



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

NOVINKY V OBORU SILNIČNÍHO STAVITELSTVÍ

NEWS IN THE FIELD OF THE ROAD CONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Zelenka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. MICHAL VARAUS

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Lukáš Zelenka
Název	Novinky v oboru silničního stavitelství
Vedoucí práce	doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Materiály firmy Fliegl pro speciální návěšové soupravy
2. Podklady firmy RoadTec popisující zařízení Shuttle buggy
3. TKP kapitola 7 Hutněné asfaltové vrstvy
4. Informace z internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je seznámit se a popsat nová technologická zařízení pro pokládku asfaltových směsí, zjistit jejich přednosti, popř. nedostatky. Uvést doporučení pro potencionální uživatele těchto zařízení a zjistit ekonomickou náročnost jejich pořízení pro silniční stavební firmy.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Dr. Ing. Michal Varaus

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na nová technologická zařízení pro transport a pokládku asfaltových směsí. Konkrétně jde o termo nástavbu s vytlačovacím čelem a homogenizační zásobník asfaltové směsi. Jsou popsány výhody těchto strojů a jejich pozitivní vliv na kvalitu prováděných prací. Následně jsou popsány výzkumy, které to dokládají. V poslední kapitole jsou popsána doporučení pro zadavatele, aby ve výběrových řízeních požadovali užívání těchto technologií.

KLÍČOVÁ SLOVA

Asfaltová směs, asfaltová vrstva, homogenizace, segregace, teplotní segregace, technologie, finišer

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on new technological equipment for transport and paving of asphalt mixtures. Specifically, it is a thermo superstructure with an extrusion face and a homogenization tank of an asphalt mixture. The advantages of these machines and their positive influence on the quality of the work are described. Subsequently, the researches which confirm it are described. The last chapter describes recommendations for the contracting authority to require the use of these technologies in tenders.

KEYWORDS

The asphalt mixture, the asphalt layer, homogenization, segregation, thermal segregation, technology, the asphalt paver

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Lukáš Zelenka *Novinky v oboru silničního stavitelství*. Brno, 2019. 40 s., Bakalářská práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce
doc. Dr. Ing. Michal Varaus

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Novinky v oboru silničního stavitelství* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Lukáš Zelenka

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Novinky v oboru silničního stavitelství* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Lukáš Zelenka

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě chci poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Dr. Ing. Michalu Varausovi za odporné vedení, připomínky a vstřícný přístup. Dále chci poděkovat svým blízkým za podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

OBSAH

ÚVOD	9
1. VOZIDLA S TEPELNĚ IZOLOVANOU KORBOU A VOZIDLA S VYTLAČOVACÍM ČELEM	10
1.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	10
1.2 PROBLÉMY PŘI POUŽÍVÁNÍ BĚŽNÉ TECHNIKY	10
1.2.1 <i>Mechanická popřípadě granulometrická segregace asfaltové směsi</i>	10
1.2.2 <i>Teplotní poklesy, teplotní nehomogenita</i>	11
1.2.3 <i>Segregace pojiva a velké množství zbytků asfaltové směsi ve sklápěcích korbách</i>	13
1.3 UŽITÍ TECHNIKY S VYTLAČOVACÍM ČELEM	14
2. HOMOGENIZAČNÍ ZÁSOBNÍK ASFALTOVÉ SMĚSI.....	17
2.1 SHUTTLE BUGGY.....	17
2.2 MTV – 1100/1105	19
2.3 VÝZNAM UŽITÍ VOZŮ FIRMY ROADTEC	20
3. VÝSLEDKY VÝZKUMNÝCH PRACÍ.....	22
3.1 TEPLOTA ASFALTOVÉ SMĚSI OD OBALOVNY AŽ PO POLOŽENÍ.....	22
3.2 OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI POUŽITÍ IZOLACE KOREB VOZIDEL PRO PŘEVOZ ASFALTOVÝCH SMĚSÍ A HOMOGENIZÁTORU PŘI POLOŽENÍ ASFALTOVÉHO BETONU S 50-70 % R-MATERIÁLU.....	26
4. DOPORUČENÍ PRO POTENCIÁLNÍ UŽIVATELE	33
4.1 LEGISLATIVA.....	33
4.2 PRAKTICKÉ UŽITÍ A CENOVÁ DOSTUPNOST	34
ZÁVĚR.....	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	38
SEZNAM TABULEK	39
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	40

ÚVOD

Silniční síť v České republice je poměrně hustá a z tohoto hlediska patří k předním zemím Evropy. Na našem území se nacházelo k 1. 1. 2016 téměř 55 738 km silnic a dálnic. Horší je to se sítí dálniční, jejíž délka je zhruba 1245 km. Největší nárůst nastal po legislativních změnách v roce 2016, kdy bylo přibližně 434 km rychlostních silnic přeznačeno na dálnice II. třídy. Hustota dálniční sítě je zhruba 15,8 km/1000 km², přičemž hustota dálničních sítí v zemích starého kontinentu se pohybuje od 20 km/1000 km² výše, například v Německu je hustota přes 36 km/1000km². Většinu z celkové kilometráže našich silnic tvoří silnice II. (14 587 km) a III. (34 130 km) třídy. [10]

Z hlediska druhu krytu vozovky dělíme vozovky na tuhé, netuhé a polotuhé, nejčastěji užívaným typem krytu vozovek v ČR jsou vozovky netuhé. Vozovky tuhé se ve formě cementobetonového krytu používají zejména na dálnicích, přičemž tento kryt není použit ani na všech kilometrech dálnic. Vzhledem k celkové délce všech komunikací je tedy jejich zastoupení mizivé, což potvrzuje, že drtivá většina vozovek je tvořena krytem netuhým – asfaltovými vrstvami.

Asfaltová směs je směsí asfaltového pojiva, kameniva, případně dalších příměsí. Kostru směsi tvoří kamenivo, jehož zrna se do sebe zaklíňují a asfaltové pojivo tato zrna spojuje. Pro správný návrh složení a druhu asfaltové směsi je důležité vzít v potaz dopravní zatížení komunikace, návrhovou úroveň porušení a charakteristiku klimatu. [11]

Výroba asfaltových směsí probíhá v obalovnách. Rozlišujeme obalovny kontinuální a šaržové, ve kterých je možno měnit receptury. Dále je směs transportována na místo stavby, kde se finišery provádí pokládka směsi. Nejčastěji jsou užívány finišery s pásovým nebo kolovým podvozkem. Následně je směs hutněna použitím hutnících válců.

1. Vozidla s tepelně izolovanou korbou a vozidla s vytlačovacím čelem

1.1 Úvod do problematiky

Jednou z nejzávažnějších příčin vzniku poruch na asfaltových vozovkách je použití nevhodné asfaltové směsi pro dané dopravní zatížení. Chybné postupy při návrhu, výrobě, dopravě a pokládce asfaltových směsí i chybně stanovené požadavky v zadávacích řízeních pak často vedou k tomu, že nezdar na stavbě se okamžitě připisuje technologii asfaltových směsí. Avšak asfaltové směsi jsou stavebním materiálem, který je proti nejrůznějším negativním vlivům daleko odolnější než materiály jiné. U asfaltových směsí vznikají závady zejména při výrobě na obalovnách, dopravě na stavbu a při samotné pokládce. Pokud se však tyto procesy provádí správně, jakost asfaltových vozovek se výrazně zvyšuje. [5]

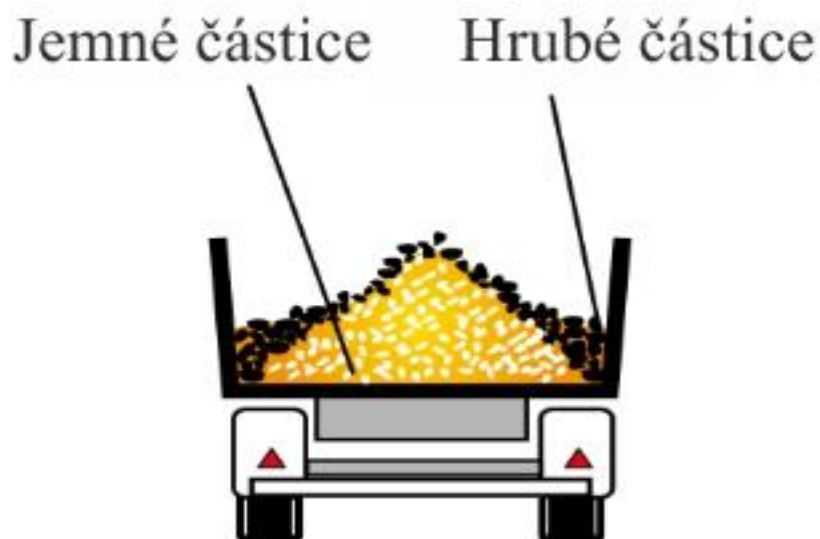
Během dopravy je třeba asfaltovou směs chránit zejména před vlhkostí, znečištěním a ochlazením. Nejjednodušším způsobem, jak asfaltovou směs takto ochránit, je zakrýt ji plachtami, avšak tento způsob není dostačující. Správný způsob dopravy chrání asfaltové směsi před faktory, které mohou negativně ovlivnit jejich jakost. V průběhu dopravy na stavbu může dojít ke snížení teploty asfaltových směsí, ke ztrátě strukturální homogenity směsi, vystavení asfaltových směsí účinkům kyslíku, tvrdnutí asfaltu. [5]

Použitím vozidel s tepelně izolovanou korbou a vytlačovacím čelem se výše zmíněné problémy eliminují a výrazně se tak zvyšuje jak kvalita prováděných prací, tak i životnost asfaltových vrstev.

1.2 Problémy při používání běžné techniky

1.2.1 Mechanická popřípadě granulometrická segregace asfaltové směsi

Struktura kameniva by měla být v násypce finišeru homogenní. Během přepravy však dochází k propadu jemnějších zrn a tím pádem ke ztrátě strukturální homogenity. Při následném vyklápění asfaltové směsi do finišeru se jako první sypou zrna hrubší. Na vozovce poté vznikají oblasti s absencí jemných zrn. Na těchto místech lze očekávat rychlejší poškození obrusné vrstvy. Může docházet k vyšší mezerovitosti, k vydrolování směsi nebo k dřívějšímu poškození mrazem.



Obr. 1.1: Schéma korby [1]



Obr. 1.2: Hrubozrnné kamenivo [1]

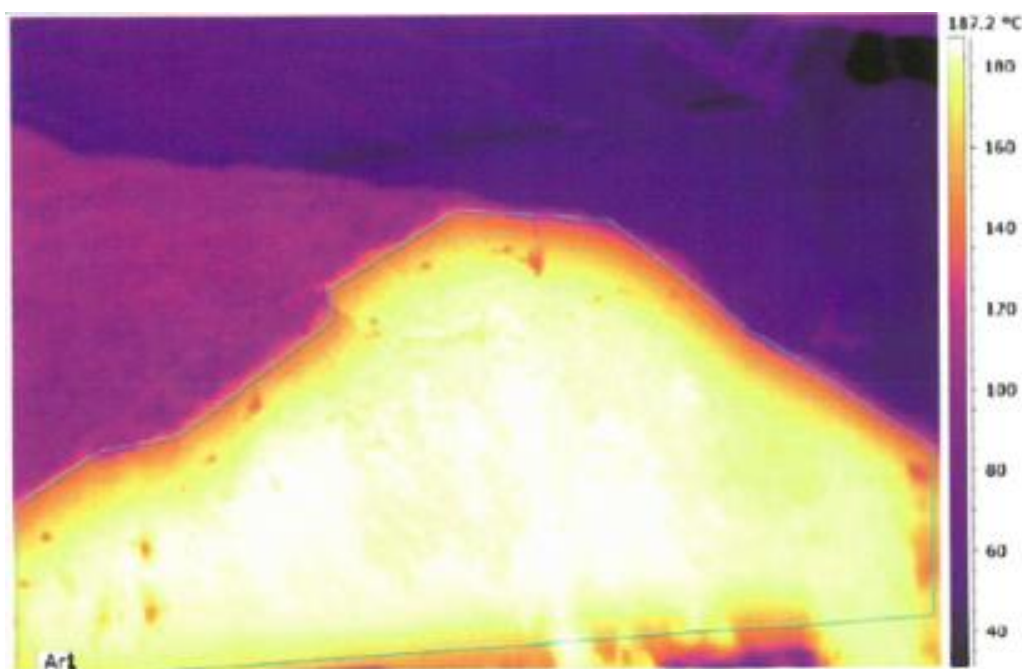
1.2.2 Teplotní poklesy, teplotní nehomogenita

Pro kvalitní provádění asfaltových vrstev je důležitá konstantní teplota směsi. Během přepravy na stavbu se musí udržet dostatečná teplota směsi, aby směs byla zhutnitelná a zpracovatelná. Teplota směsi při pokládce závisí na druhu pojiva a tloušťce pokládané vrstvy, průměrná teplota směsi je cca 165 °C. [4]

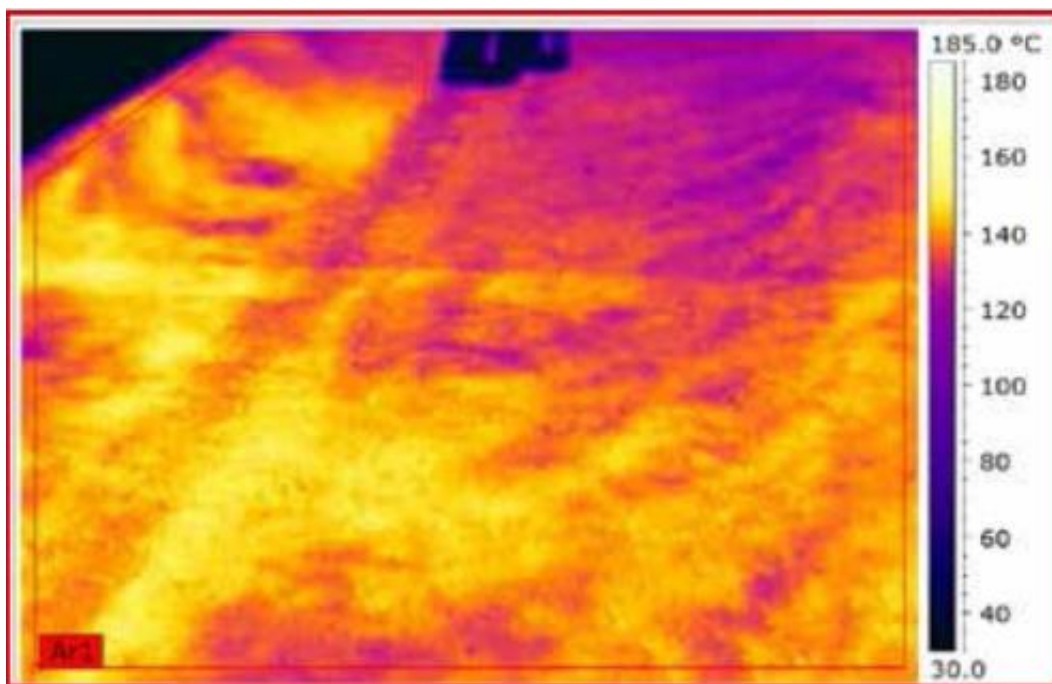
Asfaltovou směs lze dopravovat až z 50 km vzdálené obalovny. Při teplotě vzduchu 15 °C a nižší nesmí doba dopravy delší než hodina a v ostatních případech 1,5 hodiny, a to včetně ztrátových časů, které mohou nastat například v zácpě. [3]. Tato doba lze prodloužit na 2 hodiny v případě, že se použijí homogenizátory. Celková doba od výroby až do pokládky nesmí

překročit 3,5 hodiny. [3] Nejdůležitější však je, aby směs měla dostatečně vysokou teplotu v době pokládky. Pokud však v praxi nastává problém, že místo pokládky je od obalovny vzdáleno příliš a hrozilo by, že směs nebude mít požadovanou teplotu, často se řeší předehtříváním asfaltové směsi na vysoké teploty už v místě obalovny. Příliš vysoké teploty však mohou vést k degradaci pojiva a mít tak značný význam na kvalitu asfaltové vrstvy.

Dalším významným problémem je teplotní segregace převážené směsi. Na Obr. 1.3 vidíme snímek z termokamery, z něj je patrné, že na okrajích převážené směsi je vrstva, jejíž teplota je výrazně nižší. Tato vrstva je totiž během přepravy v kontaktu se vzduchem, případně se stěnami a dnem návěsu, což vede k rychlému snižování její teploty. Během vykládky do finišeru poté dochází k oddělení této chladnější vrstvy. Na Obr. 1.4 je snímek z termokamery po pokládce za užití standardního sklápěče a jsou zřejmá místa s nižší teplotou a nižší mírou zhutnění, tato místa mohou být v budoucnu zdrojem poruch.



Obr. 1.3: Termosnímek korby [1]



Obr. 1.4: Termosnímek povrchu po pokládce [2]

1.2.3 Segregace pojiva a velké množství zbytků asfaltové směsi ve sklápěcích korbách

Bylo zjištěno, že během pokládky dochází k vyšší koncentraci asfaltového pojiva na povrchu položené vrstvy, přestože pokládka byla plynulá a teplota směsi neustále kontrolována. [1]

Tato situace nastává, protože asfaltové pojivo s podíly jemných částic stéká při přepravě, nestéká však po pokládce asfaltové směsi. Tato skutečnost vede k tomu, že nedochází k úplnému vyprázdnění návěsu. Na Obr. 1.5 lze vidět, že poslední část nákladu a usazeniny na dně korby mají přebytek asfaltového pojiva. Tento přebytek se poté projevuje na povrchu pokládané vrstvy. [1]



Obr. 1.5: Zbytky směsi na korbě [1]

Zejména modifikované asfalty upraveny přísadou polymeru jsou náchylné k tomu, že velké množství asfaltové směsi zůstává po vykládce na dně sklápěcích koreb. Velké množství zbytků, které je bez užitku likvidováno vede k finančním ztrátám. Následné čištění korby je časově náročné, může tak být narušen plánovaný časový harmonogram, což může vést až k tomu, že je dodávka přerušena a finišer je nucen zastavit. Proto musí být dno a stěny korby před dopravou směsi ošetřeny separačním prostředkem. Za nevhodné prostředky jsou považovány deriváty ropy (nafta, benzín, petrolej), jejichž užití vede k degradaci asfaltového pojiva. Nejvhodnější prostředky na ošetření jsou prostředky na bázi mýdel nebo silikonových olejů [1] [5]



Obr. 1.6: Odstraňování zbytků z korby [1]

1.3 Užití techniky s vytlačovacím čelem

Tato kapitola se zaměřuje na to, jak technologie termo nástavby s vytlačovacím čelem řeší výše zmíněné problémy. Navíc jsou vyzdvíženy další výhody této technologie, která v České republice zatím není příliš rozšířená. Jedná se o technologii, kdy místo konvenční metody sklápění, je v korbě za pomoci hydraulického pístu vytlačováno čelo. Obdobná technologie, je běžně užívána v zemědělství.

Nejvýraznější předností této technologie v porovnání s konvenčním řešením pomocí sklápěčů je trvalé promíchávání směsi po celý čas vykládky asfaltové směsi. Chladnější vrstvy materiálu jsou promíchávány se směsí horkou (Obr. 1.7). Tento fakt vede k lepší tepelné i strukturální homogenitě asfaltové směsi. [1] Promíchány jsou i vrstvy s vyšším obsahem pojiva, které steklo během přepravy.



Obr. 1.7: Termo nástavba s vytlačovacím čelem [2]

Pomocí vytlačovacího čela lze přesně dávkovat směs do finišeru, čímž je zamezeno jeho přesypávání a následnému vypadávání materiálu před finišer. Na Obr. 1.8 můžeme vidět, že dochází k úplnému vyprázdnění korby, a to i bez použití separačního prostředku. Je tak šetřen materiál a čas, který je k čištění nutný.



Obr. 1.8: Technologie vytlačování – úplné vyprázdnění korby [1]

Vozidla jsou vybavena speciálním brzdovým systémem, který zabráňuje tomu, aby auta brzdila finišer nebo naopak od něj odjížděla. Během celého procesu vyprazdňování nástavby je tak umožněno plynule pokládat asfaltovou směs. Finišery nemusí zastavovat, což je vítáno, přerušení pokládky má totiž vliv na průběh nivelety. [2]

V neposlední řadě je nespornou výhodou extrémně nízká vykládací výška. Tato přednost je zřejmá především na místech kde vykládce překáží stromořadí či elektrické vedení.

Bezproblémová pokládka probíhá i v místech tunelů nebo pokud komunikace vede pod mostním objektem.

Užití nástavby s vytlačovacím čelem je ideální pro pokládku asfaltové směsi v intravilánu, kde je mnoho překážek. Část korby lze vyložit před překážkou, poté vykládku přerušit a pokračovat opět po vykládce. Z důvodu regulace dávkování lze snadno plnit i chodníkové finišery či kolečka v případě ruční pokládky. [1]



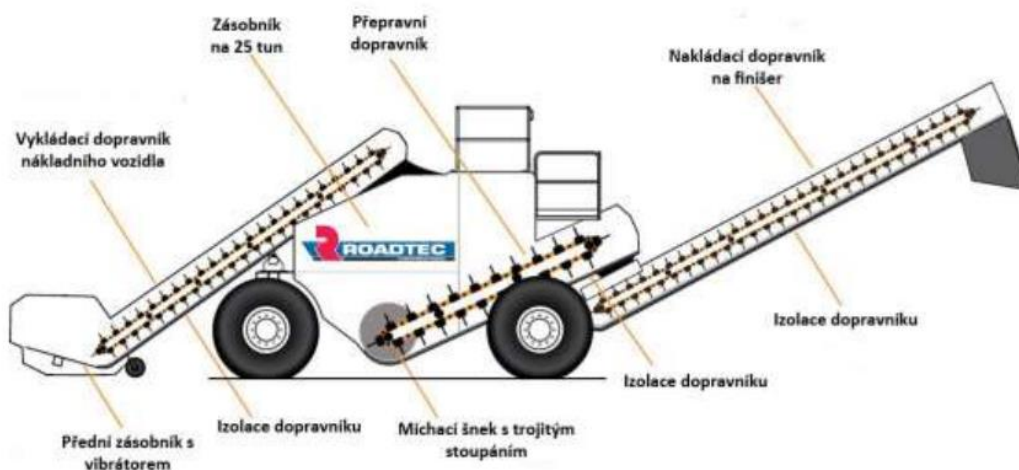
Obr. 1.9 Ruční pokládka s dávkovačem [1]

2. Homogenizační zásobník asfaltové směsi

Další technologie, která se užívá při homogenizaci směsi, je mobilní zásobník asfaltové směsi. Tento stroj se poprvé objevil v roce 1989, kdy americká firma Roadtec přivedla na trh první MTV (materiál transfer vehicle) vozidlo Shuttle Buggy. Touto technologií se výrazně zvedla kvalita pokládaných asfaltových vrstev. Firma Roadtec vyrábí 2 druhy těchto homogenizačních strojů. Prvním typem jsou vozy Shuttle Buggy (SB – 1500 a SB – 2500), druhou skupinu potom představují vozy MTV (MTV – 1100 a MTV – 1105).[7]

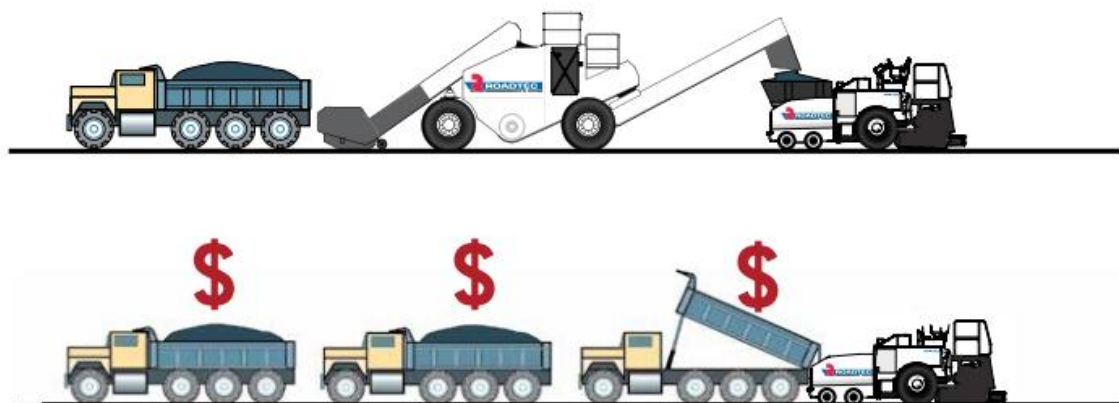
2.1 Shuttle Buggy

Vozidlo Shuttle Buggy v procesu pokládky zaujímá místo mezi nákladním automobilem přivážejícím směs a finišerem. Uvnitř stroje se asfaltová směs znovu promíchá a tím dochází jak k teplotní, tak k materiálové homogenizaci směsi. Dále stroj umožňuje konstantní a nepřetržitou dodávku směsi do finišeru, čímž je dosaženo plynulého průběhu pokládky asfaltové vrstvy. Do zásobníku stroje je možno nasypat až 25 tun materiálu. Vykládací kapacita kamionu do homogenizátoru je 1000 tun za hodinu a nakládací kapacitu do finišeru je 600 tun za hodinu. [7]



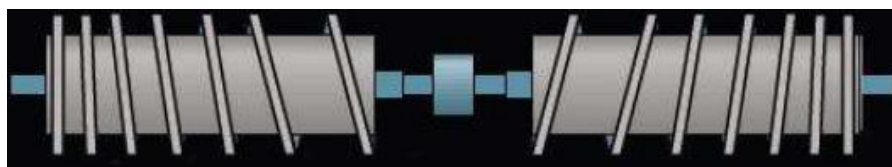
Obr. 2.1: Shuttle Buggy [7]

Shuttle Buggy se vyrábí ve dvou variantách, typ SB – 1500 je menší s kapacitou zásobníku 15 tun, modernější a větší typ SB – 2500 disponuje 25tunovou kapacitou zásobníku. Díky značné kapacitě zásobníku je šetřen čas u čekacích dob návěsů a zároveň je třeba i méně nákladních automobilů na dopravu asfaltové směsi, což zadavateli šetří náklady. Zároveň lze snadno z homogenizátoru snadno plnit finišer, aniž by musel zastavovat. [7]



Obr. 2.2: Šetření nákladů při dopravě asfaltové směsi [7]

K míchání směsi v Shuttle Buggy se využívá šnek s trojitým stupňováním (Obr. 2.3), který eliminoval problémy vzniklé užíváním šneku s jednoduchým stupňováním (Obr. 2.4). Jednoduchý šnek se ukázal jako nevhodný, jelikož si bral směs pouze ze stran zásobníků, tento materiál zaplnil prostor mezi závity. Další materiál tedy už nebyl promíchán a problém se segregací nebyl odstraněn. [7]

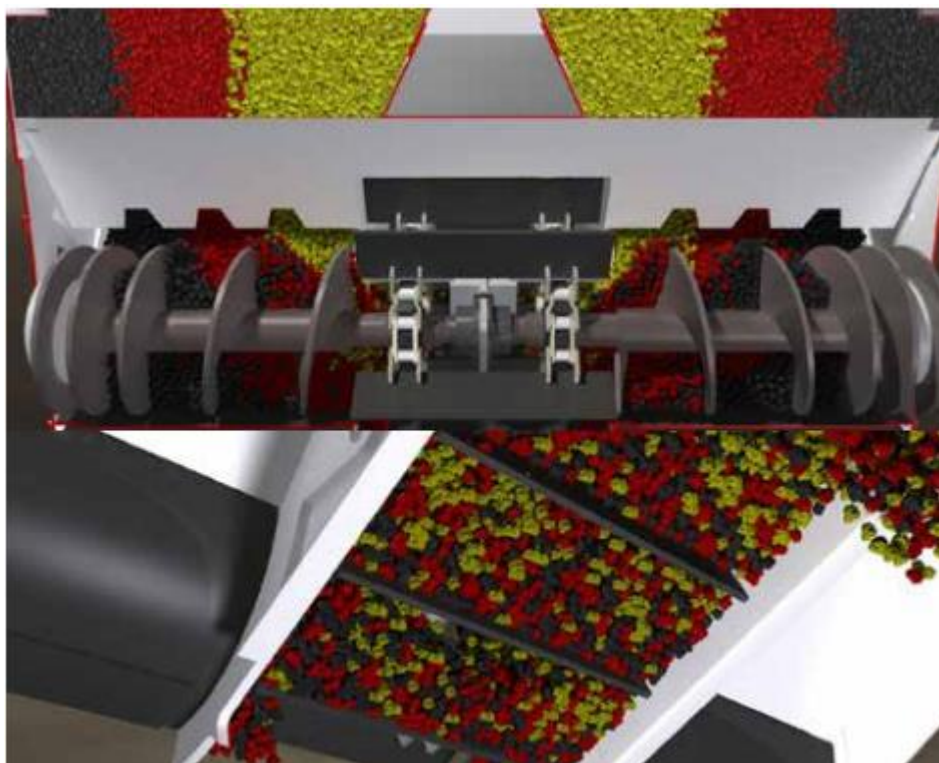


Obr. 2.3: Šnek s trojitým stupňováním [7]



Obr. 2.4: Šnek s jednoduchým stupňováním [7]

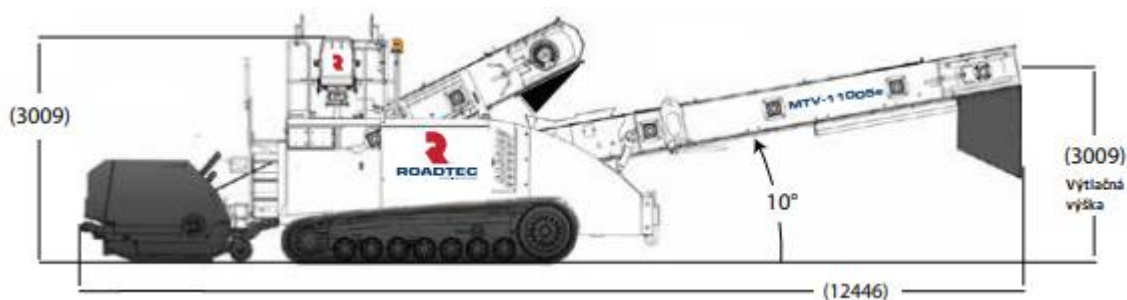
Z tohoto důvodu byl jednoduchý šnek nahrazen, šnek s rostoucí roztečí stupňů zajistí, že v celé délce šneku je mezi závity dostatek místa pro další směs. Šnek tak čerpá materiál rovnoměrně v rámci celého zásobníku a dochází k dokonalému promíchání. Na Obr. 2.5 je tento princip znázorněn, v horní části snímku vidíme, jak do šroubení šneku padá segregovaná směs, v dolní části je už promíchaná směs podávána dopravníkem do finišeru. [7]



Obr. 2.5: Princip míchání v trojitém šneku [7]

2.2 MTV – 1100/1105

Vozidla MTV – 1100 a MTV – 1105 jsou kompaktní stroje přenášející asfaltovou směs z nákladního automobilu do finišeru, aniž by docházelo ke kontaktu s finišerem. Asfaltová směs je v zásobnících promíchána a tím řeší obdobně jako vozy Shuttle Buggy problémy s teplotní a materiálovou segregací. Výhodou těchto vozidel je jejich relativně nízká hmotnost navzdory tomu, že jsou vyrobeny z vysoce kvalitní oceli. Oproti strojům Shuttle Buggy, jejichž hmotnost je 30 tun (SB – 1500) a 35 tun (SB – 2500), mají v tomto ohledu značně navrch, stroj MTV – 1100 disponuje hmotností 21,72 tun, vůz MTV – 1105 má hmotnost 24,28 tun. Vyšší hmotnost typu MTV – 1105 je způsobena tím, že namísto po pneumatických kolech se pohybuje po pásech. Jsou to kompaktní, snadno ovladatelné stroje určené především pro práci prostorech, které jsou příliš těsné pro stroje Shuttle Buggy. [7]



Obr. 2.6: MTV – 1105 [7]

Systém míchání je stejně jako u vozů Shuttle Buggy prováděn pomocí šneku s trojitým stupňováním. U modelu MTV – 1000, který předcházel, bylo však promíchávání řešeno konstrukčně jednodušším zařízením. Na Obr. 2.7 můžeme vidět, že míchání směsi probíhalo až na konci skluzu, kde byly odsazeny padací otvory a tím se směs homogenizovala.[7]

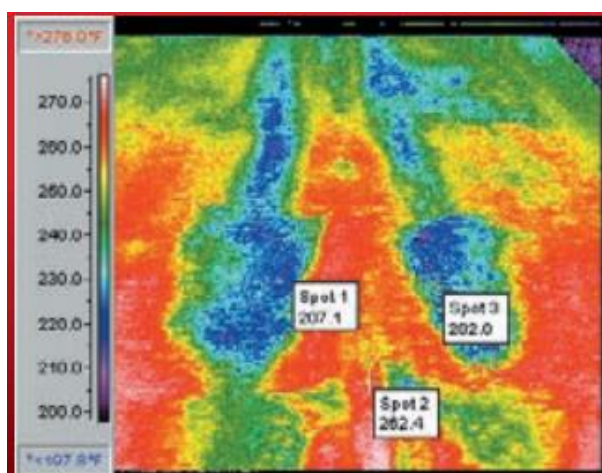


Obr. 2.7: Systém míchání MTV – 1000 [7]

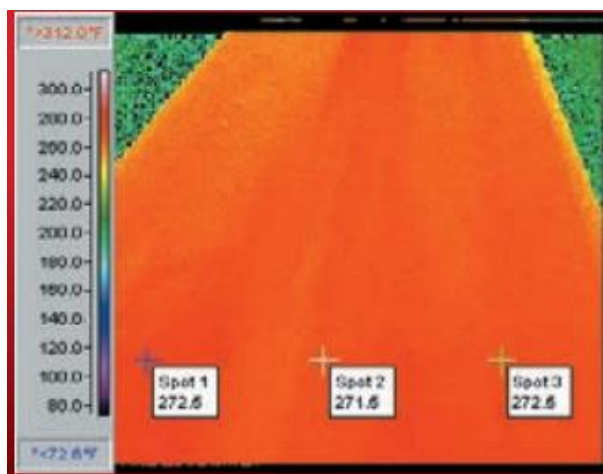
2.3 Význam užití vozů firmy Roadtec

Problém s teplotní a zrnitostní segregací byl již vysvětlen v kapitole 1.2. Pokud je materiál do násypky finišeru sypan a není přitom homogenní, může to zapříčinit, že výsledný povrch nebude mít konstantní objemovou hmotnost a nevyhovující mezerovitost. Místa, kde byla pokládána chladnější asphaltová směs vykazují horší výsledky v odolávání proti vzniku trvalých deformací, či nemusí dojít k dokonalému spojení asphaltových vrstev. Princip, jak dochází k promíchávání směsi v jednotlivých vozech Roadtec, byl vysvětlen v kapitolách 3.1 a 3.2, na následujících

Obr. 2.8 a Obr. 2.9 se můžeme přesvědčit o účinnosti tohoto promíchání.



Obr. 2.8: Termosnímek povrchu vozovky bez užití MTV [7]



Obr. 2.9: Termosnímek povrchu vozovky s užitím MTV [7]

Různé barvy na Obr. 2.8 značí různé teploty na povrchu asfaltové vrstvy. Význam této techniky je tedy zcela zřejmý a má nezpochybnitelný dopad na kvalitu prováděné pokládky. Další výhodou je rameno, které se dá flexibilně otáčet a může tak plnit finišer i v hůře dostupných prostorech. Velkou nevýhodou se může zdát pořizovací cena, případně pronájem těchto strojů, avšak jedná se pouze o náklady primární, které se však mohou vrátit v podobě kvalitnější a déle sloužící vozovky.

3. Výsledky výzkumných prací

V následující kapitole je popsáno několik studií, které testovaly účinnost technologie návěsu s vytlačovacím čelem.

3.1 Teplota asfaltové směsi od obalovny až po položení

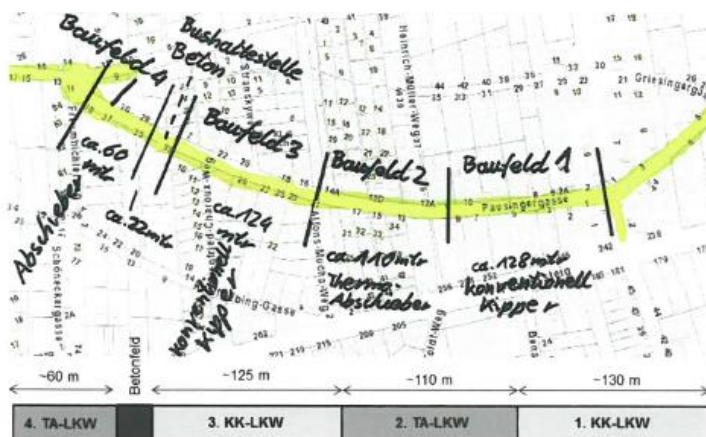
a) Zadání stavby

Zadavatelem tohoto měření byl magistrát města Vídeň a prováděla ho Technická univerzita Vídeň. Cílem výzkumu bylo porovnat dvě varianty dodávání asfaltové směsi a vyhodnotit jejich vliv na teplotu při pokládce. Porovnávány byly tradiční sklápěče (KK – LKW) a vozy s vytlačovacími čely (TA-LKW). [1]

Zmiňovaná oprava asfaltové vrstvy probíhala v březnu/dubnu 2015 na ulici Pausingergasse 1140 ve Vídni, délka opravovaného úseku byla cca 450 m. Byly prováděny následující stavební úpravy:

- | | | |
|--|----------|--------|
| • Asfaltový beton pro obrusné vrstvy | ACO11 | 30 mm |
| • Asfaltový beton pro ložní vrstvy | ACL22 | 80 mm |
| • Asfaltový beton pro podkladní vrstvy | ACP32 | 90 mm |
| • Nezpevněná podkladní vrstva | U1, 0/63 | 200 mm |

Stavba byla z hlediska druhů dopravy směsi rozdělena na 4 úseky, jak je vidět na Obr. 3.1. Vozy s vytlačovacím čelem byly použity na úsecích 1 (130 m) a 3 (125 m), vozy s tradiční sklápěcí technikou na úsecích 2 (110 m) a 4 (60 m). Mezi třetím a čtvrtým úsekem se nachází zhruba 22 metrů dlouhý úsek, kde byl použit betonový kryt, jelikož se zde nachází autobusová zastávka. [1]



Obr. 3.1: Schéma stavby [1]

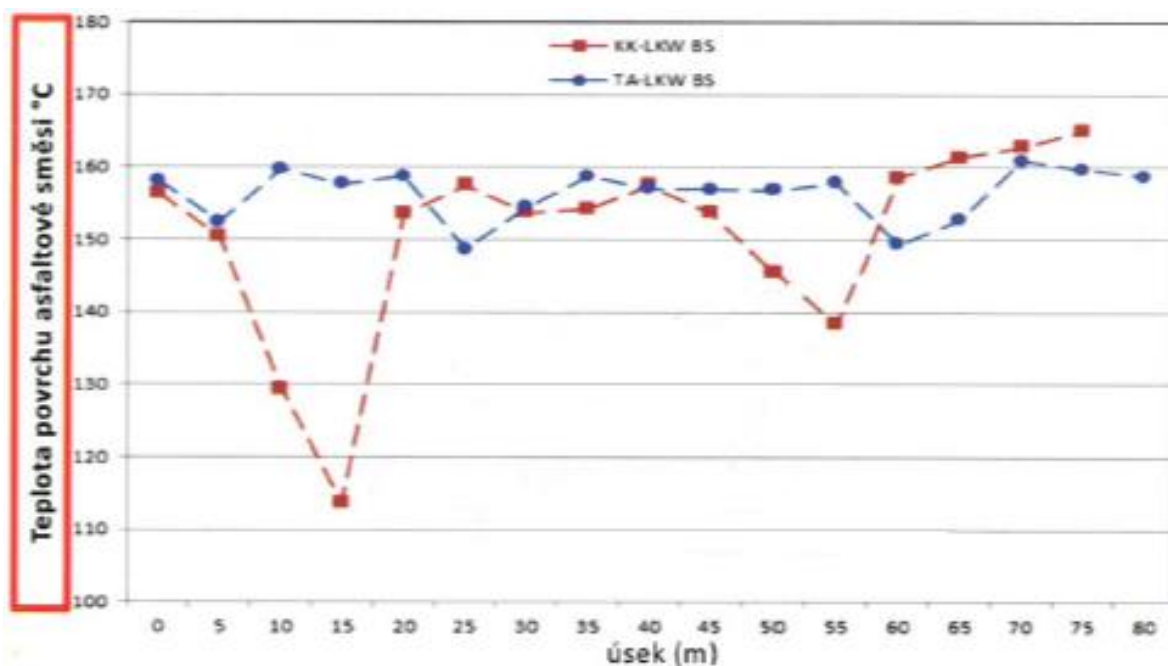
b) Měření teploty

První měření teploty probíhalo během nakládky vozidla na obalovně, druhé potom během vykládky nákladního vozidla na staveništi. Teplota směsi byla zaznamenávána u všech nákladních vozidel v 8 měřicích bodech. Teplotní sondy byly umístěny vždy zhruba 15 cm pod povrchem směsi a ve vzdálenostech 10 cm a 20 cm od boční stěny korby. [1]

Největší význam však mělo měření teploty asfaltové směsi po pokládce. Teploty povrchu asfaltové vrstvy se zaznamenávaly pomocí termokamery. Teplota byla snímána ihned za lištou finišeru, vždy pomocí dvou snímků, jeden vlevo a jeden vpravo. Snímky byly dělány v krocích po 5 metrech [1]

c) Výsledky naměřených údajů

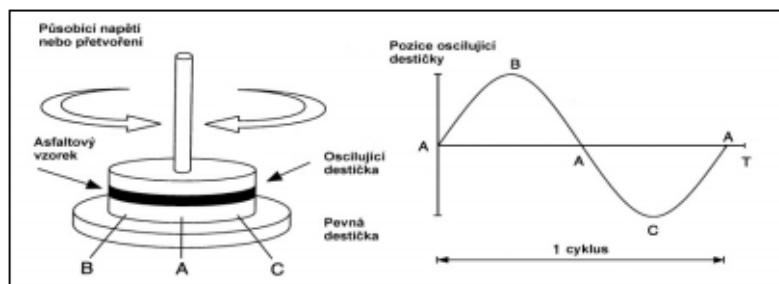
U všech tří pokládaných vrstev (nosná, ložní a obrusná) se objevily velké rozdíly v homogenitě teplot povrchu mezi vozy s vytlačovacím čelem a vozy se sklápěči. Názorně tento rozdíl můžeme vidět na grafu na Obr. 3.2. V grafu je zaznamenána střední teplota asfaltu úsecích po 5 metrech. Průběh teplot u tradičního sklápěče je znázorněn červeně, u korby s vytlačovacím čelem modře. V obou případech si můžeme povšimnout dvou míst, kde dochází k poklesu teplot. V těchto místech docházelo k výměně nákladního vozidla. V případě, kdy byly používány sklápěče, jsou tyto poklesy výrazné a v extrému byla naměřena teplota menší než 115 °C. Tato nízká teplota je způsobena tím, že po výměně nákladního vozidla se do finišeru nejdříve odsype horní chladnější vrstva směsi. V případě technologie vytlačovacího čela tyto výkyvy však nejsou výrazné a minimální teploty klesly lehce pod 150 °C, tato konstantnost je způsobena promícháváním asfaltové směsi v průběhu vykládky. [1]



Obr. 3.2: Průběh středních teplot povrchu asfaltové směsi po pokládce [1]

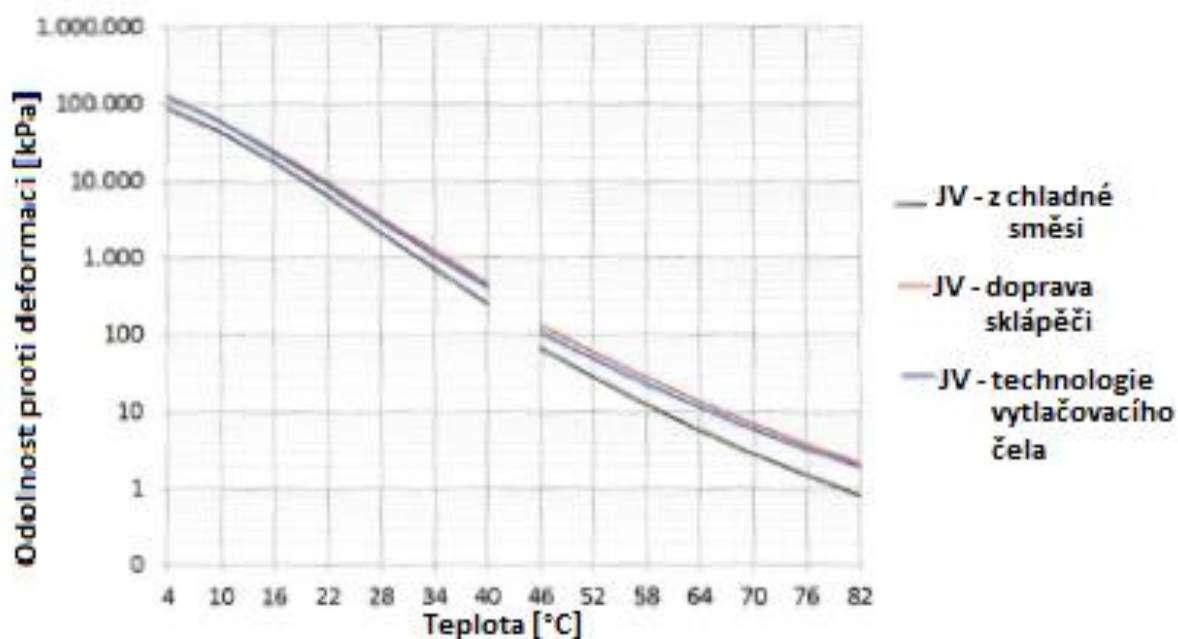
d) Dynamický smykový modul a fázový úhel

Dle rakouské normy ÖNORM EN 14770 byly odebrány jádrové vrty o průměru DN 100 mm, a to v úsecích staveniště 1 a 2. Testovány byly obě varianty dodávek směsi a také oblasti, kde byly nižší teploty. Pomocí dynamického smykového reometru byl zjišťován dynamický smykový modul G^* a fázový úhel Φ . [1]



Obr. 3.3: Dynamický smykový reometr [8]

Když byly dodrženy stanovené teplotní hodnoty, nebyl nalezen podstatný rozdíl mezi oběma typy dodávek směsi. Ovšem v oblasti s nižší teplotou se objevila výrazně menší hodnota odolnosti proti deformaci. Při teplotě 4 °C je tato hodnota ve srovnání s oblastmi středních a vyšších teplot nižší o 30 %, jak je patrné z grafu Obr. 3.4 s rostoucí teplotou se rozdíl dále zvětšuje, při teplotě 82 °C je 60 %.[1]



Obr. 3.4: Kombinovaná hodnota odolnosti proti deformaci [1]

e) Shrnutí a závěry

Z testování vyplývá, že asfaltová směs, která byla pokládána s příliš nízkou teplotou, má výrazně horší materiálové vlastnosti a daleko hůře odolává vzniku trvalých deformací. Nebyla však ověřena místa, u nichž byla teplota při pokládce nižší než 100 °C, zde je třeba očekávat ještě horší vlastnosti asfaltové směsi.

Tento výzkum jasně potvrzuje, že užití vozidel s vytlačovacím čelem eliminuje možnost vzniku shluků chladné směsi. Dále dokazuje, že pokud tato místa při pokládce vzniknou, rapidně snižují kvalitu položené asfaltové vrstvy.

3.2 Ověření účinnosti použití izolace koreb vozidel pro převoz asfaltových směsí a homogenizátoru při položení asfaltového betonu s 50-70 % R-materiálu

a) Základní údaje

„Na podzim roku 2017 byla položena asfaltová směs beton AC na silnici II. třídy v Karlovarském kraji, která se nachází v jeho středu (na hranici mezi okresy Sokolov a Karlovy Vary). Silnice II/208 začíná v místě křížení se silnicí II/21, která spojuje Sokolov přes Krsy se silnicí první třídy I/20 a končí v Bečově nad Teplou, kde se napojuje na silnici I/20. Předmětný úsek (Obr) se nachází mezi městy Krásno a Bečov nad Teplou v délce 2 500 metrů.“ [12]



Obr. 3.5: Řešený úsek v rámci zakázky [13]

Výrobu i pokládku asfaltové směsi obstarávala firma Froněk, spol. s r.o. Směs se vozila z obalovny vzdálené přibližně 80 km. Tato obalovna disponuje paralelním bubnem pro ohřev R-materiálu. Doba jízdy z obalovny na místo stavby byla 2,5 až 3,5 hodiny v závislosti na provozu na trase.[12]

Venkovní teplota se ve dnech pokládky pohybovala mezi 8 °C až 19 °C. Při takovéto teplotě by dle TKP 7 měla být doba dopravování směsi maximálně 1 hodinu, v extrémních případech tak došlo k překročení této doby o 1,5 hodiny. [12]

Ložní i obrusná vrstva byly pokládány ve dvou variantách, a to bez R-materiálu nebo s jeho přidáním. Jako ložní vrstva se pokládala směs ACL 22+ bez R-materiálu a s 60 % R-materiálu

v tloušťce 70 mm. Na obrušnou vrstvu byla použita směs ACO 11+ bez R-materiálu a s 50 % R-materiálu v tloušťce 40 mm. Ve dnech 20. – 21. 9. probíhala pokládka ložní vrstvy, bez použití homogenizátoru, následně byla ve dnech 22. – 23. 9. bez užití homogenizátoru položena také obrušná vrstva. Homogenizátor byl užit při pokládce ložní vrstvy od 4. do 5. 10. a při pokládce vrstvy obrušné ve dnech 6. a 7. 10.[12].

Z archivu počasí byl dohledán průběh teplot v jednotlivých dnech, kdy byla pokládka prováděna. Teploty jsou zaznamenány v Tab. 3-1, jedná se o hodnoty pro celé zájmové území od obalovny až po stavbu.

Tab. 3-1: Záznam venkovních teplot

DATUM	7:00	15:00
22. 9.	9–11 °C	12–16 °C
23.9.	2-6 °C	17-19 °C
6.10.	6-8 °C	9-12 °C
7.10.	5-7 °C	8-9 °C

b) Vozy užívané pro převoz asfaltových směsí z obalovny

Aby se dalo účinnost testované techniky objektivně zhodnotit byla použita vozidla se zaizolovanou korbou i bez izolace. S izolací byla použita vozidla:[12]

- Vozidla MailerTrack (originální vozidla s izolací)
- Vozidla s dodatečnou izolací a osazenými teplotními čidly společností Servis jeřábů, a.s. Čidla byla osazena z vnější strany pláště korby před izolací.
- Vozidla od společnosti Fliegl s izolovanými stěnami a výtlačným systémem

c) Postup měření teploty

Teplota byla zaznamenávána dvěma způsoby, jeden způsob měření byl teploměry s teplotní sondou a druhý byl za pomoci čidel osazených na korbách vozidel. Záznam teploty probíhal na několika místech během přepravy. Nejdříve byly zaznamenány teploty směsi v míchačce na obalovně, další měření proběhlo už na korbě aut při odjezdu z obalovny. Následující měření proběhlo zhruba v polovině trasy na čerpací stanici pohonných hmot (ČSPHM). Na místě stavby proběhlo další měření, k záznamu teplot došlo jak na korbě automobilu, tak ve šneku finišeru. Po položení směsi byl ještě pořízen termosnímek pro záznam rozložení teploty směsi.[12]

d) Hodnocení výstupů

V Tab. 3-2 a Tab. 3-3 jsou přehledně zaznamenány naměřené teploty směsi ACO 11+, které byly měřeny teplotními sondami na obalovně, na ČSPHM a na stavbě. Dále je v tabulkách zaneseno, jakým způsobem byla směs dopravována, zda byl přítomen R – materiál a jaká byla celková doba jízdy. V posledních sloupcích jsou spočítány rozdíly teplot mezi jednotlivými místy měření, mezi obalovnou a násypkou (O-N), obalovnou a ČSPHM (O-Č), obalovnou a šnekem finišeru (O-Š) a mezi násypkou a šnekem finišer (N-Š). V Tab. 3-4 jsou mezi sebou porovnány hodnoty naměřené pomocí teplotních sond a čidel. [12]

Tab. 3-2: Záznam z měření teplot pomocí teplotních sond ve dnech 22. a 23. 9.

BEZ HOMOGENIZÁTORU										
	Obalovna [°C]	ČSPHM [°C]	Sklápění [°C]		obsah RA	doba jízdy	ΔT [°C]			
			násypka	šnek			O-N	O-Č	O-Š	N-Š
Bez izolace	167,9		160	161	RA 50	3:05	7,9		6,9	-1,0
	172		170	165	RA 50	3:25	2,0		7,0	5,0
	180,1		155	157	RA 50	3:40	25,1		23,1	-2,0
	171,9		170	168		2:45	1,9		3,9	2,0
	169,9		169	166		2:45	0,9		3,9	3,0
	183,4		168	169		2:50	15,4		14,4	-1,0
Φ						3:05	9,1		10,5	1,4
S izolací + vytlač. Čelo	174,8		170	168	RA 50	3:45	4,8		6,8	2,0
s izolací + sklápění	177	168,8	176	174	RA 50	3:15	1,0	8,2	3,0	2,0
	178,2	172,9	174	171	RA 50	3:15	4,2	5,3	7,2	3,0
	173,6	172,7	170	168	RA 50	2:50	3,6	0,9	56,0	2,0
	177,3	170,8	168	167	RA 50	2:15	9,3	6,5	10,3	1,0
	178,1	175,7	174,3	173,8		2:30	3,8	2,4	4,3	0,5
	173,2		167	162	RA 50	2:55	6,2		11,2	5,0
	171,7		167	162	RA 50	3:05	4,7		9,7	5,0
	180,1		175	171		2:45	5,1		9,1	4,0
	174,5		173	171		2:15	1,5		3,5	2,0
Φ						2:53	4,4	4,7	7,1	2,7

Tab. 3-3: Záznam z měření teplot pomocí teplotních sond ve dnech 6. a 7. 10.

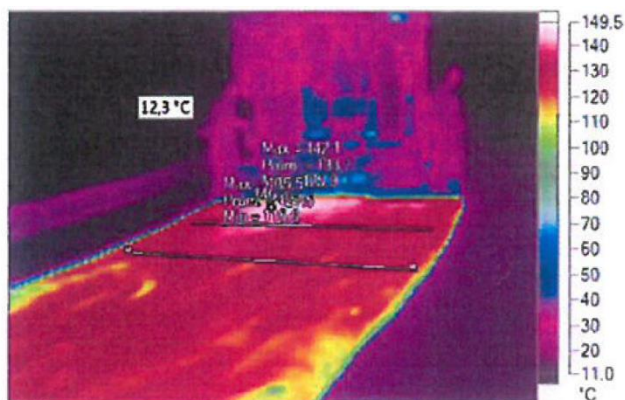
S HOMOGENIZÁTOREM										
	Obalovna [°C]	ČSPHM [°C]	Sklápění [°C]		obsah RA	doba jízdy	ΔT [°C]			
			ná- syпка	šnek			O–N	O–Č	O–Š	N–Š
Bez izolace	153,3		146,0	142,0	RA 50	3:35	7,3		11,3	4,0
	156,3		151,0	146,0	RA 50	2:50	5,3		10,3	5,0
	152,7		152,0	143,0	RA 50	3:25	0,7		9,7	9,0
	146,3		146,0	146,0		2:55	0,3		0,3	0,0
	158,3		148,0	144,0		2:55	10,3		14,3	4,0
Φ						3:08	4,8		9,2	4,4
S izolací + vytlač. Čelo	162,0		161,0	154,0	RA 50	3:00	1,0		8,0	7,0
	153,0		152,0	143,0	RA 50	3:10	1,0		10,0	9,0
	179,5	179,1	174,0	170,0		2:30	5,5	0,4	9,5	4,0
s izolací + sklápění	169,3	168,7	168,4	168,3	RA 50	2:50	0,9	0,6	1,0	0,1
	163,7	163,5	163,0	157,0	RA 50	3:10	0,7	0,2	6,7	6,0
	159,0	157,5	154,0	148,0	RA 50	3:05	5,0	1,5	11,0	6,0
	180,3	180,3	180,0	179,0	RA 50	3:25	0,3	0,0	1,1	1,0
	179,0	176,2	176,0	175,0		2:30	3,0	2,8	4,0	1,0
	178,0	178,0	178,0	172,0		2:45	0,0	0,0	6,0	6,0
	166,3		156,0	150,0	RA 50	2:55	10,3		16,3	6,0
	158,3		154,0	147,0	RA 50	3:00	4,3		11,3	7,0
	170,0		170,0	164,0	RA 50	3:20	0,0		6,0	6,0
	172,7		164,0	163,7		2:40	8,7		9,0	0,3
	174,1		174,0	170,0		2:55	0,1		4,1	4,0
	181,3		178,0	175,0		2:00	3,3		6,3	3,0
Φ						2:53	2,9	0,8	7,4	4,4

Tab. 3-4: Porovnání zaznamenaných teplot pomocí sondy a čidla

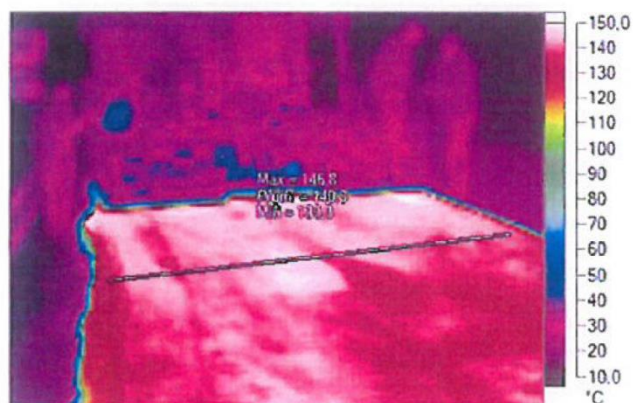
Φ	Obalovna			ČSPHM			Místo stavby		
	T _{sonda} [°C]	T _{čidlo} [°C]	Rozdíl [°C]	T _{sonda} [°C]	T _{čidlo} [°C]	Rozdíl [°C]	T _{sonda} [°C]	T _{čidlo} [°C]	Rozdíl [°C]
	172	88	84	169	137	32	170	141	29
	170	113	57				170	139	31
	183	121	62				178	151	27
	177	124	53	176	147	29	176	149	27
	174	110	64	173	168	5	170	159	11
	177	93	84	173	133	40	168	149	19
	172	95	77				167	154	13
	175	106	69	173	146	27	171	149	22

e) Termografie

Pro ověření teplotní homogenity asfaltové vrstvy byly po pokládce pořízeny termografické snímky. Na Obr. 3.6 a Obr. 3.7 je zaznamenána pokládka směsi, která byla dovezena sklápěči a nebyl užit homogenizátoru. Je patrná značná teplotní nehomogenita.

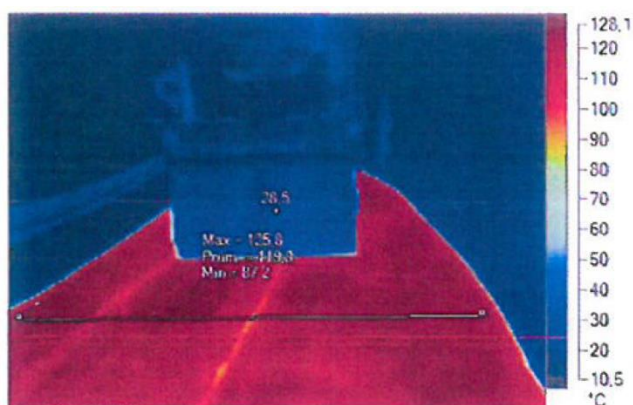


Obr. 3.6: Termografie 1



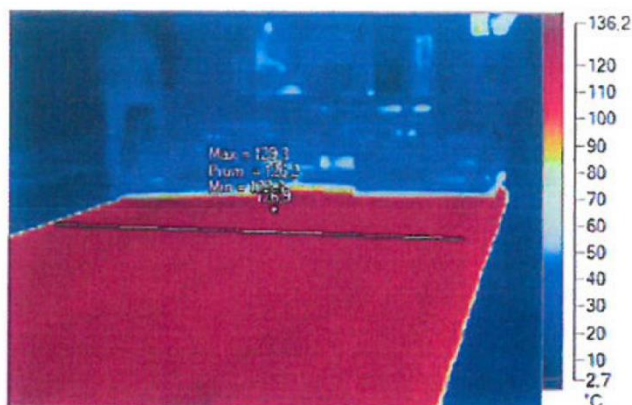
Obr. 3.7: Termografie 2

Na Obr. 3.8 je snímek, kdy sice nebyl použit homogenizátor, ale směs byla dopravena za pomoci termo nástavby s výtlačným čelem.



Obr. 3.8: Termografie 3

Obr. 3.9 zobrazuje případ, kdy byl použit homogenizátor, směs je dokonale homogenní v celém průběhu asfaltové vrstvy.



Obr. 3.9: Termografie 4

f) Shrnutí a závěry

Z naměřených hodnot, lze s jistotou říci, že přítomnost R-materiálu nemá žádný vliv na pokles teploty během dopravy. [12]

Nejdříve se zaměříme na hodnoty z Tab. 3-2, kde jsou hodnoty naměřené ve dnech 22. a 23. 9. Při porovnání variant s a bez izolace je nejvýraznější rozdíl v případě, kdy doba jízdy byla extrémně dlouhá (3h 40min), v případě nezaizolované korby byl pokles teploty o 25,1 °C, zatímco zaizolovaná korba umožnila ochlazení pouze o 4,8 °C. Pokud porovnáme průměrné hodnoty teplotních poklesů mezi obalovnou a místem stavby, zjistíme, že v korbách se zateplením došlo k ochlazení o 4,4 °C, v korbách bez zateplení o 9,1°C. Ve variantě „bez izolace“ si v posledním sloupci můžeme všimnout tří záporných hodnot, což by znamenalo, že u směsi došlo mezi násypkou a šnekem finišeru k drobnému ohřevu. Tento jev však zcela určitě nenastal a jedná se o chybu v měření. Chyba je nejspíše zapříčiněna tím, že v násypce automobilu, byla změřena chladnější vrchní vrstva směsi, ve finišeru se poté změřila teplejší část směsi. [12]

Hodnoty v Tab. 3-3 jsou nižší z důvodu nižší venkovní teploty, která panovala v těchto dnech. Během transportu směsi z obalovny na místo stavby došlo u varianty „bez izolace“ k průměrnému poklesu o 4,8 °C u varianty „s izolací“ došlo průměrně k ochlazení o 2,9 °C. [12]

V Tab. 3-4 jsou porovnávány teploty změřené ručně za pomoci teploměru s hodnotami, které byly odečteny z čidel instalovaných na vnějším plášti korby pod izolací. Uváděny jsou teploty měřené ve středu korby, u kterých lze s jistotou tvrdit, že čidlo bylo celé překryto asfaltovou směsí. Rozdíly teplot jsou poměrně výrazné, nejvyšší rozdíl je patrný u hodnot měřených na obalovně. Tato odchylka je pravděpodobně způsobena prodlevou aktivace čidla,

dalším důvodem může být přenos teploty mezi materiály. Čidlo bylo totiž instalováno na vnější straně pláště korby. [12]

Na základě termografií lze tvrdit, že jak užití nástavby s vytlačovacím čelem, tak homogenizátor mají pozitivní dopad na teplotní homogenitu asfaltových vrstev.

4. Doporučení pro potenciální uživatele

Výše zmíněné technologie jsou zcela jistě velmi přínosné a jejich vliv na kvalitu prováděných prací je nepopíratelný. Nasnadě je však položit si otázku, zda náklady spojené s koupí či pronájmem těchto technologií nejsou příliš vysoké, zda je nutno používat tyto inovace, když se asfaltové směsi pokládaly desítky let bez nich. V dnešní době, kdy je většina významných pozemních komunikací z důvodu masivní kamionové a automobilové dopravy přetížená, by mělo být primárním cílem stavět co nejkvalitnější, a především co nejbezpečnější vozovky. Bezpečnost a pohodlí uživatelů komunikací však nelze nějakým objektivním způsobem finančně kvantifikovat, a proto jsou tyto aspekty dále zanedbány. Je nutno si uvědomit, že tyto primární vícenáklady, mohou zamezit spoustě nákladům sekundárním a z dlouhodobého hlediska může jít pro investora o finančně výhodnější alternativu.

Německá firma Fliegl uvádí, že použití vozidel s tepelně izolovanou korbou s vytlačovacím čelem činí cca 0,12 až 0,6 % z ceny pokládky asfaltové směsi, což je zhruba 0,50 až 2 € na 1 tunu směsi. Značně však jsou eliminovány náklady spojené s případnými brzkými rekonstrukcemi. [1]

Praxe je však taková, že zakázky ve většině případů vyhrává nejlevnější nabídka. Cena vítězí nad kvalitou. Nejlevnější dodavatel pak nemá z finančního hlediska žádný prostor k tomu, aby realizoval opatření pro zvýšení kvality. Je tedy na zadavateli, aby do výběrových řízení zahrnoval požadavky na zvýšení kvality, které výrazně zvyšují životnost jejich vozovek. Pokud budou zadavatelé požadovat lepší techniku pro pokládku, sníží tak počet potřebných sanačních cyklů. V některých zemích Evropy funguje systém odměňování, kdy firmy, které trvale pracují kvalitně a plní kritéria kvality, dostávají příplatky k ceně.

4.1 Legislativa

Technické kvalitativní podmínky v kapitole 7 uvádí: „*Pro teplotní a granulometrickou homogenitu dodávek asfaltové směsi k finišeru se doporučuje používat zejména při větších dopravních vzdálenostech a méně vhodných klimatických podmínkách homogenizátor, který je umístěn mezi vozidlem a finišerem*“ [3] Není tedy zcela explicitně nařízeno užívání technologií pro homogenizaci asfaltové směsi. Poslední aktualizace TKP 7 proběhla už v roce 2008. Nyní se ale chystá aktualizace nová, ve které se uvádí, že: „*Pro pokládku obrusné a ložní vrstvy hlavní trasy dálnic a rychlostních místních komunikací (obecně směrově rozdělených pozemních komunikací) s minimální délkou nepřerušeného úseku 500 m se požaduje vždy použití*

homogenizátoru. Pro druhý finišer provádějící souběžně pokládku rozšiřujícího pruh ve sledu za finišerem pokládajícím asfaltovou vrstvu na hlavní trase není použití homogenizátoru nutné, je výhodné za předpokladu, že homogenizátor je vybaven např. offsetovým ramenem. Použití homogenizátoru je dále povinné v případech, kdy se pokládka asfaltové směsi realizuje technologií souběžné pokládky obrusné a ložní vrstvy (Kompaktasphalt, In-line Pave apod.)“.[9] Nejedná se sice o nařízení týkající se všech vozovek, ale v rámci zkvalitnění pokládky asfaltových vrstev to znamená významný progres.

4.2 Praktické užití a cenová dostupnost

I v dnešní době jsou už na území ČR homogenizátory občas používány. Například na právě probíhající modernizaci dálnice D1 na úseku 19, EXIT 141 Velké Meziříčí – západ až EXIT 146 Velké Meziříčí – východ byl firmou Metrostav použit mobilní podavač při pokládce asfaltové směsi do provizorního rozšiřovacího pruhu po levé i pravé straně komunikace. Jednalo se o stroj firmy Vögele typ MT 3000- 2i Offset. Homogenizátor byl v tomto případě také použit z důvodu, že ze sklápěče z Obr. 4.1 je velmi obtížné sypat směs přímo do finišeru. Mohlo by tedy dojít ke kontaktu mezi sklápěčem a finišerem a tím dojít k poškození pokládané vrstvy.



Obr. 4.1: Pokládka asfaltových směsí za užití homogenizátoru

Pořizovací cena těchto strojů je pochopitelně poměrně vysoká. Na evropském trhu, je nejvýznamnějším dodavatelem homogenizátorů firma Vögele v USA je to společnost Roadtec. V následující Tab. 4-1 jsou srovnány ceny strojů od obou firem. Záměrně jsou uvedeny i ceny starších produktů, aby byla lépe znázorněna dostupnost těchto strojů. Nalezené ceny byly převedeny na ceny v Kč dle aktuálních kurzů.

Tab. 4-1: Ceny homogenizátorů

Vozidlo	Rok výroby	Cena [Kč]
Vögele MT 3000-2i	2014	5 423 977
Vögele MT 3000-2i	2017	10 310 958
Vögele MT 3000-2i	2014	5 165 557
Roadtec SB2500C	2004	2 193 835
Roadtec SB2500D	2011	5 981 087

Závěr

Práce se ve své první části věnuje problémům, které vznikají při užívání běžné techniky pro dopravu a pokládku asfaltových směsí. Popisuje podstatu, jakým tyto problémy vznikají a uvádí jejich dopad na kvalitu provádění asfaltových vrstev. V další části jsou představeny a popsány nové technologie, jedná se o termo nástavbu s vytlačovacím čelem a mobilní homogenizační zásobník asfaltové směsi. Je vysvětleno, jak jejich užívání eliminuje výše zmíněné problémy.

Následně jsou představeny dva výzkumy, které testovaly účinnost těchto strojů. Z výsledků vyplývá, že obě technologie odstraňují problém s teplotní a zrnitostní segregací asfaltových směsí. Poté je doporučeno, aby zadavatelé stavebních zakázek vyžadovali ve výběrových řízeních po zhotovitelích užívání kvalitní techniky a tím prodlužovali životnost vozovek. Vícenáklady spojené s pořízením dražší techniky, se kompenzují, tím, že není nutné provádět tak časté sanace.

Seznam použitých zdrojů

- [1] FLIEGL, Martin. Výzkumy v oblasti výroby a zpracování asfaltových směsí. Mühlendorf, 2018.
- [2] Hejdánek [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://hejdanek.cz/>
- [3] TKP kapitola 7: Hutněné asfaltové vrstvy. Praha, 2008.
- [4] HANZÍK, Václav a Petr MONDSCHHEIN. Pokládka hutněných asfaltových směsí.
- [5] TKP kapitola 7: Hutněné asfaltové vrstvy. Praha, 2008.
- [6] Asfaltové silniční výrobky [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz>
- [7] Roadtec [online]. 2013 [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: <https://www.roadtec.com/>
- [8] VALENTIN, J. Užité vlastnosti a reologie asfaltových pojiv a směsí – charakteristiky, nové zkušební metody, vývojové trendy. Praha: INPRESS, 2003.
- [9] TKP kapitola 7: Hutněné asfaltové vrstvy. 2019. V době publikace v návrhu.
- [10] Český statistický úřad [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: www.czso.cz
- [11] HÝŽL, Petr. Praktické aplikace v pozemních komunikacích: Modul 6, Asfaltové směsi. Brno, 2006.
- [12] FRONĚK. Vyhodnocení naměřených teplot v rámci akce: ověření účinnosti použití izolace koreb vozidel pro převoz asfaltových směsí a homogenizátoru při položení asfaltového betonu s 50-70 % R-materiálu. 2017.
- [13] [online]. [cit. 2019-05-24]. Dostupné z: mapy.cz

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Schéma korby [1]	11
Obr. 1.2: Hrubozrnné kamenivo [1]	11
Obr. 1.3: Termosnímek korby [1].....	12
Obr. 1.4:Termosnímek povrchu po pokládce [2]	13
Obr. 1.5:Zbytky směsi na korbě [1].....	13
Obr. 1.6:Odstraňování zbytků z korby [1].....	14
Obr. 1.7:Termo nástavba s vytlačovacím čelem [2].....	15
Obr. 1.8:Technologie vytlačování – úplné vyprázdnění korby [1]	15
Obr. 1.9 Ruční pokládka s dávkovačem [1]	16
Obr. 2.1: Shuttle Buggy [7]	17
Obr. 2.2: Šetření nákladů při dopravě asfaltové směsi [7]	18
Obr. 2.3: Šnek s trojitým stupňováním [7]	18
Obr. 2.4: Šnek s jednoduchým stupňováním [7]	18
Obr. 2.5: Princip míchání v trojitém šneku [7].....	19
Obr. 2.6: MTV – 1105 [7]	19
Obr. 2.7: Systém míchání MTV – 1000 [7].....	20
Obr. 2.8: Termosnímek povrchu vozovky bez užití MTV [7]	20
Obr. 2.9: Termosnímek povrchu vozovky s užitím MTV [7]	21
Obr. 3.1: Schéma stavby [1]	22
Obr. 3.2: Průběh středních teplot povrchu asfaltové směsi po pokládce [1].....	24
Obr. 3.3: Dynamický smykový reometr [8]	24
Obr. 3.4: Kombinovaná hodnota odolnosti proti deformaci [1]	25
Obr. 3.5: Řešený úsek v rámci zakázky [13].....	26
Obr. 3.6: Termografie 1	30
Obr. 3.7: Termografie 2	30
Obr. 3.8: Termografie 3	30
Obr. 3.9: Termografie 4	31
Obr. 4.1: Pokládka asfaltových směsí za užití homogenizátoru.....	34

Seznam tabulek

Tab. 3-1: Záznam venkovních teplot.....	27
Tab. 3-2: Záznam z měření teplot pomocí teplotních sond ve dnech 22. a 23. 9.....	28
Tab. 3-3: Záznam z měření teplot pomocí teplotních sond ve dnech 6. a 7. 10.....	29
Tab. 3-4: Porovnání zaznamenaných teplot pomocí sondy a čidla	29
Tab. 4-1: Ceny homogenizátorů	35

Seznam použitých zkratk a symbolů

MTV	Material transfer vehicle
SB	Shuttle Buggy
ACO	Asfaltový beton pro obrusné vrstvy
ACL	Asfaltový beton pro ložní vrstvy
ACP	Asfaltový beton pro podkladní vrstvy
ÖNORM EN	Rakouská technická norma
G^*	Dynamický smykový modul
Φ	Fázový úhel
JV	Jádrový vrt
TKP	Technické kvalitativní podmínky
ČSPHM	Čerpací stanice pohonných hmot