období. Jedná se o variantu, do které vstupuje jako investiční náklad varianta SO 101.3, kde je využit R-materiál do optimalizované asfaltové vozovky. V provozní fázi následně dochází k využití „chytré“ varianty údržby. Celkové náklady, které vzniknou zhotoviteli během 32 let, jsou 1 494 960 265,22 Kč. Nejdražší variantou je varianta SO 101.1, což je původní skladba od zadavatele (Ředitelství silnic a dálnic). V této variantě se neuvažuje s využitím R-materiálu během celého sledovaného období a vyřezovaný materiál je odvážen do recyklačního centra. Celkové náklady pak činí astronomickou částku 3 664 807 674,59 Kč. Rozdíl mezi oběma krajními variantami je tedy 2 169 847 409,37 Kč, což v tomto teoretickém propočtu znamená výši úspory daňových poplatníků. U porovnání variant SO 101.1 a SO 101.2, kdy varianta SO 101.1 s původní asfaltovou vozovkou byla v investiční fázi levnější o 4 865 482,27 Kč, zde dochází k výraznému rozdílu a varianta SO 101.2 je rázem levnější o 613 659 926,88 Kč. Další porovnání je zřejmé z níže poskytnutého obrázku, kdy jsou všechny varianty finančně porovnávány mezi sebou.

Tabulka 28: Porovnání variant celkových nákladů (LCC)

Stavba: D3, STAVBA 0311 TŘEBONÍN - KAPLICE NÁDRAŽÍ - ANALÝZA LCC

Práce: Diplomová práce - Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu

| Objekt | Popis | OC | DPH | OC+DPH |
|---------|--|------------------|----------------|------------------|
| 101.1 | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 3 664 807 674,59 | 769 609 611,66 | 4 434 417 286,26 |
| 101.2 | Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 3 051 147 747,72 | 640 741 027,02 | 3 691 888 774,74 |
| 101.1R | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 2 888 714 763,02 | 606 630 100,23 | 3 495 344 863,25 |
| 101.3 | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 2 464 665 301,84 | 517 579 713,39 | 2 982 245 015,22 |
| 101.1CH | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav | 3 255 603 695,43 | 683 676 776,04 | 3 939 280 471,47 |
| 101.3CH | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu s variantním způsobem plánu oprav | 1 494 960 265,22 | 313 941 655,70 | 1 808 901 920,92 |

Z výsledků je zřejmé, že práce s R-materiálem během podepsané koncesní smlouvy má pozitivní dopad na celkovou cenu. Jedná se tak o další argument, proč je obecně rozumné se problematice recyklace a opětovného používání materiálů ve stavebnictví věnovat. A to na předešlých stránkách v této souvislosti byl akcentován pouze ekonomický aspekt a nebyly zohledněny další přínosy – snižování odpadů, hospodárné využívání neobnovitelných zdrojů, snížená uhlíková stopa atd. Určitě by stálo za zmínku zkusit najít i pro přebytečný materiál uplatnění buď v rámci společnosti nebo jako bezplatný odprodej přílehlým městům či vesnicím, které se starají o komunikace nižší třídy či pro jiné využití. V rámci bezplatného odprodeje by šlo cenu ještě snížit, pokud by dopravu zajistil sám kupující. Ale při úvaze, že přebytečný materiál nebude zpoplatněn poplatkem za uložení, jedná se o další významnou investici. Je třeba mít na paměti, že výsledky reflektují zjednodušené varianty. Při skutečném výpočtu ze strany zhotovitele by bylo třeba jít do většího detailu. Např. zde nebyla vůbec počítána projekční fáze. Jen při změně projektu dochází již ke značným nákladům, které se mohou pohybovat v desítkách milionů korun. Dále je třeba myslet na to, že byla posuzována pouze hlavní trasa objektu. V praxi je třeba se věnovat všem dálničním objektům (od mostních objektů až po sadové úpravy). Dále během provozu je třeba zrealizovat středisko správy a údržby pozemní komunikace. Kromě investičních nákladů se i do této části promítnou vysoké náklady za provoz (např. mzdy, kancelářské potřeby, adekvátní technika, údržba strojní mechanizace). Dále by zde mohla být rezerva z důvodu neočekávaných nákladů, což by mohlo znovu zvýšit bankovní úvěr, či případná záruka po předání díla zpět do rukou zadavatele. Diplomová práce sice řeší zjednodušené varianty asfaltových vozovek, ale jedná se o ucelený díl, který by v praxi mohl sloužit jako vstupní podklad, ke kterému by se dopočetly další vznikající náklady.

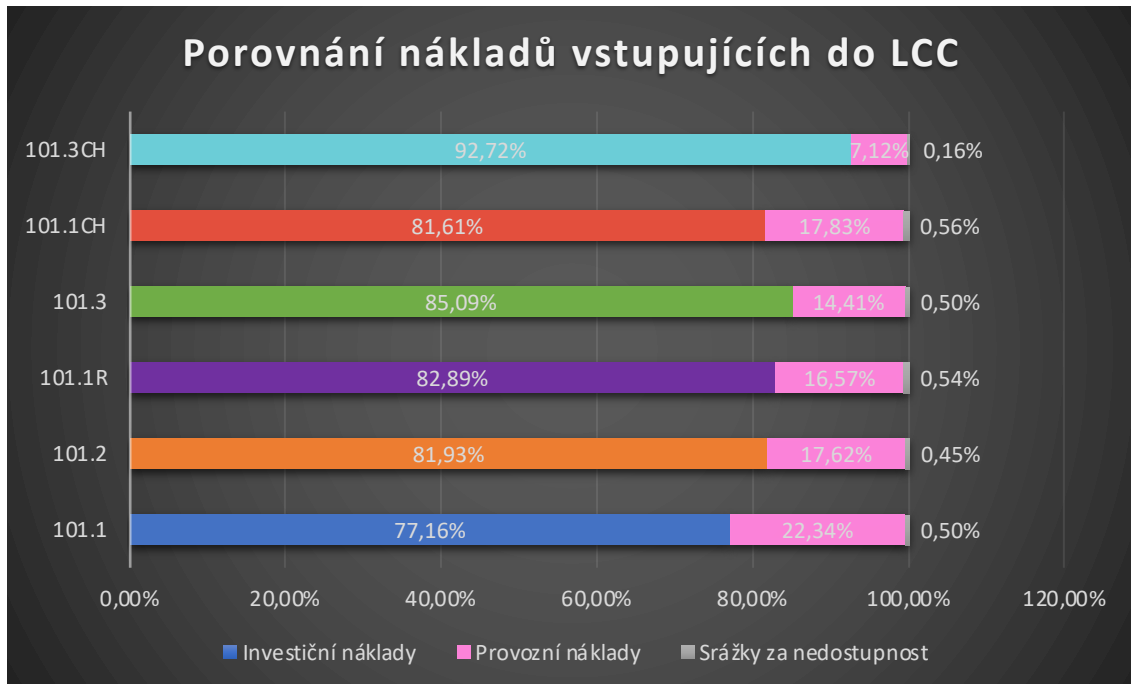
| Porovnání nákladů LCC | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|--|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Varianta | Náklady LCC | | Varianta | | | | | |
| | [Kč bez DPH] | | 101.1 | 101.2 | 101.1R | 101.3 | 101.1CH | 101.3CH |
| 101.1 | 3 664 807 674,59 | | 613 659 926,88 | -613 659 926,88 | -776 092 911,57 | -1 200 142 372,76 | -409 203 979,16 | -2 169 847 409,37 |
| 101.2 | 3 051 147 747,72 | | 613 659 926,88 | | -162 432 984,70 | -586 482 445,88 | 204 455 947,71 | -1 556 187 482,50 |
| 101.1R | 2 888 714 763,02 | | 776 092 911,57 | 162 432 984,70 | | -424 049 461,18 | 366 888 932,41 | -1 393 754 497,80 |
| 101.3 | 2 464 665 301,84 | | 1 200 142 372,76 | 586 482 445,88 | 424 049 461,18 | | 790 938 393,59 | -969 705 036,62 |
| 101.1CH | 3 255 603 695,43 | | 409 203 979,16 | -204 455 947,71 | -366 888 932,41 | -790 938 393,59 | | -1 760 643 430,21 |
| 101.3CH | 1 494 960 265,22 | | 2 169 847 409,37 | 1 556 187 482,50 | 1 393 754 497,80 | 969 705 036,62 | 1 760 643 430,21 | |

Obrázek 97: Vzájemné porovnání variant LCC

Dalším zobrazením nákladů jsou jednotlivé náklady, které vstupují do analýzy LCC, ale nereflktují hodnotu v čase. Jedná se o porovnání, které bylo prováděno samostatně v jednotlivých předchozích kapitolách. Je zřejmé, že dominantním prvkem jsou investiční náklady. Ovšem ze zkušeností z bakalářské práce se ukázalo, že provozní náklady se mohou pohybovat kolem 35 %. [87] V diplomové práci se tyto náklady pohybují v rozmezí 7,12 – 22,34 %. To je především dáno tím, že provozní fáze je zaměřena čistě na údržbu a opravy omezující se na obrusnou a ložní vrstvu vozovky, kdežto investiční náklady se zaměřují na celý stavební objekt. Určitě, pokud by se u stavebního objektu SO 101 kladl důraz na údržbu na všech materiálech, zastoupení provozních nákladů by bylo vyšší. V praxi je třeba bezesporu uvažovat s čištěním odvodňovacích prvků a jejich případnou výměnou. Dále lze uvažovat s výměnou svodidel během 30 let provozu. Zde uváděné celkové náklady nelze brát za rozumný výsledek, protože provozní náklady nejsou vztaženy na dobu provádění. Stejně tak i srážky za nedostupnost.

Tabulka 29: Porovnání vstupujících nákladů do LCC

| Porovnání nákladů vstupujících do LCC | | | | | |
|---------------------------------------|--|---------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| [-] | Náklady | Investiční náklady | Provozní náklady | Srážky za nedostupnost | Celkem |
| | Varianty | Cena | | | |
| | [-] | [Kč] | | | |
| 1 | SO 101.1 - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 1 291 193 676,14 | 373 739 398,99 | 8 392 320,00 | 1 673 325 395,13 |
| 2 | SO 101.2 - Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 1 296 059 158,41 | 278 800 825,82 | 7 096 320,00 | 1 581 956 304,23 |
| 3 | SO 101.1R - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 1 291 193 676,14 | 258 158 308,02 | 8 392 320,00 | 1 557 744 304,16 |
| 4 | SO 101.3 - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 1 208 092 151,63 | 204 583 428,20 | 7 096 320,00 | 1 419 771 899,83 |
| 5 | SO 101.1CH - Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav | 1 291 193 676,14 | 282 150 371,42 | 8 884 800,00 | 1 582 228 847,56 |
| 6 | SO 101.3CH - Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu s variantním způsobem plánu oprav | 1 208 092 151,63 | 92 821 381,28 | 2 055 840,00 | 1 302 969 372,91 |



Graf 3: Procentuální rozložení nákladů vstupujících do analýzy LCC

Citlivostní analýza: V rámci diplomové práce byla stanovena diskontní sazba na 8 %. Rád bych zde ukázal případ, pokud bude sazba 5 %, 8 % nebo 10 %. Na základě těchto výsledků je důležité si uvědomit, že se jedná o velmi silný nástroj, který může rozhodovat o úspěchu či neúspěchu podepsání smlouvy mezi soukromým a veřejným sektorem. Tato skutečnost se potom váže i k třetímu pilíři celkové hodnoty, se kterou koncesionář uvažuje – to je cena peněz, kterou do jisté míry diskontní sazba právě vyjadřuje. Obecně se přitom u PPP projektů velmi často uvažuje, že z celkových nákladů životního cyklu, cena peněz představuje až 30 % celku. Jak je z výsledků zřejmé, tak při zvýšení diskontní sazby z 8 % na 10 % u varianty SO 101.1 celkové náklady narůstají o 1 459 122 904,99 Kč. Tato částka je již významná a je třeba se zamyslet nad správně zvolenou diskontní sazbou nebo naopak nad silou finanční páky, která může nastat, pokud koncesionář dluhové financování pořídí příliš drahο či s nevhodně nastavenými parametry.

Tabulka 30: Citlivostní analýza na nákladech LCC

CITLIVOSTNÍ ANALÝZA

Práce: Diplomová práce - Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu

| Objekt | Popis | Náklady LCC [Kč bez DPH] | | |
|---------|--|--------------------------|------------------|------------------|
| | | 5% | 8% | 10% |
| 101.1 | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 2 448 424 850,64 | 3 664 807 674,59 | 5 123 930 579,59 |
| 101.2 | Varianta "var. 1": Optimalizovaná asfaltová vozovka | 2 147 622 405,55 | 3 051 147 747,72 | 4 139 736 668,42 |
| 101.1R | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 2 069 547 909,54 | 2 888 714 763,02 | 3 875 539 548,07 |
| 101.3 | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 1 818 167 807,35 | 2 464 665 301,84 | 3 246 025 299,95 |
| 101.1CH | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka s variantním způsobem plánu oprav | 2 208 860 152,13 | 3 255 603 695,43 | 4 558 171 829,30 |
| 101.3CH | Varianta "var. 2": Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu s variantním způsobem plánu oprav | 1 371 174 980,61 | 1 494 960 265,22 | 1 640 215 527,71 |

Porovnání varianty SO 101.1 a SO 101.1 s diskontováním investičních nákladů v druhém roce realizace: Druhým vlastním porovnáním jsem se zaměřil na porovnání mezi původní variantou SO 101.1 (výsledek z LCC) a citlivostním porovnáváním, pokud by druhý rok realizační fáze byl diskontován diskontní sazbou 8 %. Z přiložených výsledků je zřejmé, že by se tato varianta prodražila o 55 101 058,15 Kč. Je tedy na zvážení samotného zadavatele, zda motivovat zhotovitele určitým bonusem při rychlejší realizaci a tím i dřívějším uvedením díla do provozu za předpokladu, že nebude diskontována realizační fáze.⁴⁷ Nebo může zadavatel přistoupit i na verzi s diskontováním fáze, což mu v tomto případě zajistí navýšení celkových nákladů o 1,48 %.

⁴⁷ Je třeba mít na paměti, že časová motivace zhotovitele musí být opodstatněná. Nelze veškeré stavební činnosti bezhlavě zkracovat a případně nedodržovat technologické přestávky. Motivace uvedení díla rychleji do provozu může být zajištěna optimalizací provádění prací, inovací používaných materiálů nebo technologie či vyšším nasazením strojní mechanizace. Pokud bych např. v diplomové práci zvolil vyšší množství čet pro odkop, násyp nebo pokládku vozovkových vrstev, určitě bych dosáhl zkrácení času. Ale

Tabulka 31: Porovnání varianty SO 101.1 s diskontováním v realizační fázi

POROVNÁNÍ VARIANTY S DISKONTOVÁNÍM V REALIZAČNÍ FÁZI

Práce: Diplomová práce - Porovnání variant dálniční vozovky z hlediska
volby technického řešení, životního cyklu a časového harmonogramu

| Objekt | Popis | OC | DPH | OC+DPH |
|--------|--|---------------------|-------------------|---------------------|
| 101.1 | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka | 3 664 807 674,59 | 769 609 611,66 | 4 434 417 286,26 |
| 101.1 | Varianta "ref": Původní asfaltová vozovka (diskontované investiční náklady ve 2 roce výstavby) | 3 719 908 732,74 | 781 180 833,88 | 4 501 089 566,62 |

13.7 Aplikace analýzy životního cyklu (LCCA) na projektu

Jak již bylo řečeno v teoretické části, postupy a výpočty prováděné v LCCA zpracovávají všechny materiály a procesy, které vstupují do projektu, resp. obecně do analyzované stavby či konstrukce. Pro zjednodušenou LCCA jsem si vybral porovnání varianty SO 101.2 a SO 101.3 ve 12. roce. Přesněji se jedná o porovnání položek 11372A – FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH a 574G23 – ASFALTOVÝ BETON VELMI TENKÝ BBTM 8+, 8S TL. 30MM.

U porovnání LCCA jsem se rozhodl, že porovnáím náklady na odvoz vyfrézovaného materiálu do recyklačního centra (SO 101.2) v porovnání s odvozem do recyklačního centra a na obalovnu (SO 101.3). Další součástí výpočtu bude zohlednění environmentálního pohledu, kdy bude zkoumáno celkové množství vypouštěného CO₂ na 1 litr paliva. Jako průměrná spotřeba pro odvozní prostředek bylo stanoveno 25 l/100 km. Jako druh paliva byla zvolena nafta.

„1 litr nafty váží 835 gramů, obsahuje 86,2 % uhlíku, což odpovídá 720 gramům uhlíku v každém litru nafty. Pro spálení 1 litru nafty je třeba 1 920 gramů kyslíku. Vzniklý oxid uhličitý se tedy rovná součtu 720 gramů uhlíku a 1 920 gramů kyslíku. Což je 2 640 gramů CO₂ z jednoho spáleného litru nafty“. [88]

Z toho vychází, že při průměrné spotřebě nafty 25 l/100 km vyprodukuje 660 g CO₂/1 km.

Posledním předpokladem je, že odvozní prostředek Volvo 8x6 má nosnost 16 100 kg. Objemová hmotnost pro asfaltový recyklát je 2 050 kg/m³ a u kameniva je 2 250 kg/m³. Tudíž jeden odvozní prostředek odveze 7,85 m³ asfaltového recyklátu a 7,15 m³ kameniva.

tím, že dojde ke zkrácení např. technologické přestávky, může mít tento fakt významný efekt do životnosti konstrukce. Zhotovitel by následně musel v provozní fázi řešit velmi komplikované a nákladné opravy.

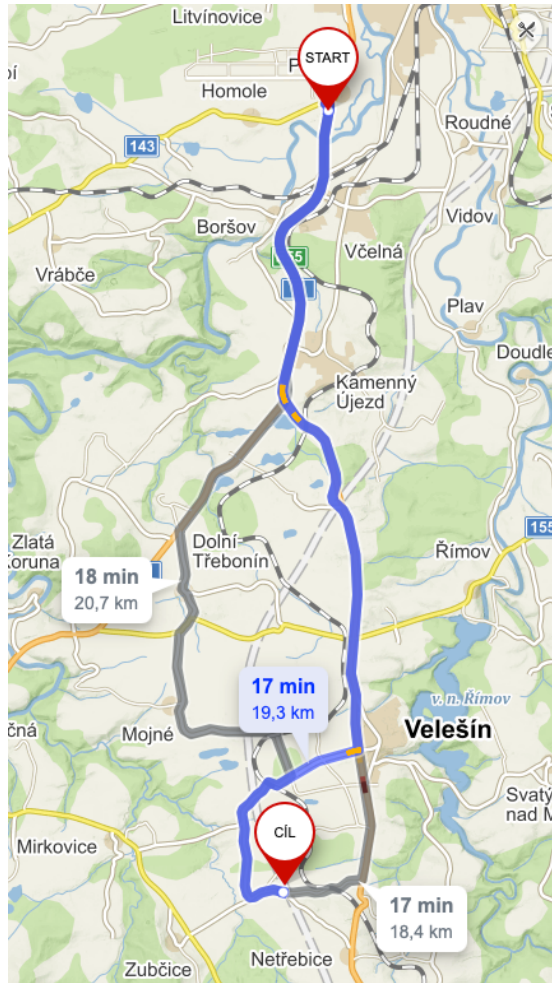
| Příloha k formuláři pro ocenění nabídky | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|--|----|-------------|----------|---------------|-----------------------------|--|--|
| Stavba: D3, STAVBA 0311 TŘEBONÍN - KAPLICE NÁDRAŽÍ | | | | | | | | | | |
| Objekt: SO 101.2 RYCHLOSTNÍ SILNICE R3 - KM 151,011 - 159,550 | | | | | | | | | | |
| Rozpočet: 101.2 RYCHLOSTNÍ SILNICE R3 - KM 151,011 - 159,550 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Cena | | 11 | | |
| | | | | | | 9 | 10 | | | |
| 2 | 11372 | A | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 5 225,310 | 1 016,15 | 5 309 674,09 | Kalkulace - příloha č.5 (3) | | |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | | | | | | |
| | | | Hloubka vrstvy BBTM A 8S - 30 mm [A] Frézování BBTM A 8S ve 8 roce - 174 177,000 m ² [B] Celkem: A*B = 5 225,31 m ³ [D] | | | | | | | |
| | | | Položka zahrnuje veškerou manipulaci s vybouranou suštinou a s vybouranými hmotami včetně uložení na skládku. Nezařazuje poplatek za skládku, který se vykazuje v položce 0141** (s výjimkou malého množství bouraného materiálu, kde je možné poplatek zahrnout do jednotkové ceny bourání – tento fakt musí být uveden v doplňujícím textu k položce). | | | | | | | |
| 8 | 574632 | | ASFALTOVÝ BETON VEĽMI TENKÝ BBTM 8s, 8S TL 30MM | M2 | 174 177,000 | 333,11 | 58 020 100,47 | Kalkulace - příloha č.2 (7) | | |
| | | | BBTM A 8S 45/80-65 - tl. 30 mm (Hlavní trasa) | | | | | | | |
| | | | Stejná výměra jako položka č. 82 ve variantě SO 101.1 - pol. 574/54 - Asfaltový koberec mastixový modř SMA 11+; 11S tl. 40 mm | | | | | | | |
| | | | Výměra: 174 177,00 m ² [A] Výměra obrusné vrstvy ve 12 roce provozu: 1x oba jízdní pásy [B] celkem: A*B = 174 177,00 m ² [D] | | | | | | | |
| | | | - dodání směsi v požadované kvalitě - očištění podkladu - uložení směsi dle předepsaného technologického předpisu, zhuštění vrstvy v předepsané tloušťce - zřízení vrstvy bez rozlišení šířky, pokládání vrstvy po etapách, včetně pracovních spar a spojů - úprava napojení, ukončení podél obrubníků, dilatačních zařízení, odvodňovacích proužků, odvodňovačů, vpustí, šachet a pod. - nezařazuje postřik, nátěry - nezařazuje těsnění podél obrubníků, dilatačních zařízení, odvodňovacích proužků, odvodňovačů, vpustí, šachet a pod. | | | | | | | |

| Příloha k formuláři pro ocenění nabídky | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|--|----|-------------|----------|---------------|---------------------------------|--|--|
| Stavba: D3, STAVBA 0311 TŘEBONÍN - KAPLICE NÁDRAŽÍ | | | | | | | | | | |
| Objekt: SO 101.3 RYCHLOSTNÍ SILNICE R3 - KM 151,011 - 159,550 | | | | | | | | | | |
| Rozpočet: 101.3 RYCHLOSTNÍ SILNICE R3 - KM 151,011 - 159,550 | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Cena | | 11 | | |
| | | | | | | 9 | 10 | | | |
| 2 | 11372 | A | FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | M3 | 5 225,310 | 1 269,91 | 6 635 673,42 | Kalkulace - příloha č.5 (13,14) | | |
| | | | POVINNÝ ODKUP ZHOTOVITELEM | | | | | | | |
| | | | Hloubka vrstvy BBTM A 8S - 30 mm [A] Frézování BBTM A 8S ve 12 roce: 174 177,000 m ² [B] Celkem: A*B = 5 225,31 m ³ [D] na skládku: 3 418,76 m ³ na obalovnu: 1 806,55 m ³ | | | | | | | |
| | | | Položka zahrnuje veškerou manipulaci s vybouranou suštinou a s vybouranými hmotami včetně uložení na skládku. Nezařazuje poplatek za skládku, který se vykazuje v položce 0141** (s výjimkou malého množství bouraného materiálu, kde je možné poplatek zahrnout do jednotkové ceny bourání – tento fakt musí být uveden v doplňujícím textu k položce). | | | | | | | |
| 8 | 574632 | | ASFALTOVÝ BETON VEĽMI TENKÝ BBTM 8s, 8S TL 30MM | M2 | 174 177,000 | 245,82 | 42 816 190,14 | Kalkulace - příloha č.5 (16) | | |
| | | | BBTM A 8S 45/80-65 - tl. 30 mm (Hlavní trasa) | | | | | | | |
| | | | Stejná výměra jako položka č. 82 ve variantě SO 101.1 - pol. 574/54 - Asfaltový koberec mastixový modř SMA 11+; 11S tl. 40 mm | | | | | | | |
| | | | Výměra: 174 177,00 m ² [A] Výměra obrusné vrstvy ve 12 roce provozu: 1x oba jízdní pásy [B] celkem: A*B = 174 177,00 m ² [D] | | | | | | | |
| | | | - dodání směsi v požadované kvalitě - očištění podkladu - uložení směsi dle předepsaného technologického předpisu, zhuštění vrstvy v předepsané tloušťce - zřízení vrstvy bez rozlišení šířky, pokládání vrstvy po etapách, včetně pracovních spar a spojů - úprava napojení, ukončení podél obrubníků, dilatačních zařízení, odvodňovacích proužků, odvodňovačů, vpustí, šachet a pod. - nezařazuje postřik, nátěry - nezařazuje těsnění podél obrubníků, dilatačních zařízení, odvodňovacích proužků, odvodňovačů, vpustí, šachet a pod. | | | | | | | |

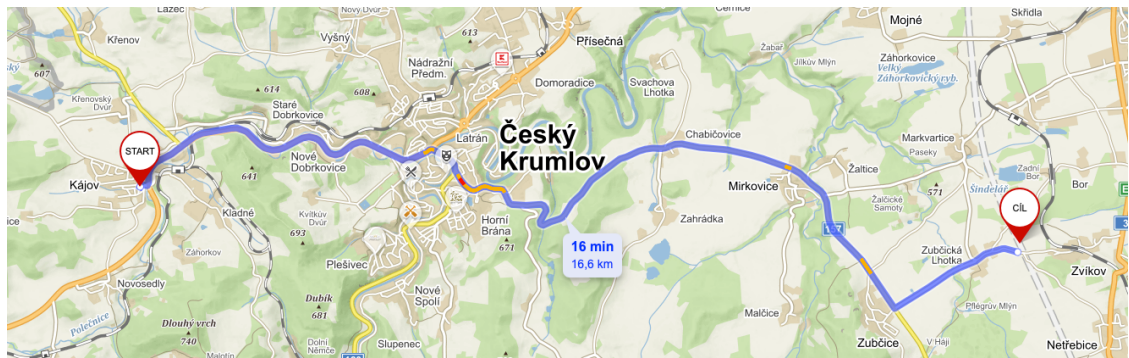
Obrázek 98: Náklady porovnání varianty SO 101.2 a SO 101.3 vstupující do analýzy LCCA

Varianta SO 101.2 (11372A – FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH): Průměrná vzdálenost do recyklačního centra (ProTeren s.r.o) je v případě modelového projektu 19,3 km ze středu stavby. Z toho vychází, že na odvoz 5 225,310 m³ budeme potřebovat 666 otočí nákladních automobilů. Celková vzdálenost bude 25 707,6 km (cesta do recyklačního centra a zpět). Výsledkem je celkové vyprodukované množství oxidu uhličitého, které je 16 967 016 g CO₂. Jedná se samozřejmě o hodnotu, která uvažuje jistá zjednodušení, protože například naložený nákladní automobil bude mít vyšší spotřebu než prázdné nákladní auto vracující se na stavbu.

Varianta SO 101.3 (11372A – FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH): Zde je celkové množství rozděleno na část odvozu do recyklačního centra a část do obalovny jako využití pro novou asfaltovou směs. Průměrná vzdálenost pro recyklační centrum je 19,3 km ze středu stavby. Z toho vychází, že na odvoz 3 418,76 m³ budeme potřebovat 436 otočí a celková ujetá vzdálenost bude 16 829,6 km. Výsledkem je celkové vyprodukované množství oxidu uhličitého, které je 11 107 536 g CO₂. Druhou částí výpočtu je odvoz vyfrézovaného množství na obalovnu. Obalovna je vzdálena 16,6 km. Celkové odvážené množství je 1 806,55 m³. Celkový počet otočí je 231 s výslednou celkovou vzdáleností 7 669,2 km. Celkové vyprodukované množství oxidu uhličitého z převozu na obalovnu je potom 5 061 672 g CO₂.



Obrázek 99: Dopravní trasa ze stavby na recyklační centrum



Obrázek 100: Dopravní trasa ze stavby na obalovnu

Varianta SO 101.2 (574G23 – ASFALTOVÝ BETON VELMI TENKÝ BBTM 8+, 8S TL. 30MM):
Z přílohy č. 2 – Kalkulace vybraných položek v investiční fázi v části 7 je uveden výpočet pro pokládku asfaltové směsi BBTM 8S. Z výpočtu lze vyčíst, že 1 m³ asfaltové směsi má obsahovat 90 % kameniva. Celkově se pokládá 174 177 m² o tl. 30 mm (5 225,31 m³). Celkem je třeba dovézt 4 702,78 m³ kameniva na obalovnu. Vzdálenost kamenolomu od obalovny je 25,9 km (obr. 87). Pro návoz materiálu bude třeba provést 658 otočí. Celkem ujetá vzdálenost bude 34 084,4 km. Celkové vyprodukované množství oxidu uhličitého z převozu je 22 495 704 g CO₂. Dále se neuvažuje s dovozem asfaltového pojiva, které se

bude dovážet z větší vzdálenosti (min. 200 km), což samozřejmě představuje úplně jinou uhlíkovou stopu.

Varianta SO 101.3 (574G23 – ASFALTOVÝ BETON VELMI TENKÝ BBTM 8+, 8S TL. 30MM):

Z přílohy č. 5 – Kalkulace vybraných položek v investiční fázi v části 16 je uveden výpočet pro pokládku asfaltové směsi BBTM 8S. Z výpočtu lze vyčíst, že 1 m³ asfaltové směsi má obsahovat 61,65 % kameniva. Kamenivo z R-materiálu je ve směsi zastoupeno s podílem 28,35 %, které jsou ovšem již zalkulovány v položce frézování. Celkově se pokládá 5 225,31 m³. Celkem na obalovnu dovezeného kameniva je třeba 3 221,40 m³. Vzdálenost kamenolomu na obalovnu je 25,9 km (obr. 87). Pro návoz materiálu bude třeba provést 451 otočí. Celkem ujetá vzdálenost bude 23 338,3 km. Vyprodukované množství oxidu uhličitého z převozu je 15 403 265 g CO₂. Obdobně jako v předešlém případě se v celkové bilanci vyprodukovaného CO₂ neuvažuje s dopravou asfaltového pojiva. Podobně jako u kameniva dojde i u pojiva k snížení množství pojiva, které se při výrobě asfaltové směsi spotřebuje, tady pokud bychom uhlíkovou stopu přepravy asfaltového pojiva započítávali, tak bude v případě této varianty nižší, než u varianty SO 101.1.

Tabulka 32: Výsledky zjednodušeného porovnávání (LCCA)

| Varianta | Položka | Celkové náklady | | Celkem vyprodukované množství oxidu uhličitého | |
|----------|---|-----------------|---------------|--|---------------|
| [-] | [-] | [Kč bez DPH] | | [CO ₂] | |
| SO 101.2 | 11372A - FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | 5 309 714,09 | 63 329 814,56 | 16 967 016,00 | 39 462 720,00 |
| SO 101.2 | 574G32 - ASFALTOVÝ BETON VELMI TENKÝ BBTM 8+, 8S TL. 30MM | 58 020 100,47 | | 22 495 704,00 | |
| SO 101.3 | 11372A - FRÉZOVÁNÍ ZPEVNĚNÝCH PLOCH ASFALTOVÝCH | 6 635 673,42 | 49 451 863,56 | 16 169 208,00 | 31 572 473,00 |
| SO 101.3 | 574G32 - ASFALTOVÝ BETON VELMI TENKÝ BBTM 8+, 8S TL. 30MM | 42 816 190,14 | | 15 403 265,00 | |

Jedná se o velmi zjednodušený výpočet LCCA, kde se porovnávají dvě položky z varianty SO 101.2 a SO 101.3. Současně se z hlediska environmentálních hledisek pozornost věnuje jen produkci CO₂ emise a nezohledňují se i další aspekty, jež se při LCA hodnocení standardně uvažují. Cílem porovnání byla zjednodušená analýza celkových nákladů u frézování a pokládky nové asfaltové směsi BBTM 8S ve 12. roce provozní fáze. Prvním porovnáním byly celkové náklady těchto variant. Je vidět, že s využitím R-materiálu dochází ke snížení celkových nákladů o 13 877 951,00 Kč (jedná se o náklady, které nejsou zohledněny v čase). To má následně pozitivní vliv na analýzu LCC při celkovém porovnání nákladů. Druhým typem porovnání bylo celkové vyprodukované množství oxidu uhličitého. Zde došlo k porovnání vypouštěného oxidu uhličitého do ovzduší z odvozních prostředků. Jedná se čistě o náklady jízdy z bodu A do bodu B, kde není zohledněn žádný prostoj a průměrná spotřeba se uvažuje totožná. Výsledkem je, že využití R-materiálu má pozitivní vliv na životní prostředí a je vypouštěno o 7 890 247 g CO₂ méně, než při variantě ukládky veškerého množství v recyklačním centru. Tuto hodnotu by bylo možné

teoreticky převádět na ekonomickou veličinu taktéž a to přepočtem vyprodukovaného CO₂ cenou emisní povolenky, která se v současné době pohybuje na úrovni 80-90 EUR/t CO₂.

Tato kapitola byla do práce zařazena z důvodu, že je třeba se na stavební činnost, oceňování nákladů a hledání variantních řešení dívat i jiným pohledem. Tento pohled zkoumá dvě technická řešení, kde kromě finanční stránky je řešení podrobena i analýza environmentální stránky. Je třeba mít na paměti, že se jedná o velmi zjednodušený výpočet, jehož cílem je pouze demonstrace výhodnosti daného řešení. Dále je třeba pamatovat, že do výpočtu obecně vstupuje mnoho proměnných, které v tomto případě nejsou zahrnuty a podrobně zdokumentovány. Mezi ně lze zařadit vyprodukované množství oxidu uhličitého při zpracování asfaltové směsi, při frézování nebo při ukládce na skládce. Dalším prvkem by mohlo být zkoumání znečištění přírody z frézování nebo z provozu od odvozních prostředků. Dalším vlivem u SO 101.3 je skutečnost, že nelze opomenout, že díky využití materiálu zpracovaného lidskou činností, dochází k zachování přírodních zdrojů (v tomto případě kamenivo, ale lze diskutovat i nad asfaltovým pojivem, které je součástí R-materiálu). Výsledky jsou velmi zajímavé a jedná se pouze o dvě položky. Pokud by byl podroben tomuto celý projekt, určitě by došlo k získání zajímavých poznatků. Optimalizací variant oproti původní asfaltové vozovce došlo k rozdílnosti zemních prací, kde by výsledek mohl mít vypovídající hodnotu, protože odváženého množství na skládku bylo o 8 589,460 m³ méně. Dalším typem úspory jsou asfaltové směsi, kde došlo celkově k úspoře 10 mm, které mohou v celkovém důsledku hrát velký význam. Je třeba nezapomenout, že obrusná a ložní vrstva je u optimalizované varianty nižší o 30 mm, což hraje významnou roli v průběhu provozní fáze a prováděných oprav.

14 Závěr

Při psaní diplomové práce jsem měl možnost vycházet již ze zkušeností z vlastní bakalářské práce – „Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu“. Dále jsem vycházel ze čtyřletého působení na divizi Dopravní stavby ve společnosti HOCHTIEF CZ a.s., kde jsem měl možnost potkat řadu zajímavých kolegů, kteří mi při psaní této práce poskytli zajímavé postřehy a náměty na doplnění při konzultacích. Tyto zkušenosti mi dovolily provést diplomovou práci v tak rozsáhlém objemu, jakým nakonec je. Mým cílem bylo v provozní fázi prozkoumat ještě detailněji jednotlivá dopravní omezení a práce v pracovní zóně. Ovšem i z důvodu časového omezení a objemu dat, byla provozní část o tento prvek zkrácena. Dále se vedla diskuze nad prohloubením a využitím zdrojů v okolí stavby, což se dle mého částečně povedlo. Během své práce jsem získal i ceník z místní obalovny. Ovšem určitě by se dala práce s využitím okolí stavby využít efektivněji. Např. objekt SO 101 vykazuje 72 183,016 m³ přebytečné ornice, s kterou by se dalo nakládat v praxi efektivněji. Věřím, že část ornice by se určitě za nižší částku dala odvézt na zemědělské plochy. Dalším zajímavým prvkem by mohla být optimalizace sanací v podloží. Z vlastní zkušenosti z praxe se jedná o velmi zajímavou část stavby, kde se vede v přípravné fázi projektu vždy poměrně rozsáhlá diskuze. Dalším prvkem k zamyšlení byla položka 11313 - ODSTRANĚNÍ KRYTU ZPEVNĚNÝCH PLOCH S ASFALTOVÝM POJIVEM. Místo odvozu a uložení na skládku by se materiál dal využít do krajnice vozovky, která se může provádět z betonového nebo

asfaltového recyklátu (za souhlasu dozoru a investora stavby). Takto by se mohl využít i materiál ze všech stavebních objektů. V případě betonového recyklátu se uvažovalo s jeho využitím do vrstvy SC u varianty SO 101.3. Ovšem z důvodu komplexnosti a časové náročnosti se od těchto úvah nakonec odstoupilo. Je třeba si uvědomit, že se stále jedná o model, který je velmi zjednodušený.

Cílem práce bylo na zvolené dálniční novostavbě porovnat varianty technického řešení. Během investiční fáze došlo k porovnání původní asfaltové vozovky s dvěma optimalizovanými skladbami. Porovnání byl podroben celý stavební objekt SO 101, což vedlo k úpravám zemních prací na nově optimalizovaných skladbách. Při hlubším porovnání, by šlo provést úpravy na dalších částech objektu či celém projektu. Práce se v optimalizované variantě SO 101.3 v investiční fázi snaží využít veškerý frézovaný materiál na projektu. Tento bod může v budoucnu být součástí hodnotících kritérií ze strany zadavatele. Dalším prvkem je pozitivní dopad na životní prostředí, kdy je cílem využít znovuzískaný materiál. Samozřejmě v praxi by bylo nutné provést předepsané zkoušky, které by ověřily možnost využití právě tohoto materiálu. Ovšem v případě, že by tento materiál nešel úplně využít do dané skladby, setkal jsem se při realizaci opravy dálnice D5 v úseku Svatá Kateřina – Rozvadov s řešením, kdy lze vybouraný materiál využít i jiným způsobem. Např. část materiálu lze využít do zemní krajnice, kde asfaltový nebo betonový recyklát vypadá esteticky zajímavě. Další možností by mohl být bezplatný odprodej okolním samosprávám. Zde mimo finanční úspory za méně odváženého množství na skládku může být i fakt, že odprodané množství urazí menší vzdálenost než na skládku. Dalo by se říci, že na životní prostředí působí v značně negativní míře výfukové plyny, které vznikají od dopravy. Tímto by mohlo dojít k dalšímu pozitivnímu vlivu na životní prostředí. Nespornou výhodnou využití znovuzískaného materiálu je ochrana přírodních zdrojů. Při zpracování časoprostorového harmonogramu byla snaha o minimalizaci dopravních tras a využití lokální obalovny, skládky vybouraného materiálu či kamenolomu.

Dalším cílem práce bylo zohlednění a definování plánu údržby během 30 let provozní fáze. Samotné výsledky ukazují, že při využití technologií, které prodlužují životnost původně položené asfaltové vozovky, mohou mít právě tyto technologie významný finanční dopad na celkový pohled hospodaření s vozovkou. To dokazuje samotná varianta SO 101.3CH, kde byla snaha využít právě technologií, které prodlužují životnost stávající vozovky. Jedná se převážně o technologie pokládky mikrokoberce, konzervační a regenerační postřík. Aplikace těchto technologií vedla k prodloužení životnosti stávající vozovky a k oddalování výměny obrusné vrstvy. Určitě by bylo zajímavé porovnat i z hlediska životního prostředí celkový dopad těchto technologií na životní prostředí v porovnání s výměnou obrusné vrstvy. Protože původní varianta SO 101.1 se zabývá čistě odvozem vyfrézovaného materiálu do recyklačního centra, což má velmi negativní dopad na životní prostředí. Např. již během frézování dochází ke značné zátěži z důvodu velké koncentrace hluku a prachu. Dále dopravní prostředky odváží získaný materiál na skládku, kde hrozí, že již nebude znovu využit. Pokládkou nové asfaltové vrstvy dochází k situaci, kdy je potřeba dopravit na obalovnu 100 % nového materiálu. Další nespornou výhodou R-materiálu byla vize, že v samotném R-materiálu je zpravidla již 5-6 % asfaltového pojiva. Tento fakt vede ke snížení množství nového přidávaného asfaltového pojiva do směsi, což by mělo mít vedle nesporného ekonomického přínosu i kladný dopad na životní prostředí

i z hlediska dopravy asfaltového pojiva na obalovnu. Z hlediska porovnatelnosti všech scénářů se uvažovalo s využitím stejného počtu čet. V praxi či při změně cíle diplomové práce by bylo určitě zajímavé prozkoumat i nasazení většího počtu čet. To by mohlo vést ke snížení doby trvání a tím k nižším srážkám za nedostupnost aktiva. Negativem zvýšeného počtu čet je zvýšená koncentrace znečišťujících látek.

Třetím cílem diplomové práce bylo zpracování harmonogramu. Pro zpracování harmonogramu jsem využil softwarový program TILOS, který dle mého názoru dokáže vytvořit užitečný časoprostorový harmonogram. Dle tohoto harmonogramu dochází u dálničních projektů ke snadnější orientaci v prostoru a čase. Stavební technik ihned vidí, které práce se v daný čas provádí a na jaké části úseku. Tento harmonogram z mého pohledu dokáže i lépe koordinovat stavební práce a zabránit tak případnému vzniku kolizí při realizaci projektu. Součástí diplomové práce nebyla úvaha ohledně mostních objektů, ovšem při jejich zohlednění lze velmi efektivně provádět i projekt zemních prací či samotnou pokládku skladby vozovky. To by mělo zohlednit optimální dopravní trasy a eliminaci velkých objízdných tras z důvodu rozestavěnosti mostního objektu a nemožnosti vést dopravy kolem něho. Dále lze efektivně nastavit zahájení pokládky skladby vozovky či je rozmístit po trase, aby byla práce efektivně prováděna. Při nezohlednění těchto prvků může v praxi hrozit, že pokládka některé vrstvy bude omezena nebo zdržena z důvodu nedokončeného mostního objektu a komplikované objízdné trasy. Nespornou výhodou vytvořeného časoprostorového harmonogramu jsou i vytvořené okolní podklady od jednoduchého schématu po sledování materiálu a toku peněz v čase. Tento výstup může značně pomoci i přípravičům na stavbě, kteří mají přehled o materiálech, které jsou již zabudované nebo které je třeba v blízké době objednat. Tok peněz lze využít pro stanovení cash-flow. Tím zhotovitel může snadno zjistit, jaký bude tok peněz v čase a kdy začne být jeho cash-flow pozitivní během projektu. To může mít vliv na celkové fungování dané společnosti. Velkou výhodou spatřuji ve vzdálenostní ose. Měl jsem možnost tuto osu zpracovanou na jeden projekt již využít a jedná se nesporně o velmi efektivní nástroj, které slouží ke snadnější koordinaci na stavbě či domluvě. Při znalosti staničení jednotlivých prvků a jejich umístění (levá krajnice či střední dělicí pás) se ušetří při realizaci čas, potenciální spory a nervy projektového týmu.

Dalším cílem bylo zpracování velmi zjednodušené analýzy LCCA. Diplomová práce zkoumá toto téma okrajově nebo v omezené míře a to díky komplexnosti, kterou je obecně nezbytné především u hodnocení v LCA očekávat. Snahou však bylo demonstrovat výsledky a jiný pohled na položky ze soupisu prací. Je určitě velmi zajímavé přistupovat k projektu zevrubně, kdy se zkoumá více pohledů. Jedním z nich je i hodnocení dopadů na životní prostředí, které částečně zkoumá i LCCA. V mém případě se ovšem jedná o opravdu zjednodušený výpočet. Nicméně i z důvodu tlaku od veřejnosti na životní prostředí mi přijde, že jednou z cest zadávání veřejných zakázek může být i takový obdobný výpočet, který bere do úvahy alespoň některé aspekty vlivu na životní prostředí. V praxi by samozřejmě bylo třeba dodržovat tento postup výstavby i od zhotovitele. Tím by samozřejmě bylo třeba prodloužit lhůty pro zadávání veřejných zakázek, aby se uchazeči mohli věnovat více přípravným pracím. Z mého pohledu se jedná o zajímavou cestu, která je již v zahraničí v některých případech využívána. Věřím, že pokud by podobnému pohledu byla přiřazena např. váha 10 % v hodnotících kritériích, určitě by

došlo k velkému zamýšlení nad přípravou a postupem prací, které by mohl být šetrnější k životnímu prostředí.

Hlavním cílem práce byla aplikace nástroje LCC, kde došlo k porovnání technického řešení zpracovaného pro investiční a provozní fázi. Z poskytnutých výsledků musím přiznat, že mě až mrazí z rozptýlu celkových výsledků. Když vlastně uvážím, že při zpracování nabídkové ceny do veřejné zakázky odevzdáváme pouze investiční část projektu, je k zamýšlení, jak správce stavby uvažuje s budoucím plánem oprav či jestli má možnost zasahovat do technického řešení stavby. Případně jestli je jeho snahou nějakou optimalizaci vůbec provádět. Nicméně pro řešený úsek dálnice D3 Kaplice nádraží – Třebonín o délce 8,359 km vyšly náklady ve sledovaném období na 3 664 807,59 Kč (SO 101.1). Jedná se o variantu, kterou navrhnul projektant a zadavatel (Ředitelství silnic a dálnic) tuto variantu schválilo. Při pohledu na optimalizovanou variantu s využitím R-materiálu a stejnou údržbou (varianta SO 101.3) jsou celkové náklady stanoveny na 2 464 665 301,84 Kč. Zde se jedná o úsporu 48,69 % během sledovaného období. Je až zarážející, že vlastně taková varianta prošla i v rámci řádného hospodaření s veřejným rozpočtem pro stavby pozemní komunikace. V případě porovnání s nejlevnější variantou SO 101.3CH, kdy cena je vypočtena na 1 494 960 265,22 Kč. V tomto případě se jedná o úsporu o 145,14 % oproti původní variantě. Dalo by se velmi zjednodušeně říct, že bych při variantě SO 101.3CH mohl postavit a provozovat 20,932 km dálnice za náklady uváděné u varianty SO 101.1. Je tedy až zarážející, co dokáže provést s celkovými náklady vhodně zvolený plán oprav. Samozřejmě, že se jedná o zjednodušené modely, kdy realita může být zcela odlišná a oprav bude vznikat více či budou odlišné. Ale rád bych zdůraznil, že i při využití R-materiálu a stejném typu oprav dochází k významnému rozdílu. Rozdíl 48,69 % je velmi alarmující a zadavatel veřejných zakázek by se měl zamyslet nad zadáváním veřejných zakázek. Prvním zamýšlením je využívání vybouraného materiálu. Nakládání s vybouraným materiálem je přínosné i pro životní prostředí a celkovou udržitelnost s přírodními zdroji. V dnešní době, kdy je společnost tlačena do ekologičtějších řešení je divné, že se tento fakt neděje i u dopravních staveb. Zde je tento proces z pohledu veřejnosti velmi viditelný. Např. u realizace dálnice D5, kdy jsem měl možnost být součástí projektové týmu, došlo ke snaze využít alespoň minimální část betonového recyklátu do zemních krajnic. Ovšem bylo značně smutné a demotivující pozorovat, když silniční frézy frézovaly původní cementobetonový kryt a vznikající materiál byl odvážen na skládku. Již vyfrézovaný materiál se stává zajímavým produktem, který lze uplatnit dále. Při realizaci tohoto díla se mi naskytl i zajímavý pohled při demolici původního cementobetonového krytu s ohledem na životní prostředí. Při demolici byly využity dvě technologie. První byla již zmíněná fréza, kde materiál byl pomocí dopravního pásu přímo dopravován na odvozní prostředek, který tento materiál odvážel již na skládku. Zde se z mého pohledu jedná o velmi kladný přístup (negativum je stále nevyužití tohoto materiálu), kdy vybouraný materiál je přímo bez dalšího nakládání dopraven na požadované místo. Druhou technologií byla demolice krytu pomocí rypadel s hydraulickým kladivem. V tomto případě docházelo k vybourání krytu, který ovšem zůstal na místě. Dalším krokem byla výměna pracovního nástroje nebo doprava dalšího rypadla, které za pomoci dumperů odvážely vybouraný materiál na mezideponii, kde byl dozer. Ten v první fázi projektu vybouraný materiál pouze urovnával. Po celkovém vybourání byla na stavbu přivezena drtička a třídička včetně čelního nakladače a dalšího rypadla. Rypadlo umísťovalo vybouraný materiál do drtiče a čelní nakladač ho dále

nakládal na připravený odvozní prostředek, který materiál odvážel na skládku. Při úvaze a srovnání těchto dvou činností, dochází u druhé varianty k významnému dopadu na životní prostředí a zdlouhavé časové náročnosti. Samozřejmě využití fréz pro betonové vozovky může být v některých případech omezené, ale jedná se určitě o zajímavou cestu, kterou by měl vyžadovat i sám zadavatel.

Nabízí se otázka, jak zadavatel a projektant přistupují k návrhu skladby vozovky či k celkovému pohledu na projekt. Pokud např. projektant vychází pouze ze vzorových skladeb vozovky, které jsou uvedeny v TP 170 a zadavatel to akceptuje, je velmi zdrcující následně vidět tyto rozdílné výsledky, které jsou sice založeny na zjednodušeném modelu, ale představují vypovídající hodnotu. Zdá se, že v praxi by bylo vhodné, pokud by projektant přišel s více návrhy skladby vozovky, o kterých by se následně mohlo diskutovat. Určitě vítám prohloubení zadávání veřejných zakázek formou žluté knihy FIDIC (Design and Build) a PPP projektů. U těchto forem zadávání veřejných zakázek má zhotovitel možnost přistupovat k projektu hlubším zamyšlením, pokud mu to minimální technické požadavky dovolují. Jak již bylo zmíněno v teoretické části, tak např. u stavby I/36 Pardubice, Trnová-Fáblůvka – Dubina využil zadavatel vícekriteriální hodnocení, což může být zajímavá cesta do budoucna. Určitě by bylo zajímavé, pokud by např. jedním z hodnotících hledisek byl plán zemních prací a dopad na životní prostředí či využití R-materiálu. Ten lze využít přímo na stavbě nebo jako produkt na dalším projektu. Ale již jen myšlenka nějakého bodového ohodnocení by mohla vést k zajímavým úvahám. Např. v současnosti je vidět, že jedna stavební společnost je ohrožena tím, že v budoucnu nebude moci podávat nabídky na veřejné zakázky. Zde dochází k tomu, že jsou veřejné zakázky vypsány na nejnižší cenu a tím tyto zakázky získává, aby naplnila svoje kapacity do dalších let. Nabízí se otázka, zda dílo bude provedeno kvalitně, či jak vysoké budou budoucí vícenáklady. Tento problém je dán především u zadavatele, který v současnosti ve vypsání veřejných zakázek soutěží na dvě hodnotící kritéria. Prvním je nabídková cena, která je dominantní a bývá kolem 90 % v rámci hodnocení. Druhým je záruka, kdy ovšem zadavatel stanoví minimální a maximální délku záruční doby. Ještě jsem se nesešel, že by někdo nenabídl maximální délku. Tím tento bod vypadává a soutěží se dle nejnižší ceny. Ale s přibývajícím snahou o větší zohlednění životního prostředí se nabízí jednoduchá otázka. Je tohle správná cesta k udržitelnosti výstavby?

Je třeba mít na paměti, že tradiční zadávání veřejných zakázek zde bude i nadále, ale je třeba k němu přistupovat zodpovědně ze strany zadavatele i projektantů. Další díl závisí na kvalitě realizace díla a tlaku veřejnosti na hospodaření s odpady. Myslím, že i s případnými vyššími náklady při zabudování znovuzískaných materiálů, můžeme mluvit o pozitivním vlivu do budoucna. Je přece snahou nás všech, aby při nutnosti realizace inženýrských staveb (silničních či železničních), byla zachována rozmanitost a zdraví přírody v co největším rozsahu pro další generace.

Myslím, že práce je obsahově velmi zajímavá a určitě se některému z úseků práce budu chtít věnovat i nadále. Během psaní práce jsem poprvé dokázal stavební objekt SO 101 „rozsekat“ do posledního m³ zeminy, což mělo z mého pohledu pozitivní vliv na zpracování časoprostorového harmonogramu, který dle mého názoru má velkou budoucnost při zpracování a řízení dopravních staveb. Takový rozpad má pak i vliv na provádění díla, kdy je pochopena každá část projektu. Takový rozpad projektu má i

zásadní vliv na kalkulaci položek z poskytnutého soupisu prací. Samozřejmě, že v budoucnu je možností využít i časoprostorový harmonogram do rozvíjející se problematiky procesů BIM, kam nakonec celé stavebnictví bude směřovat. Z výsledků je zřejmé, že je vhodné se nad projekty zamýšlet v rámci širšího pohledu a s přibývajícími veřejnými zakázkami dle formy zadání Design and Build je vhodné znát alternativní řešení, která mohou ušetřit významné finanční prostředky nebo mít pozitivní vliv na životní prostředí. Jsem velmi vděčný, že jsem mohl nahlédnout do zjednodušeného procesu hospodaření s vozovkou pozemní komunikace během sledovaného období. Daná práce mě velmi obohatila a téma oslovilo. Určitě se v budoucnu budu rád zaměřovat na technologie provádění i s přihlédnutím k optimalizaci stavebních procesů (návrh optimální dopravní trasy či využití strojních mechanismů) a životního prostředí.

Přílohy diplomové práce

- Příloha č. 1 – Vzorové příčné řezy pro varianty vozovky
- Příloha č. 2 – Kalkulace vybraných položek v investiční fázi
- Příloha č. 3 – Soupisy prací variant SO 101 v investiční fázi
- Příloha č. 4 – Harmonogram výstavby
- Příloha č. 5 – Kalkulace vybraných položek v provozní fázi
- Příloha č. 6 – Soupisy prací variant SO 101 v provozní fázi
- Příloha č. 7 – Harmonogram provozní fáze
- Příloha č. 8 – Podklad pro LCC

Citovaná literatura

Část elektronické knihy

[24] APPENDIX A ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DESIGN & BUILD. Administrative Procedures 2015 for Use with the Government of the Hong Kong Special Administrative Region General Conditions of Contract for Design and Build Contracts 1999 Edition: APPENDIX A ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF DESIGN AND BUILD [online]. Government of the Hong Kong Special Administrative, 2015, s. 71-76 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z:

https://www.devb.gov.hk/filemanager/en/content_805/DBAP_APP%20A.pdf

[25] Advantages of PPP. Toolkit for Public-Private Partnerships in Roads & Highways [online]. Public-Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF), ©2009, s. 22-27 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z:

<https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/6/pdf-version/1-14.pdf>

[26] Drawbacks of PPP. Toolkit for Public-Private Partnerships in Roads & Highways [online]. Public-Private Infrastructure Advisory Facility (PPIAF), ©2009, s. 22-27 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z:

<https://ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/highwaystoolkit/6/pdf-version/1-15.pdf>

[51] Hot-Mix Asphalt Plant Operations. HOT-MIX ASPHALT PAVING HANDBOOK 2000 [online]. Federal Aviation Administration, 2000, s. 39-112 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z:

https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5370_14b_app1_part_II.pdf

[86] MOINS, Ben, FRANCE C., AUDENAERT A. a VAN DEN BERGH W.. Implementing life cycle cost analysis in road engineering: A critical review on methodological framework choices. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. Amsterdam: Elsevier, 2020 [cit. 2021-11-05]. ISBN 1364-0321. ISSN 1364-0321. Dostupné z:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1364032120305724?token=A2E52159B337EC5963921F3DB5AFDF4B4FC18F3D7A5463B6B5ABDC10EE932A32F47FCA70FFFBA15A84D410EE516520C4&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211107205728>

Elektronická kniha

[2] Studie: Udržitelné stavební investice v ČR [online]. 12/2012. Deloitte a svaz podnikatelů ve stavebnictví v ČR, 2012 [cit. 2021-09-27]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/cz/cs/pages/real-estate/articles/cze-udrzitelne-stavebni-investice.html>

[8] CHAMRÁD, Aleš, David DVOŘÁK, Miroslav MARADA a Jan ANTONÍN. Návod možného postupu pro zadavatele při realizaci výstavbových projektů metodou dodávky Design & Build (& Operate) se zaměřením na minimalizaci celkových nákladů životního cyklu [online]. Asociace poskytovatelů energetických služeb, Šance pro budovy a Ministerstvo životního prostředí, 2017 [cit. 2021-09-28]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/\\$FILE/feu-metodika_design_and_build-20180227.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prioritni_osa_6_seznam_projektu/$FILE/feu-metodika_design_and_build-20180227.pdf)

[9] Metodika pro zadání veřejné zakázky formou „DESIGN & BUILD“ pro dopravní stavby v ČR [online]. Deloitte, 2015 [cit. 2021-09-28]. Dostupné z: https://www.sfdi.cz/soubory/obrazky-clanky/metodiky/2015_metodika_db_zaverecna_prezentace.pdf

[14] The APMG Public-Private Partnership (PPP) Certification Guide: Chapter 1: Public-Private Partnership — Introduction and Overview [online]. ADB, EBRD, IDB, IsDB, and WBG, V1.1. Washington, DC, © 2016 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://ppp-certification.com/pppguide/download>

[27] The APMG Public-Private Partnership (PPP) Certification Guide: Chapter 5: Structuring and Drafting the Tender and Contract [online].]. ADB, EBRD, IDB, IsDB, and WBG, Washington, DC, ©2016 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://ppp-certification.com/pppguide/download>

[28] PPP Risk Allocation Tool 2019 Edition: Transport [online]. Global Infrastructure Hub a Allen & Overy, 2019 [cit. 2021-10-29]. ISBN 978-0-6485966-2-2. Dostupné z: <https://cdn.github.org/umbraco/media/2645/gih-ppp-risk-allocationtransport.pdf>

[29] HÝZL, Petr. PRAKTICKÉ APLIKACE V POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH: MODUL 6 - ASFALTOVÉ SMĚSI [online]. Technická univerzita Ostrava – fakulta stavební, Brno, 2006 [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/-%20-%20Předměty%20dle%20semestru%20-%20-%20/6-semester/-%20BM02%20-%20Pozemni%20komunikace%20II/Prednasky/Téma%207%20text%20-%20Asfaltové%20směsi.pdf>

[31] SVOBODA, Luboš a kolektiv. STAVEBNÍ HMOTY [online]. 3. Praha, 2013 [cit. 2021-10-13]. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodan/sh/SH3v1.pdf>

[34] VARAUS, Michal. POZEMNÍ KOMUNIKACE II: MODUL 3 ASFALTOVÁ POJIVA [online]. Technická univerzita Ostrava – fakulta stavební, Brno, 2005 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://adoc.pub/pozemni-komunikace-ii.html>

[38] Asfaltové směsi 1/2: Silniční stavby 2 [online]. [cit. 2021-10-17]. České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z: <https://adoc.pub/silnini-stavby-2-pednaka-4.html>

[39] STAVBA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ: Konstrukční vrstvy [online]. Technická univerzita Ostrava – fakulta stavební. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/krajcovic/!kombinovane/!dopravni_a_vodni_stavby/pomucky_k_rezeni/pdf/STAVBA_PK_KOMBI.pdf

[54] Návod na použití obalované směsi [online]. Strojírny a stavby Třinec [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: http://www.sas-trinec.cz/download/navod_obalovana_smes.pdf

[55] HANZÍK, Václav a Petr MONDSCHNEIN. Pokládka hutněných asfaltových směsí [online]. Sdružení pro výstavbu silnic, sdruzeni-silnice.cz [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://www.sdruzeni-silnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReNIF68PD1cweqhxRjKVfZt1OvjAD1P9WjqHo6lbkUK5mzyeTK5RyDVRPSKBJwpxi6wQVlWFfs90cAWArcIHNB4pOZ9%2FjCxZQa8iD8o0GM1tr6NaDHVDez3%2FCeHprSu0jEz2S8YfJ1mMI86DPqKfvpfipByHQR2viQH8uw40y0WN0Vwq7dvq5Fonush6xaK8ujLaBHa6l9Ql6xt8iac89fm68p4cg6F4l55iJTof81SV5jYcvd2bsHxYi2w9boRjWRK8w820fMzwqVU060MThZRVGqxSDBiegwfqL9QNo6kqKbxLJebqM5tw0ZL9tDdJ5FsDq5fL3a8U8%2BogNcmoqqgcVa55VuKVKE%2BnxKHGblkQ4rfhHHC8IPmu3hTD72U5WbBiatnUqU%2B1d2aBF10JNwEHoSHXKgD6hFRWWC0XC3VzWMARtG4JjKQUTg6Ob5XQv6POmiD4Yra33WU5zE9d8%2FIetSOXkz1mF2m%2BaEbQlUNL%2BDKi1VfSc%2Fi5AdSv8apQ%3D%3D&tname=SiteContent.aspx>

[57] HÝZL, Petr. ČSN 73 6141 Požadavky na použití R-materiálu do asfaltových směsí. [online]. Sdružení pro výstavbu silnic, sdruzeni-silnice.cz [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <https://www.sdruzeni-silnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReAXtWrweh0A9irLdrAjQxl10uEHP2mEuNqvwmwflh%2FaTPwjNVl5cchdCSOCpVPvpJZVr3rd5v5e3DkFDzxiT%2F9fHMQXPDWhs8kn6aPk8DQGNiVYf2vRDw1VN%2Betsuy%2FzdyTaF9IPC%2Br7hv2545Go5ZCMYVki45f%2Bo83oCJudlimXFVEoowp9uHRdlpxlm9odYmf%2F8nnjL8W2Oax%2F6EoQyZs1hdhrkUFhrtu6H3kUVpHlwN6xNLWDW0eSnAahbHfv2AL8M%2FE8FozVDJ%2BD9WbJrdUz9PdVEw%2FIAoofy7s3dhaZC7GGLwYAhrlbPyHBfYYYvDN52%2BOCehXncSj28vsZT%2BVU6ELJEUseyvHHnW8DH6qtKlAsiXqKNbh3kfa9HcxljEBRyTKy0eCXx4p1szotQBrwaYQsovV1XFGpxp9XJgRWANZk1UCk2qnxMPq%2BhsuvUOLbtNVfehG7UaZmyCrkxLpQAhvOFWbp3TpnPTEcPVC2gSS2oqSFxLBMDBLWPqtIA%3D%3D&tname=SiteContent.aspx>

[62] VALENTIN, Jan, Petr SVOBODA a Petr MONDSCHHEIN. Vyhláška k opětovnému použití znovuzískané asfaltové směsi [online]. Sdružení pro výstavbu silnic, sdruzeni-silnice.cz [cit. 2021-11-07]. Dostupné z:

<https://www.sdruzeni-silnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReGB6hH%2FW6o8grTw%2Bo9w1dZsXcx4KMYhtgaY5ECw2GOT%2Fet1M4f%2BE2mGcwETvo1UPzvG2dkw3azaaSckp0lLc775So3qJ%2F40u%2Fs4YgipFxsVWVEh5zoINnKOYzj5B0odqCWV7OOYRCnzaTUllLdR2cH8UvOPP8UO93BH5GZlvo3po1TEQO%2Fv6AlC99A7XyB78zgdIVmeKQpme33gHax9fFQpId%2BBiQQZgpTTSzOid14P1ThAzbs%2FQcF6zITVCuut19qkz5alpFzOa0dAbnt%2F2kbmq977Q17mziO7To2u4j8Yt428S7kMGg9RZB3JDzxPw0b1qXEU09ORtRdJXTCxJ0MtaJPKg32K00hJYdDf3AIRSOewJY%2FndkObUunr48ZI86F6zndnxcYs8Oq6TOPPvrX8t5X17iDP0f2QjGvyOX8QO9%2Fx1L7460U4tLhPggouRkHk21KSkzDca11cV0fXbHDTce4gS0IJMUYPaOMMwVv648n9KVHVmheOWNgVdoMrUg%3D%3D&tname=SiteContent.aspx>

[66] VARAUS, Michal. Recyklace asfaltových směsí na obalovně [online]. Projektování pozemních komunikací – konference, Brno, 2013 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z:

<https://www.konference-projektovani.cz/rocnik-2013/prezentace/data/19-varaus.pdf>

[69] Recyklace za horka na místě [online]. Frekomos [cit. 2021-10-08]. Dostupné z:

http://www.frekomos.cz/domains/1/users/produkty/horka_recyklace_frekomos_web.pdf

[72] Guidebook for Value for Money Assessment [online]. U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration, 2013 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z:

https://www.fhwa.dot.gov/ipd/pdfs/p3/p3_guidebook_vfm_1213.pdf

[74] Hodnota za peníze [online]. Ministerstvo financí České republiky, 2. 2011 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z:

<https://www.mfcr.cz/cs/legislativa/metodiky/2011/metodika-hodnota-za-penize-9541>

[75] The APMG Public-Private Partnership (PPP) Certification Guide: Chapter 4: Appraising PPP Projects [online]. ADB, EBRD, IDB, IsDB, and WBG, Washington, DC, ©2016 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z:

<https://ppp-certification.com/pppguide/download>

[76] Praktická interpretace finančních modelů k PPP projektům [online]. Ministerstvo financí České republiky, 2011, 01. 11. 2011 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z:

<https://www.mfcr.cz/cs/legislativa/metodiky/2011/metodika-prakticka-interpretace-9539>

[78] Platební mechanismy projektů PPP [online]. Ministerstvo financí České republiky, 2. 2012 [cit. 2021-10-02]. Dostupné z:

<https://www.mfcr.cz/cs/legislativa/metodiky/2012/platebni-mechanismy-projektu-ppp-9536>

[79] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta a kolektiv. Metodika hodnocení celoživotních nákladů staveb a popis aplikačního software řešení [online]. [cit. 2021-11-05]. Dostupné

Z:

<https://static1.squarespace.com/static/5d7770269a48ef7ecdbbc91f/t/610aa04e3abf57190815455e/1628086356685/LCC+-+metodika.pdf>

[84] WALLS III, James a Michael R. SMITH. Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design: Interim Technical Bulletin [online]. Federal Highway Administration, 1998 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/asstmgmt/013017.pdf>

[85] Life-Cycle Cost Analysis Primer [online]. Federal Highway Administration, 2002 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/asset/lcca/010621.pdf>

Kniha

[82] KOČÍ, Vladimír. Environmentální dopady: posuzování životního cyklu. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2013. ISBN 978-80-7080-858-0.

Normy a technické předpisy

[17] ČSN 73 6175 (736175): Měření a hodnocení nerovnosti povrchů vozovek. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.

[18] TP 82: Katalog poruch netuhých vozovek. PavEx® Consulting, 2012.

[32] TP 170: Navrhování vozovek pozemních komunikací. Vysoké učení technické v Brně a ROADCONSULT, 2004.

[33] ČSN EN 12597 (657000): Asfalty a asfaltová pojiva - Terminologie. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

[37] ČSN 73 6161 (736161): Stanovení přilnavosti asfaltových pojiv ke kamenivu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000.

[41] ČSN EN 13108-1 ed. 2 (736140): Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 1: Asfaltový beton. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[42] ČSN EN 13108-5 ed. 2 (736140): Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 5: Asfaltový koberec mastixový. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

[44] ČSN 73 6121 (736121): Stavba vozovek - Hutněné asfaltové vrstvy - Provádění a kontrola shody. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.

[45] ČSN 73 6120 (736120): Stavba vozovek - Ostatní asfaltové vrstvy - Provádění a kontrola shody. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

[46] ČSN EN 13108-7 ed. 2 (736140): Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 7: Asfaltový koberec drenážní. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[47] ČSN EN 13108-6 ed. 2 (736140): Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 6: Litý asfalt. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[49] ČSN EN 13108-2 ed. 2 (736140): Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 2: Asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy (BBTM). 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[50] TP 238: Nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS). Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2012.

[56] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací: Kapitola 7 Hutněné asfaltové vrstvy. Praha: PRAGOPROJEKT, 2008.

[58] ČSN EN 13108-8 ed. 2 (736140): Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 8: R-materiál. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[59] ČSN 73 6141 (736141): Požadavky na použití R-materiálu do asfaltových směsí. 1. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

[61] ČSN EN ISO 9229 (727000): Tepelné izolace - Terminologie. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

[68] TP 209: Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek na místě za horka. NIEVELT-Labor Praha, spol. s r.o, 2009.

[71] TP 87: Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek. Vysoké učení technické v Brně, fakulta stavební, 2010.

[80] ČSN EN 60300-3-3 ed. 2 (010690): Management spolehlivosti - Část 3-3: Pokyn k použití - Stanovení nákladů životního cyklu. 2. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

Obrázek z webu

[20] Zamezení tvorby vyjetých kolejí. Geomat.cz [online]. GEOMAT [cit. 2021-10-04]. Dostupné z:

https://www.geomat.cz/fileadmin/user_upload/142_slide_01_vyjete-koleje.jpg

[43] VALENTIN, Jan, Michal VARAUS a Petr HÝZL. Směsi SMA pro ložní vrstvy, asfaltové směsi pro železniční stavby, nízkoteplotní asfaltové směsi, nízkohlučné asfaltové směsi. [online]. Sdružení pro výstavbu silnic, Sdruzeni-silnice.cz [cit. 2021-11-07]. Dostupné z:

<https://www.sdruzeni-silnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReGyQDMWpyadl6ia%2FoBF>

[C6t6rg7fDazg4R838cacgdLozMmw%2Fh2IVk5uzdl9wG3kiGfyuytR8PffkHj3BiixiRAHQoT MIDxntR4j7RHInLY0ROJ7ovjrn9x6ZkupSbvPkwA6v2UEI4C1v3JyqwYlhZWhXCVMZ0%2BUV09MSqehHTZTQVl3q3%2FcNgQZEo%2BdaXJ47EOaTuwwARbqn741rSZupiGOul3EPWc cnP%2BnWie4Uw%2BRBPwnsp6GM3KRU7igR9Y4OHznoAjlmitkA00YyEE2RgKfk7Ny5jG MXPhmfu2xaHlAn3VhRSwCQq9exv5uy1VV54pRaA3aMlbQhEFdElHHnX6tloOdO%2F4fZ2 fOYTLbb2YPKmy7uErFvCKCgGaxF0tSvc6FBz5%2BwQqpOGzLIwSJKCn3bHl46chESJ5R5m h%2B7%2FCOZRK8uO9080ivLdlUDblhhN1AT9wXAs5brWsf55TRENdVu6u3j9BuQfF3Nc5 q0kQlKtnnhcDhMEzA6wC%2Fhw%3D%3D&tname=SiteContent.aspx](https://www.edb.cz/grmat/nabidky/116537x1.jpg)

[65] Bourání a likvidace asfaltu Praha. Edb.cz [online]. Silnice Málek [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <https://www.edb.cz/grmat/nabidky/116537x1.jpg>

[83] JANEČEK, Jan. LCA (analýza životního cyklu) a EPD (environmentální prohlášení o produktu). Atelier-dek.cz [online]. Atelier-DEK, 2014, 2014 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/clanky/0061-lca/01-cradle-to-grave.png

Webová stránka

[1] Ministerstvo dopravy: Silniční doprava. Mdcz.cz [online]. 2021 [cit. 2021-09-27]. Dostupné z: <https://www.mdcz.cz/Ministerstvo/Podrizene-organizace/Silnicni-doprava>

[3] Zákon č. 134/2016 Sb.: Zákon o zadávání veřejných zakázek. Zakonyprolidi.cz: cs [online]. 2021, 01. 06.2021 [cit. 2021-09-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-134/zneni-20210601>

[4] DÁLNIČE D4 PROJEKT PPP. Pppd4.cz [online]. Ministerstvo dopravy, Státní fond dopravní infrastruktury, Ředitelství silnic a dálnice ČR [cit. 2021-09-28]. Dostupné z: <https://www.pppd4.cz/cs>

[5] MALÝ, Petr a Tomáš KALENSKÝ. Druhy smluvních podmínek FIDIC [online]. 21. 09. 2018 [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <https://www.epravo.cz/top/clanky/druhy-smluvnich-podminek-fidic-108136.html>

[6] DASHÖFER, Verlag. Dodavatelské systémy. Stavebniklub.cz [online]. 2010, 13. 05. 2010 [cit. 2021-09-07]. Dostupné z: <https://www.stavebniklub.cz/-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jvUh4ErkL3Pej1VW9VHtrOiCTLrLHkTD7kUB9qw/>

[11] Libeňský most čeká rekonstrukce, město vypíše veřejnou zakázku. Praha7.cz [online]. Praha, 2020, 24. 09. 2020 [cit. 2021-09-29]. Dostupné z: <https://www.praha7.cz/libensky-most-ceka-rekonstrukce-mesto-vypise-verejnou-zakazku/>

[12] KOLOVRATNIK, Martin. ŘSD zahájilo výběrové řízení na zhotovitele severovýchodního obchvatu Pardubic. Martinkolovratnik.cz [online]. 2021, 11. 01. 2021 [cit. 2021-09-29]. Dostupné z: <https://www.martinkolovratnik.cz/blog/rsd-zahajilo-vyberove-rizeni-na-zhotovitele-severovychodniho-obchvatu-pardubic>

[13] Mapová aplikace. Rsd.cz [online]. Ředitelství silnic a dálnic ČR, © 2021 [cit. 2020-09-29]. Dostupné z: https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/271/infoletak_s36-pardubice-trnova-dubina.pdf

[15] P3 Components - DBFOM. Pppcouncil.ca [online]. ©2005-2016 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: https://www.pppcouncil.ca/web/Knowledge_Centre/What_are_P3s_/P3_Components/web/P3_Knowledge_Centre/About_P3s/P3_Components.aspx?hkey=6c68fadf-7f49-4034-9a65-88fd22195f4f

[19] DOUCHA, Pavel. Stanovení ceny ve smlouvách o dílo: Nejdůležitější změny týkající se stanovení ceny/úplaty, které přinesl NOZ - díl II. Tzb-info.cz [online]. 2014, 14. 07. 2014 [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/11482-stanoveni-ceny-ve-smlouvach-o-dilo>

[21] P., Nick. What are the Advantages of the Design-Bid-Build Delivery Method? Designeverest.com [online]. 2020, 20. 03. 2020 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://designeverest.com/lounge/article/what-are-the-advantages-of-the-design-bid-build-delivery-method>

[22] OTWELL, Brent. Design-Build VS. Design-Bid-Build: What You Need to Know. Asd-usa.com [online]. 2021, 09. 02. 2021 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.asd-usa.com/blog/design-build-vs-design-bid-build/#t-1611854048818>

[23] 10 Advantages of Design-Build Over Traditional Construction. Procrewschedule.com: Construction Technology [online]. 2020, 29. 01. 2020 [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.procrewschedule.com/10-advantages-of-design-build-over-traditional-construction/>

[30] Význam ŽIVICE. Vyznam-slova.com [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.vyznam-slova.com/ŽIVICE>

[35] LIPTÁKOVÁ, Ludmila a PUČOVÁ Jana. Ropa. Webchemie.cz [online]. 2020, 07. 09. 2020 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.webchemie.cz/materialy/dvm/detail/13>

[36] FRAKTOGRAFIE: Nauka o lomech. Web2.mendelu.cz [online]. [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3605&typ=html

[40] BURÁŇ, František a URBÁNEK Mojmír. Pokročilé asfaltové ložní vrstvy. Silnice-mosty.cz [online]. Silnice mosty. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.silnice-mosty.cz/844-pokrocile-asfaltove-lozni-vrstvy/>

[48] KAMENIVO. Geologie.vsb.cz [online]. [cit. 2021-10-17]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/kamenivo.html>

[53] WHAT IS ASPHALT PLANT: Mobile Asphalt Plant. Lyroad.com [online]. [cit. 2021-10-20]. Dostupné z:

<https://www.lyroad.com/what-is-asphalt-plant.html#3>

[60] KUNCL, Václav. Jak nakládat s asfaltovými směsmi aneb Kdy je asfalt vedlejším produktem a kdy odpadem? Prumyslovaekologie.cz [online]. 2019, 09. 09. 2019 [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/jak-nakladat-s-asfaltovymi-smesmi-aneb-kdy-je-asfalt-vedlejsim-produktem-a-kdy-odpadem->

[63] HAVEL, Milan a Petr VÁLEK. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs). Arnika.org [online]. 2010, 14. 12. 2010 [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <https://arnika.org/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>

[64] Frézování vozovek. Frekomos.cz [online]. [cit. 2021-10-07]. Dostupné z: <http://www.frekomos.cz/frezovani-vozovek/>

[77] Diskontování. Dotaceu.cz [online]. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://dotaceu.cz/cs/ostatni/dulezite/slovník-pojmu/d/diskontovani>

[81] BERÁNKOVÁ, Eva. Životní cyklus staveb. Tzb-info.cz [online]. 2013, 12. 08. 2013 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb>

[88] SAJDL, PH.D., Ing. Jan. Výpočet emisí CO₂: Množství oxidu uhličitého, které vozidlo vypouští do ovzduší je přímo úměrné množství paliva, které při tom spotřebuje a obsahu uhlíku v daném druhu paliva. Autolexicon.net [online]. 2019, 19. 12. 2019 [cit. 2021-12-08]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/vypocet-emisi-co2/>

Video

[52] Vojtěch Marek, 2017, Obalovna Ostrava s.r.o. – jak se vyrábí asfaltová směs?, YouTube video. [2021-10-19]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=879BtB8JO3Q&t=64s>

[70] SAT, 2018, Recyklace za horka na místě - II/328 Ovčáry - D11 remix, YouTube video. [2021-10-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=EgfmYNhrnjU>

[73] Politika vlády České republiky v oblasti Partnerství veřejného a soukromého sektoru. Mfcr.cz [online]. 2004, 31. 12. 2004 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/verejny-sektor/podpora-z-narodnich-zdroju/partnerstvi-verejneho-a-soukromeho-sekto/zakladni-informace>

Jiný dokument

[7] Zadávací dokumentace: Veřejná zakázka „D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží“. 25. 09. 2020. 2020.

[10] Zadávací dokumentace: Veřejná zakázka „I/36 Pardubice, Trnová - Fáblovka - Dubina“. 14. 01. 2021. 2021.

[16] Finanční závazky státu obsažené v koncesionářské smlouvě na „Projektování, výstavbu, financování, provozování a údržbu dálnice D4 v úseku Háje – Mirostice a provozování a údržbu existujících přiléhajících úseků Skalka – Háje a Mirostice – Krašovice, projekt PPP“. 2020.

Akademická práce

[67] SUBIA, Luis Carlos Acuna. Vlastnosti asfaltových směsí typu SMA s R-materiálem. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Michal Varaus.

[87] BAKOS, Dominik. Charakteristika dopravních PPP projektů a využití nástroje analýzy nákladů životního cyklu. Praha, 2020. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze.

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Investiční náklady z výsledků bakalářské práce [87] | 12 |
| Obrázek 2: Hodnotící kritéria D3 0311 Třebonín – Kaplice nádraží [7] | 19 |
| Obrázek 3: Schéma postupu zadání metodou Design & Build [9] | 20 |
| Obrázek 4: Hodnotící kritéria u stavby I/36 Pardubice, Trnová-Fáblovka – Dubina [10]. | 21 |
| Obrázek 5: Vizualizace podoby Libeňského mostu [11] | 23 |
| Obrázek 6: Situační obrázek I/36 Pardubice, Trnová - Fáblovka - Dubina [13] | 23 |
| Obrázek 7: DBFOM model (vlastní obrázek) | 24 |
| Obrázek 8: Dvouhmotový referenční odezvoový systém – čtvrtina vozidla [17] | 26 |
| Obrázek 9: Ukázka vyjetých kolejí (trvalé deformace) na pozemní komunikaci [20] | 27 |
| Obrázek 10: Schéma frakční destilace ropy [35] | 36 |
| Obrázek 11: Terminologie uhlovodíkových pojiv [33] | 37 |
| Obrázek 12: Porovnání vlastností modifikovaného a oxidovaného asfaltu [31] | 38 |
| Obrázek 13: Penetrace [34] | 39 |
| Obrázek 14: Bod měknutí – kroužek a kulička [34] | 39 |
| Obrázek 15: Bod lámavosti [34] | 39 |
| Obrázek 16: Vyhodnocení zkoušky přilnavosti asfaltového pojiva ke kamenivu [37] | 41 |
| Obrázek 17: Asfalt – visko-elastický materiál [34] | 41 |
| Obrázek 18: Schéma konstrukce vozovky [39] | 43 |
| Obrázek 19: Příklad označení asfaltového betonu (vlastní úprava) [29, 44] | 44 |
| Obrázek 20: Jádrový odvrt SMA a AC [43] | 45 |
| Obrázek 21: Označení asfaltového koberce mastixového (vlastní úprava) [29, 44] | 45 |
| Obrázek 22: Ukázka drenážního koberce (PA) [29] | 46 |
| Obrázek 23: Ukázka pokládky litého asfaltu (vlastní foto) | 47 |
| Obrázek 24: Značení směsi BBTM (vlastní úprava) [44] | 48 |
| Obrázek 25: Položená první vrstva VMT v předpolí mostu na dálnici (vlastní foto) | 49 |
| Obrázek 26: Šaržová obalovna (vlastní překlad) [51, 52] | 50 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 27: Dávkovací věž (vlastní překlad) [51, 52] | 51 |
| Obrázek 28: Příklad mobilní obalovny [53] | 52 |
| Obrázek 29: Pokládka hutněné asfaltové směsi (vlastní foto)..... | 53 |
| Obrázek 30: Strojní sestava pro pokládku asfaltové směsi [29] | 54 |
| Obrázek 31: Požadavky na míru zhutnění v kritických místech [56] | 55 |
| Obrázek 32: Použití R-materiálu do asfaltových směsí [59] | 56 |
| Obrázek 33: Opětné využití asfaltové směsi (vlastní úprava) [62] | 57 |
| Obrázek 34: Třídění ZAS do skupin dle hodnoty sumy 16 PAU [62]..... | 58 |
| Obrázek 35: Silniční asfaltová fréza (vlastní foto)..... | 58 |
| Obrázek 36: Buben silniční asfaltové frézy (vlastní foto)..... | 58 |
| Obrázek 37: Demolice asfaltové vozovky pomocí bouracího kladiva [65] | 59 |
| Obrázek 38: Dávkování přímo do míchačky šaržové obalovny („studená cesta“) [51, 52] | 60 |
| Obrázek 39: Předehřívání R-materiálu v paralelním bubnu šaržové obalovny [66] | 61 |
| Obrázek 40: Metoda Drum-mix [66] | 61 |
| Obrázek 41: Strojní zařízení pro metodu Remix Plus [69] | 62 |
| Obrázek 42: Recyklace za horka na místě – metoda Remix [69]..... | 62 |
| Obrázek 43: Recyklace za horka na místě – metoda Remix Plus [69] | 63 |
| Obrázek 44: Schématické znázornění vrstev, poruch a jejich údržby a opravy [18]..... | 64 |
| Obrázek 45: Zatřídění poruch postihujících povrch až celou konstrukci vozovky [18] | 65 |
| Obrázek 46: Šíření poruch do plochy vozovky od ojedinělých poruch až k celoplošným poruchám [18] | 65 |
| Obrázek 47: Obvyklý způsob odstraňování poruch [18]..... | 66 |
| Obrázek 48: Ztráta protismykových vlastností povrchu [18]..... | 66 |
| Obrázek 49: Znázornění vzniku a vývoje trhlin [18]..... | 67 |
| Obrázek 50: Síťové trhliny - perokresba [18]..... | 67 |
| Obrázek 51: Vyjeté koleje – trvalá deformace [18] | 68 |
| Obrázek 52: Nepravidelné hrboly [18] | 68 |
| Obrázek 53: Postup plánování a návrh údržby a opravy dle TP 87 [71]..... | 69 |
| Obrázek 54: Hodnocení protismykových vlastností a textury [71] | 70 |
| Obrázek 55: Požadovaná klasifikace hodnocení protismykových vlastností a textury [71] | 71 |
| Obrázek 56: Hodnocení podélné a příčné nerovnosti [71] | 71 |
| Obrázek 57: Požadovaná klasifikace podélných nerovností [71] | 71 |
| Obrázek 58: Klasifikace zatřídění rozsahu skupin poruch v závislosti na návrhové úrovni porušení [71] | 72 |
| Obrázek 59: Orientační doba životnosti údržby obrusných vrstev v závislosti na dopravním zatížení [18]..... | 73 |
| Obrázek 60: Přehled poruch a technologií běžné údržby [71] | 74 |
| Obrázek 61: Přehled poruch a technologií údržby [71] | 74 |
| Obrázek 62: Vyhodnocení VfM (vlastní úprava) [72]..... | 76 |
| Obrázek 63: Posuzování VfM [74] | 77 |
| Obrázek 64: Tvorba PSC [72]..... | 80 |
| Obrázek 65: Porovnání stínové nabídky PPP a PSC [75] | 81 |
| Obrázek 66: Diskontování PSC a PPP [76] | 82 |
| Obrázek 67: Platby u měřeného kontraktu [78] | 83 |
| Obrázek 68: Platby u PPP projektů [78] | 83 |

| | |
|--|-----|
| Obrázek 69: Metoda plateb za užívání [78] | 84 |
| Obrázek 70: Metoda uživatelských plateb [78] | 84 |
| Obrázek 71: Metoda platby za dostupnost [78] | 85 |
| Obrázek 72: Typická analýza v celém životním cyklu [80] | 88 |
| Obrázek 73: Procesy a toky životního cyklu výrobku [83] | 90 |
| Obrázek 74: Životní cyklus pozemní komunikace [86] | 91 |
| Obrázek 75: Kroky a procesy LCCA (vlastní úprava) [86] | 93 |
| Obrázek 76: Model předpovědi výkonu vozovky v závislosti na výdajích v čase (vlastní úprava) [86] | 94 |
| Obrázek 77: Četnost použitých ekonomických ukazatelů na projektech (n = 47) (vlastní úprava) [86] | 95 |
| Obrázek 78: Frekvence nákladových složek používaných u případových studií (n=45) (vlastní úprava) [86] | 97 |
| Obrázek 79: Pracovní zóna – normální dopravní proud (vlastní překlad) [84; 87] | 98 |
| Obrázek 80: Pracovní zóna – vnucený dopravní proud (vlastní překlad) [84; 87] | 98 |
| Obrázek 81: Schéma řešeného úseku (1/4) | 104 |
| Obrázek 82: Schéma řešeného úseku (2/4) | 105 |
| Obrázek 83: Schéma řešeného úseku (3/4) | 106 |
| Obrázek 84: Schéma řešeného úseku (4/4) | 107 |
| Obrázek 85: Bilance zemin u varianty SO 101.1 | 118 |
| Obrázek 86: Bilance zemin u variant SO 101.2 a SO 101.3 | 122 |
| Obrázek 87: Dopravní trasa z kamenolomu na obalovnu | 124 |
| Obrázek 88: Dopravní trasa z lomu na obalovnu | 124 |
| Obrázek 89: Dopravní trasa z recyklačního centra na obalovnu | 125 |
| Obrázek 90: Frézování asfaltových ploch na projektu | 129 |
| Obrázek 91: Porovnání frézování SO 101.3 a SO 101.3P | 130 |
| Obrázek 92: Sledované čety v investiční fázi (1/2) | 139 |
| Obrázek 93: Sledované čety v investiční fázi (2/2) | 140 |
| Obrázek 94: Postup využití vyfrézovaného materiálu na pozemní komunikaci | 144 |
| Obrázek 95: Sledované čety v provozní fázi dle variant | 150 |
| Obrázek 96: Sledovaný materiál v provozní fázi dle variant | 150 |
| Obrázek 97: Vzájemné porovnání variant LCC | 158 |
| Obrázek 98: Náklady porovnání varianty SO 101.2 a SO 101.3 vstupující do analýzy LCCA | 163 |
| Obrázek 99: Dopravní trasa ze stavby na recyklační centrum | 164 |
| Obrázek 100: Dopravní trasa ze stavby na obalovnu | 164 |

Seznam tabulek

| | |
|---|-----|
| Tabulka 1: Účastníci dostavby PPP D4 Háje - Krašovice (vlastní úprava) | 17 |
| Tabulka 2: Možné označení asfaltového betonu (vlastní úprava) [29] | 44 |
| Tabulka 3: Výhody a nevýhody ekonomických indikátorů (vlastní úprava) [86] | 95 |
| Tabulka 4: Základní data o řešené projektu | 101 |
| Tabulka 5: Staničení vozovky D3 0311 | 102 |
| Tabulka 6: Výpočet délky vozovky a mostních objektů | 103 |
| Tabulka 7: Minimální technické požadavky pro návrh a realizaci (vlastní úprava) [87]. | 109 |

| | |
|--|-----|
| Tabulka 8: Minimální technické požadavky pro provoz [87] | 110 |
| Tabulka 9: Minimální technické požadavky při předání stavby zpět veřejnému sektoru [87]..... | 111 |
| Tabulka 10: SO 101.1 - Skladba vozovky od projektanta | 114 |
| Tabulka 11: SO 101.2 - Optimalizovaná asfaltová vozovka | 115 |
| Tabulka 12: SO 101.3 - Optimalizovaná asfaltová vozovka s využitím R-materiálu | 115 |
| Tabulka 13: Porovnání soupisu prací (SO 101.1) a kubaturového listu..... | 117 |
| Tabulka 14: Celková délka násypu a výkopu | 119 |
| Tabulka 15: Plocha změn zemních prací dle vzorových řezů | 119 |
| Tabulka 16: Rozdíl zemních prací mezi původní (SO 101.1) a optimalizovanými variantami (SO 101.2 a SO 101.3) | 119 |
| Tabulka 17: Porovnání investičních nákladů..... | 126 |
| Tabulka 18: Porovnání variant dle stavebních dílů | 127 |
| Tabulka 19: Import dat do TILOS do oddílu B – varianta SO 101.1 | 132 |
| Tabulka 20: Část importu do TILOS - podélný profil | 136 |
| Tabulka 21: Staničení svahových žebor na vzdálenostní ose - import do TILOSU | 136 |
| Tabulka 22: Sledované množství materiálu v investiční fázi..... | 137 |
| Tabulka 23: Porovnání variant provozních nákladů na projektu | 147 |
| Tabulka 24: Porovnání variant v provozní fázi dle stavebních dílů..... | 148 |
| Tabulka 25: Výše srážek za nedostupnost pozemní komunikace..... | 154 |
| Tabulka 26: Srážky za nedostupnost v provozní fázi dle variant | 154 |
| Tabulka 27: Investiční náklady vstupující do analýzy LCC..... | 155 |
| Tabulka 28: Porovnání variant celkových nákladů (LCC) | 156 |
| Tabulka 29: Porovnání vstupujících nákladů do LCC | 159 |
| Tabulka 30: Citlivostní analýza na nákladech LCC..... | 161 |
| Tabulka 31: Porovnání varianty SO 101.1 s diskontováním v realizační fázi..... | 162 |
| Tabulka 32: Výsledky zjednodušeného porovnávání (LCCA) | 165 |

Seznam grafů

| | |
|--|-----|
| Graf 1: Plán údržby pro varianty v provozní fázi..... | 143 |
| Graf 2: Zastoupení stavebních oddílů na celkové ceně | 149 |
| Graf 3: Procentuální rozložení nákladů vstupujících do analýzy LCC | 160 |