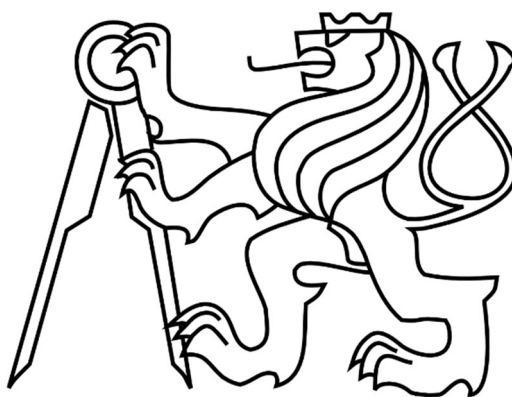


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra technologie staveb



Bakalářská práce:

Experimentální analýza skladby vozovek

Vypracovala: Michaela Baborová

2019

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adam Konvalinka



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Baborová Jméno: Michaela Osobní číslo: 460411
Zadávající katedra: K122 - katedra Technologie staveb
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Experimentální analýza skladby vozovek
Název bakalářské práce anglicky: Experimental analysis of road structure
Pokyny pro vypracování:
Rešerše dané problematiky
Porovnání skutečné dokumentace návrhu skladeb
Návrh experimentu
Provedení experimentu - výroba zkušebních těles, mechanické zkoušky
Vyhodnocení experimentu

Seznam doporučené literatury:
Zajíček, Jan a kolektiv. Technologie stavby vozovek. ČKAIT, 2014.
ČSN EN 13108-1. Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 1: Asfaltový beton
TP 170. Navrhování vozovek pozemních komunikací. MD ČR, 2004.
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Adam Konvalinka
Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019
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 bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.

13.2.2019
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala

samostatně a pouze za použití zdrojů a literatury uvedených v seznamu zdrojů a citované literatury.

V Praze dne 17.5.2019

.....

Michaela Baborová

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Adamovi Konvalinkovi za vřelý přístup při konzultacích, také za odborné přínosné rady v průběhu zpracování bakalářské práce na toto téma. V neposlední řadě patří mé poděkování paní Ing. Tereze Valentové, laborantce a zaměstnankyni Ředitelství silnic a dálnic ČR, za ochotu a strávený čas při provádění laboratorních zkoušek a věcné rady při vyhodnocení naměřených parametrů. Dále bych chtěla poděkovat paní Mgr. Zuzaně Urbancové, vedoucí úseku výstavby dálnice D11 a D3 Středočeská, za umožnění přístupu k materiálům ŘSD ČR.

Abstrakt:

Hlavním cílem této práce bylo stanovení a porovnání kvality asfaltové směsi pro obrusné a ložní vrstvy pozemní komunikace, která jevila známky poruch ve formě výtluků, ztráty asfaltového tmelu (projevuje se uvolňováním směsi asfaltu, jemných částic a drobného kameniva z prostoru mezi hrubými zrny), trhlin a vyjetých kolejí. Tyto poruchy konstrukce vozovky se objevily v krátkém časovém horizontu po pokládce asfaltové směsi.

V poslední době se opakovaně diskutuje o nižší kvalitě asfaltů, která se projevuje ztvrdnutím, vyšší křehkostí, nižší odolností vůči účinkům vody, mrazu, nižší přilnavosti apod. To lze z jisté části přisuzovat původu a kvalitě ropy, technologii zpracování ropy a samotné výrobě základního asfaltu. Příčiny poruch mohou být různé, od špatného návrhu konstrukce vozovky, opravy vozovky, po nekvalitní provedení či nedodržení technologie pokládky asfaltové směsi za nepříznivých podmínek.

Z tohoto důvodu byla snaha posoudit vzorky asfaltové směsi jádrových vývrtů vybranými kontrolními zkouškami v rámci zpracování této bakalářské práce.

Klíčová slova:

pozemní komunikace; asfaltový beton; asfaltová směs; rázový zhutňovač; mezerovitost asfaltové směsi; obsah rozpustného pojiva v asfaltové směsi

Abstract:

The main aim of this bachelor thesis was to define and compare the quality of asphalt mixtures for surface course and base course layers of roadways, which showed signs of faults in forms of potholes, loss of asphalt cement (in form of unfixed particles of asphalt mixture, fine particles and aggregate from the spaces between coarse grains), ruptures, ruts. These road construction faults appeared shortly after laying of the asphalt mixture.

Recently, the decreasing quality of asphalt mixtures has been discussed, which leads to hardening, higher fragility, lower resistance to water, frost, lower adhesion, between aggregate and asphalt. This may be due to the quality and origin of crude oil, technology of crude oil processing and the manufacturing of asphalt itself. The reasons for such faults may be various, starting with a bad construction project, road repairs, or faulty construction or technology fails of laying the asphalt mixtures under inconvenient conditions.

For this reason, we tried to assess samples of asphalt mixture of core boreholes by selected control tests in the framework of this bachelor thesis.

Keywords:

road; asphalt concrete; asphalt mixture; bituminous binder; Marshall compactor; bulk density of the asphalt mixture; maximum bulk density of the asphalt mixture; voids content; binder content; bituminous binder content of the asphalt mixture

Zkratky:

ACO 11 S – asfaltový beton pro obrusnou vrstvu s velikostí maximálního zrna 11 mm v té nejvyšší kvalitě

PMB 25/55-60 - modifikovaný asfalt, penetrace 25 – 55, bod měknutí ≥ 60 °C

PS – CP – spojovací postřík

C 60 BP 4 – kationaktivní asfaltová emulze s obsahem pojiva 60 %, vyrobená z asfaltu modifikovaného polymery nebo s jeho přísady, s třídou štěpitelnosti 4 (rychloštěpná asfaltové emulze)

ACL 22 S – asfaltový beton pro ložní vrstvu s velikostí maximálního zrna 22 mm s té nejvyšší kvalitě

AS – asfaltová směs

Seznam použitých norem a technických předpisů

Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací – Kapitola 1
Všeobecně

TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací

Technické kvalitativní pomůcky – Kapitola 7 - Hutněné asfaltové vrstvy

ČSN EN 13108 – 1 Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 1: Asfaltový
beton

ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí

ČSN EN 12697 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka –
Část 1: Obsah rozpustného pojiva

ČSN EN 12697 - 30 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za
horka – Část 30: Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem

ČSN EN 12697 - 8 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka
– Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí

ČSN EN 12697 - 6 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka
– Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa

ČSN EN 12697 - 5 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka
– Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti

ČSN EN 12697 - 29 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za
horka – Část 29: Stanovení rozměrů asfaltových zkušebních těles

ČSN EN 12697 – 2 Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 2: Stanovení
zrnitosti

ČSN EN 73 6121 – Požadavky na asfaltové betony do obrusných a ložních vrstev

Obsah

Seznam použitých norem a technických předpisů	8
Obsah	9
Úvod	13
1. Historie výstavby silnic a dálnic v ČR	15
1.1 Vznik silnic v českých zemích	15
1.2 Výstavba dálnic v ČR	17
1.3 Základní údaj o stavu dálniční sítě	19
1.3.1 Stav k roku 1990	19
1.3.2 Stav k roku 2013	19
1.3.3 Souhrnný stav dálnic zprovozněvaných po jednotlivých obdobích	20
1.3.4 Výhledový stav sítě dálnic a rychlostních silnic	24
2. Konstrukce vozovek	25
2.1 Typy vozovek členěné podle deformačních vlastností	25
2.2 Členění vozovek podle dopravního zatížení	26
3. Konstrukční vrstvy	27
3.1 Členění konstrukčních vrstev podle funkce	28
3.1.1 Obrusná vrstva	28
3.1.2 Ložní vrstva	28
3.1.3 Podkladní vrstvy	29
3.1.4 Ochranná vrstva	29
3.2 Členění konstrukčních vrstev podle použitého pojiva nebo technologie výroby	30
3.2.1 Nestmelené vrstvy	30
3.2.2 Stmelené vrstvy	30
3.2.2.1 Vrstvy asfaltové	31
3.2.2.2 Cementobetonové kryty	31
3.2.2.3 Vrstvy stmelené hydraulickými pojivy	31

3.2.2.4 Vrstvy prolévané	31
3.2.2.5 Vrstvy z dlažeb a dílců	32
4. Asfalt a asfaltové směsi	32
4.1 Druhy asfaltů	32
4.2 Výroba asfaltu	33
4.2.1 Výroba asfaltových směsí	34
4.2.1.1 Šaržové obalovny	34
4.2.1.2 Kontinuální obalovny	35
4.3 Skladování asfaltových směsí	36
4.4 Doprava asfaltové směsi na staveniště	37
5. Procesy potřebné k realizaci vozovky	39
5.1 Úprava podkladu a pokládka asfaltové směsi	39
5.1.1 Úprava zemin a stabilizace	40
5.2 Hutnicí prostředky asfaltových směsí	45
6. Vliv povětrnostních podmínek na pokládku směsi	47
7. Pořizovací a provozní náklady	48
7.1 Efektivnost silničních staveb z hlediska ekonomiky	48
7.1.1 Rychlost výstavby a srovnání cen na výstavbu 1 km dálnice	48
7.2 Volba typu krytu vozovky	49
8. Praktická část bakalářské práce	51
8.1 Základní identifikační údaje	53
8.2 Úvod na požadavky směsí	54
8.2.1 Zrnitost a obsah pojiva	54
8.3 Jádrové vývrty	55
8.3.1 Přehled jádrových vývrťů odvrtných z pozemní komunikace	56
8.4 ZKOUŠKY ASFALTOVÝCH SMĚSÍ	57
8.4.1 Spojení vrstev stanovené smykovou zkouškou	57

8.4.1.1 Příprava a postup zkoušky	57
8.4.1.2 Výsledky měření	58
8.4.1.2 Vyhodnocení výsledků měření	59
8.4.2 Stanovení rozměrů asfaltových zkušebních těles	60
8.4.2.1 Postup zkoušky	60
8.4.2.2 Vyhodnocení měření	61
8.4.3 Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem	62
8.4.3.1 Postup zkoušky	64
8.4.4 Stanovení objemové hmotnosti asfaltových zkušebních těles	67
8.4.4.1 Postup zkoušky	67
8.4.4.2 Výpočet objemové hmotnosti	67
8.4.4.3 Výsledky měření	68
8.4.4.4 Vyhodnocení měření	69
8.4.5 Stanovení maximální objemové hmotnosti asfaltového vývrtu	70
8.4.5.1 Postup zkoušky	70
8.4.5.2 Výpočet maximální objemové hmotnosti	72
8.4.5.3 Výsledky měření	73
8.4.5.4 Vyhodnocení výsledků měření	74
8.4.6 Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí	75
8.4.6.1 Postup zkoušky	75
8.4.6.2 Výpočet mezerovitosti	75
8.4.6.3 Vyhodnocení měření	76
8.4.6.3.1 Vyhodnocení mezerovitosti asfaltové směsi dle normy	76
8.4.6.3.2 Vyhodnocení mezerovitosti asfaltové směsi dle obalovny	78
8.4.7 Extrakce pojiva za horka	79
8.4.7.1 Postup zkoušky	79
8.4.7.2 Výpočet obsahu rozpustného pojiva	80

8.4.7.3 Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva	82
8.4.7.3.1 Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva dle normy	82
8.4.7.3.2 Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva dle obalovny	83
8.4.8 Stanovení zrnitosti	84
8.4.8.1 Postup zkoušky	84
8.4.8.2 Výpočet zrnitosti	85
8.4.8.3 Vyhodnocení zrnitosti kameniva v asfaltové směsi	90
9. Diskuze	91
10. Závěr	92
Seznam použitých internetových zdrojů	94
Seznam knižních zdrojů	97
Seznam obrázků	99
Seznam tabulek	100

Úvod

Jako téma své bakalářské práce jsem zvolila „Experimentální analýzu krytu vozovek.“ K tomuto výběru tématu mne vedly neustálé diskuze o tom, jak se v naší republice staví pomalu, nekvalitně a ještě k tomu daleko draž, než téměř všude ve světě. Dalším důvodem bylo i to, že jsem v létě loňského roku nastoupila do ŘSD ČR, kde až doposud působím. Také mne zaujaly v předmětu Technologie staveb L01 stroje, které se používají nejen pro pokládku samotného krytu, ale také pro přípravu zemního tělesa. V liniových stavbách se používají stroje obdobné jako u pozemních staveb, tím jsou myšleny především dozery a rýpadla, vzhledem k rozsáhlým zemním pláním i v hojnějším počtu zároveň, a mnohdy v markantnějším rozměrech.

V teoretické části se budu zabývat nejprve historickým vývojem výstavby pozemních komunikací, kde technologie od té doby měly rapidní vývoj vpřed, poté skladbou konstrukčních vrstev a v neposlední řadě také potřebnými procesy k realizaci vozovky. Bakalářská práce v teoretické části bude zaměřena především na asfaltové kryty vozovek, neboť v praktické části budu provádět zkoušky pouze na jádrových vývrtech z tohoto typu krytu vozovky.

Praktická část byla věnována stanovení a posouzení vlastností asfaltových směsí obrusné a ložní vrstvy pozemní komunikace, na níž proběhla koncem roku 2018 rekonstrukce a došlo k výměně obrusné vrstvy a z velké části i ložní vrstvy. Z pozemní komunikace byly odebrány jádrové vývrty z části úseku, na kterých proběhlo zhodnocení kvality nově položené vrstvy na základě vybraných kontrolních zkoušek, zejména smykové zkoušky pro spojení vrstev, obsahu asfaltového pojiva, mezerovitosti, objemové a maximální objemové hmotnosti a zrnitosti. Na základě kontrolních zkoušek byla snaha stanovit příčinu vzniku poruch, které nastaly ve velmi krátkém časovém horizontu po pokládce asfaltové směsi. Veškeré naměřené hodnoty byly porovnány s požadavky stanovenými technickými normami.

Podklady mi poskytla státní organizace Ředitelství silnic a dálnic ČR. Jádrové vývrty odebrané z pozemní komunikace byly k dispozici v rámci zpracování kontrolních zkoušek laboratoře Praha. K nahlédnutí byla i projektová dokumentace, odkud jsem čerpala informace o vlastnostech použitých typů asfaltových směsí. Laboratorní zkoušky byly provedeny s pracovníky laboratoře Praha ŘSD.

1. Historie výstavby silnic a dálnic v ČR

1.1 Vznik silnic v českých zemích

Doprava byla v životě všech národů hlavní pákou jejich rozvoje. Právě proto byly po osídlení českého území zřizovány pozemní komunikace pro přepravu nákladů, kontakty mezi jednotlivými částmi země i s našimi sousedními zeměmi. Příčné uspořádání a konstrukční řešení těchto komunikací bylo ve všech časových etapách co nejvíce přizpůsobované dopravním prostředkům té doby, které zajišťovaly přepravu zboží a surovin.

Takovými prvními pozemními komunikacemi, sloužícími pro přepravu nákladů, byly tzv. stezky, po kterých se pohybovali nosiči a soumaři. Stezky vypadaly jako průchody v hlubokých lesích po vykácení stromů. První stezka byla zaznamenána písemně v okolí Domažlic, která vedla právě z Domažlic k Brodu v Bavorsku. Kolem roku 1907 byla podstatně rozšířena síť stezek. Tyto stezky byly bez umělé vozovky, na rostlý podklad se nasypala zem mezi okraje drnů, bahnité oblasti byly zpevňovány kameny nebo hatěmi.

K podstatným změnám ve směrování zemských stezek došlo ve 13. a 14. století za kolonizace, a to především obchodních spojů od strážních hradů k nově zakládaným městům. Ta byla velmi často zakládána v místech, kde bylo možné zabezpečit přechod přes řeku. Města mohla využívat právo skladování zboží a vybírání mýta. Tyta města se tímto stala důležitým střediskem hospodářského a obchodního průmyslu. Z těchto informací je zřejmé, že byl zajištěn rozvoj měst díky budování pozemních komunikací. Za vlády Karla IV. se začaly budovat zemské silnice, které zajišťovaly větší bezpečnost jízdy díky šířkovému uspořádání a konstrukci vozovky. Jejich šířka činila cca 5 m, a tak bylo umožněno vyhnutí dvou 4 - kolových vozů s těžkým nákladem. Při přechodu řek byly brody postupně nahrazovány dřevěnými mosty. Po husitských válkách se stav silnic důsledkem nedostatečné péče výrazně zhoršil.

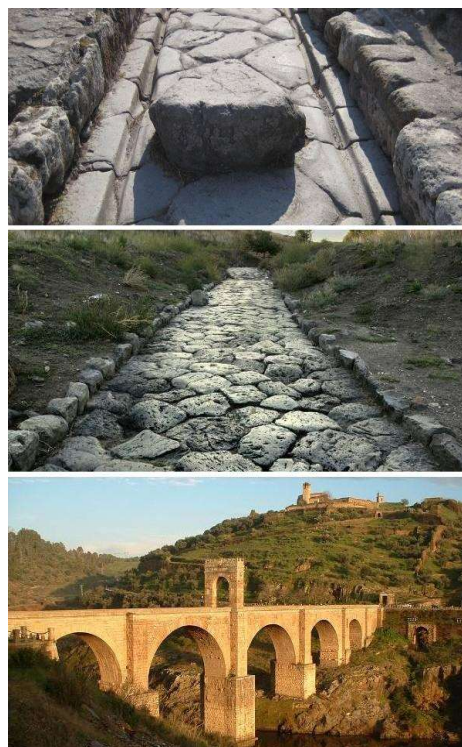
Ke zlepšování zemských silnic došlo po zavedení poštovních linek v roce 1527, kdy bylo zapotřebí větší rychlosti jízdy. Rozvoj linek nastal v 17. století, kdy silnice umožňovaly přepravu nákladů formany, přepravu osob a zásilek poštovních linek. K zásadní změně ve výstavbě silnic v českých zemích došlo za panování císaře Karla VI., kdy byla v roce 1726 ustanovena silniční repatriační komise, jejímž úkolem bylo zajistit silniční reformu. Poté císař schválil výstavbu hlavních státních silnic spojující Prahu s

Vídni, Lipskem, Vratislaví, Norimberkem, Lincem a Žitavou. Velkým přínosem bylo budování silnic s ohledem na dostatečnou únosnost. Konstrukce vozovky byla tvořena kamenným štětem, vrstvou menších kamenů, štěrkem a písečným posypem. Ke skutečnému zahájení výstavby silnic došlo na Moravě v roce 1727 stavbou Slezské silnice v trase Vídeň - Brno - Opava. Poté také v Čechách roku 1738 stavbou Vídeňské a Lipské silnice. V celé své délce byla jako první dokončena výstavba Vídeňské silnice, která byla vybudována v trase Praha - Český Brod - Kolín - Jihlava - Vídeň, a to roku 1765. V padesátých letech 18. století bylo v Čechách 25 hlavních silnic a na Moravě 20. Nově budované silnice ve většině případů kopírovaly trasu původních cest. Šířka nově budovaných silnic byla stanovena na cca 9,5 m a šířka vozovky cca 6,3 m. K největšímu rozvoji došlo především ve druhé polovině 18. století a v první polovině 19. století.

Roku 1804 došlo k výraznému urychlení výstavby díky zavedení systému dobrovolné konkurence a poddaných. Principiálně vrchnosti hradily náklady výstavby silnic, mostů a zdí, zatímco poddaní obstarávali dopravu materiálu a část dělnických prací. Právě tento rok došlo také ke zvýšení sazeb mýtného a povolení státních příspěvků na podporu výstavby. A tak se tempo budovaných silnic výrazně zvýšilo. Stavba nových státních silnic byla provázána rozvojem mostního stavitelství. Ve velké míře se začaly budovat mosty, v jejichž zastoupení se jednalo převážně o mosty dřevěné, budované na kamenných opěrách, kamenné klenbové a řetězové. Silnice z této doby jsou ve velké míře používány i v současné době. Jejich výstavba umožnila podstatné zvýšení a zrychlení přepravy jak osob, tak zboží, což významně přispělo k rozvoji obchodu, pošty i cestování lidí. V období první světové války se však stav silnic zhoršil v důsledku nedostatečné údržby. [1] [3]



Obrázek 1 - Ukázka historické silnice na našem území [12]



Obrázek 2 - Ukázka historické silnice v italském Římě [13]

1.2 Výstavba dálnic v ČR

Zahájení výstavby dálnic na území dnešní České republiky úzce souviselo s potřebou zajištění kvalitního silničního páteřního spojení na území okleštěné republiky po přijetí Mnichovské dohody a s požadavky Německa na realizaci průchozích dálnic. Dne 1. 12. 1938 byla zahájena první stavba německé dálnice Banberg - Cheb - Karlovy Vary - Lovosice - Liberec - Zittau vedené po okupovaném území Československa. Do roku 1942 bylo rozestavěno 22 km dálnice v okolí Chebu a Liberce. Jako druhá byla zahájena dne 11. 4. 1939 stavba německé průchozí dálnice Breslau - Brno - Wien vedená přes české území v trase Pohořelice - Brno - Jevíčko - Městečko Trnávka. Do roku 1942 bylo rozestavěno 83 km dálnice včetně mostů. Výstavba české dálnice Praha - Brno - slovenská hranice byla slavnostně zahájena dne 2. 5. 1939 u Průhonic. V rámci přípravy stavby bylo nutno urychleně přepracovat projekty podle přísnějších technických parametrů, které požadovaly okupační orgány. Postup výstavby byl negativně ovlivněn nedostatkem pracovních sil, strojů, stavební oceli, cementu a pohonných hmot. Dne 30. 9. 1942 byla bohužel výstavba německými orgány zastavena

a stavba zůstala rozestavěná v délce 77 km. Po válce však byly dokončeny všechny velké mosty a mnoha menších. V rámci přípravy pětiletého plánu byla výstavba v roce 1950 zastavena. Při realizaci dálnice D1 bylo původní zemní těleso částečně využito v úseku Praha - Humpolec, i když projektanti museli přizpůsobit stavbu dálnice novým návrhovým parametrům. Dále byly nejasnosti ohledně termínu zahájení prací, a tak práce na projektu postupně ustávaly. Dokončovaly se pouze projekty vybraných staveb a projekt stavby silnice I/3 Mirošovice - Benešov.

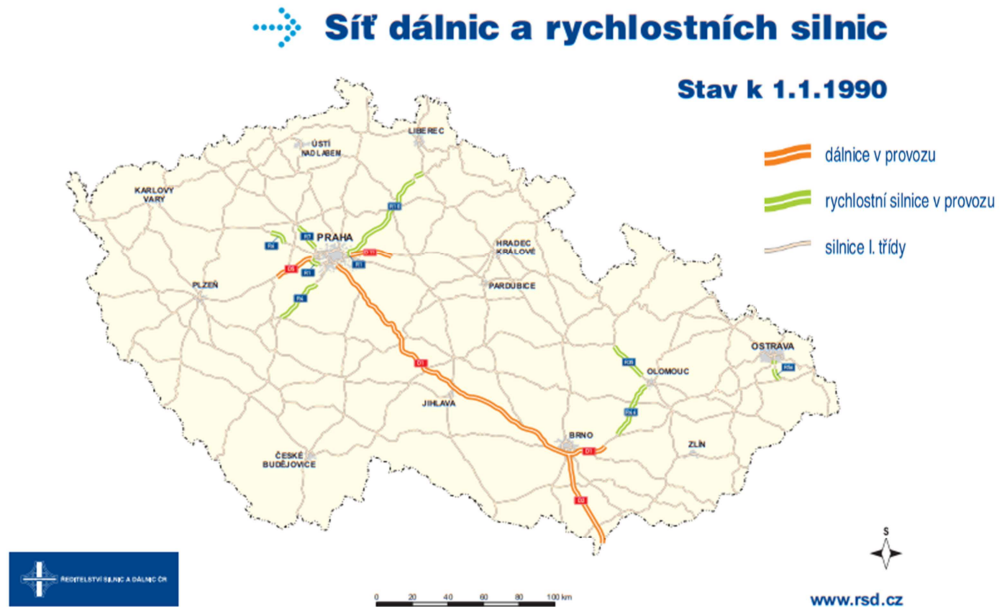
Koncepce dlouhodobého rozvoje silniční sítě a místních komunikací na území České republiky byla plánována výstavba v rozsahu zhruba 1131 km dálnic. Pro znázornění lze uvést tyto příklady:

- D1 Praha - Jihlava - Brno – hraniční přechod 295 km
- D2 Brno – hraniční přechod Slovenska 59 km
- D5 Praha - Plzeň - Rozvadov – hraniční přechod SRN 146 km
- D8 Praha - Lovosice - Rájec - hranice NDR 99 km
- D11 Praha - Hradec Králové - hranice PLR 135 km
- D35 Hradec Králové - Svitavy - Olomouc - Lipník nad Bečvou 185 km
- D43 Svitavy - Brno 72 km
- D47 Čechyně u Brna - Ostrava - hranice PLR 140 km

Hlavními důvody pro výstavbu dálnic byly očekávané kapacitní problémy na silniční síti, vytvoření dopravních podmínek pro rozvoj národního hospodářství i mezinárodních vztahů, vysoký ekonomický přínos plynoucí z úspor času cestujících, zvýšení rychlosti, plynulosti a především bezpečnosti silničního provozu, a také snížení exhalace a hluku. [1]

1.3 Základní údaj o stavu dálniční sítě

1.3.1 Stav k roku 1990



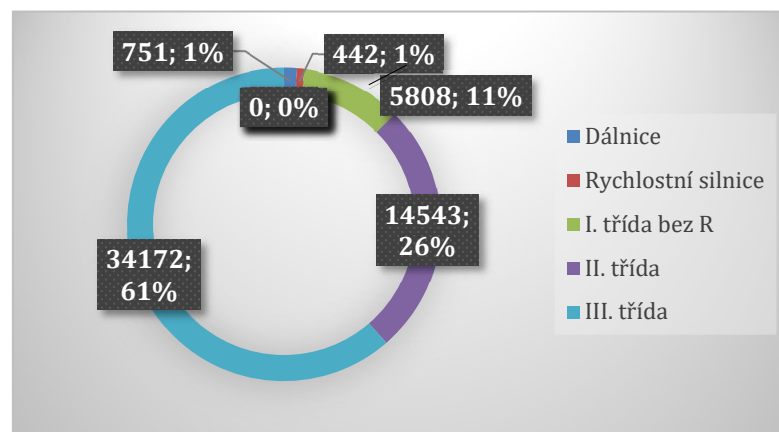
Obrázek 3- Mapa ČR s vyznačenou sítí dálnic a rychlostních silnic [1]

1.3.2 Stav k roku 2013



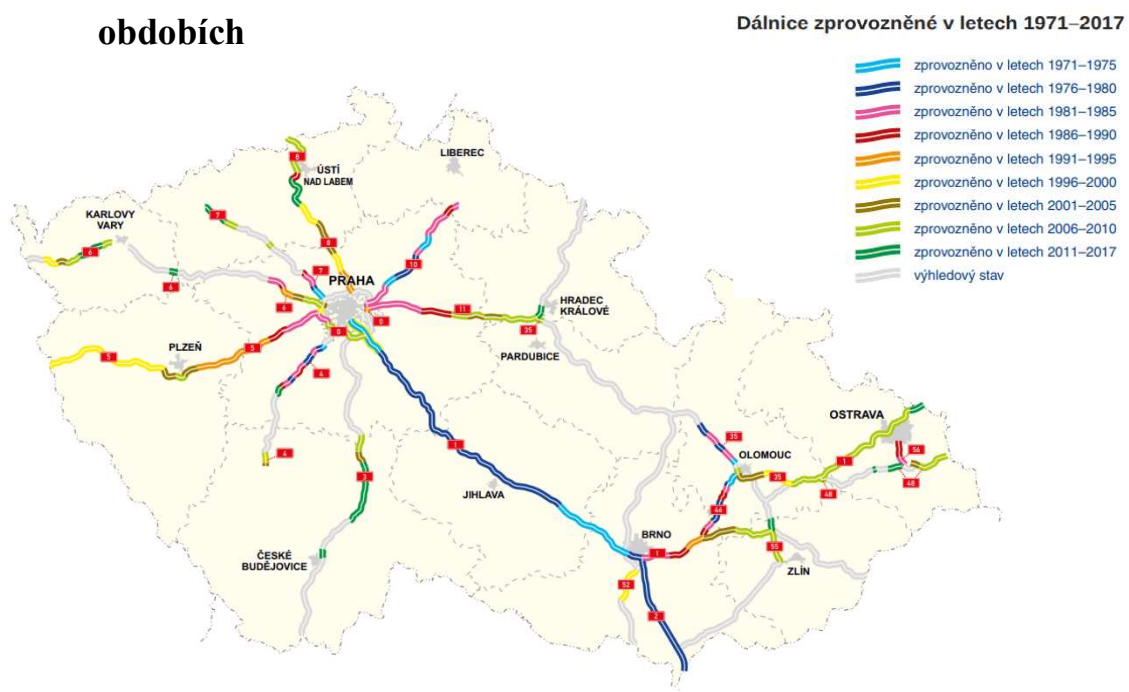
Obrázek 4 - Mapa ČR s vyznačenou sítí dálnic a rychlostních silnic [1]

Z uvedených dvou map je zřejmé, jak velký byl rozvoj dálniční sítě během 23 let. Oproti roku 1989 se zvětšila délka dálnic v provozu o 416 km a rychlostních silnic o 223 km. Na území České republiky bylo k 1. 1. 2013 v provozu již 751 km dálnic a 54 965 km silnic. Z toho 6 250 km silnic I. třídy, 14 543 km silnic II. třídy a 34 172 km silnic III. třídy. Z čehož 442 km silnic I. třídy bylo vybudováno jako rychlostní silnice, a ty mají obdobné stavebně technické vybavení jako dálnice. Pro větší přehlednost jsou data znázorněna graficky na Obr. 4. [1]



Obrázek 5- Délka sítě dálnic a silnic v ČR k 1. 1. 2013 [km]

1.3.3 Souhrnný stav dálnic zprovoznovaných po jednotlivých obdobích



Obrázek 6- Mapa ČR se zobrazením postupného zprovoznění dálnic [2]

Zprovoznění dálnic po jednotlivých obdobích k létům 1971 - 2017 je přehledně zpracováno v tabulce 1.

Tabulka 1 - Přehled zprovozněných dálnic

Dálnice D1	
Praha – Jihlava – Brno – Vyškov – Hulín – Lipník nad Bečvou – Běloutín – Ostrava – Polsko	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1971 - 1975	80,691 km
1976 - 1980	148,985 km
1981 - 1985	23,325 km
1991 - 1995	9,675 km
1996 - 2000	36,645 km
2001 - 2005	17,362 km
2006 - 2010	69,492 km
2011 - 2017	6,113 km

Dálnice D2	
Brno – Břeclav – Lanžhot	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1971 - 1975	29,336 km
1976 - 1980	89,764 km

Dálnice D3	
Tábor – České Budějovice – Rakousko	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1991 - 1995	3,900 km
2001 - 2005	5,306 km
2006 - 2010	8,500 km
2011 - 2017	35,423 km

Dálnice D4	
Praha - Příbram - Nová Hospoda	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1976 - 1980	16,400 km
1981 - 1985	12,300 km
1986 - 1990	7,100 km

Tabulka 1 - Přehled zprovozněných dálnic

Dálnice D5	
Praha – Plzeň – Německo	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1981 - 1985	19,700 km
1986 - 1990	9,000 km
1991 - 1995	39,241 km
1996 - 2000	62,611 km
2001 - 2005	16,957 km
2006 - 2010	3,480 km

Dálnice D6	
Praha – Karlovy Vary – Cheb – Německo	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1981 - 1985	6,500 km
1986 - 1990	3,300 km
1991 - 1995	6,400 km
1996 - 2000	7,053 km
2001 - 2005	10,134 km
2008 - 2010	22,411 km
2011 - 2017	16,996 km

Dálnice D7	
Praha – Slaný – Chomutov	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
2006 - 2010	8,299 km
2011 - 2017	15,835 km

Dálnice D8	
Praha – Ústí nad Labem – Německo	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1991 - 1995	9,600 km
1996 - 2000	17,077 km
2001 - 2005	16,351 km
2006 - 2010	23,343 km

Tabulka 1 - Přehled zprovozněných dálnic

Dálnice D10	
Praha – Mladá Boleslav – Turnov	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1971 - 1975	34,115 km
1981 - 1985	31,803 km
1986 - 1990	2,100 km
1991 - 1995	3,848 km

Dálnice D11	
Praha – Hradec Králové – Trutnov – Polsko	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1981 - 1985	17,276 km
1986 - 1990	18,024 km
2000 - 2005	17,420 km
2006 - 2010	61,825 km
2011 - 2017	5,600 km

Dálnice D35	
Úlibice – Hradec Králové – Moravská Třebová – Mohelnice – Olomouc – Lipník nad Bečvou	
Období (roky)	Uvedeno do provozu
1996 - 2000	15,397 km
2001 - 2005	14,650 km
2006 - 2010	2,741 km

Prakticky u každé dálnice nejsou uvedeny některá období zprovoznění. Je to z důvodu, že se v těchto letech nic nebudovalo, případně vystavěné úseky nebyly zařazeny do kategorie dálnic, jelikož nesplňovaly potřebné parametry. Například u dálnice D7 byla až v roce 2008 zahájena přestavba ze silnice I/7 na dálnici.

1.3.4 Výhledový stav sítě dálnic a rychlostních silnic



Obrázek 7 - Mapa ČR s výhledovým propojením dálniční sítě [14]

Výhledový stav dálnic zajímal v neposlední řadě i mnoho politických stran a ve svých propagačních motech upřednostňovaly i stav dálnic na našem území. Vzhledem ke vzrůstajícím kapacitám na našich silnicích je propojení napříč naší zemí nedostačující, a proto je zapotřebí velká města spojit dálnicemi. Od jedné polické strany je převzata i tato mapa, kde je hezky vidět, jakou dálniční sítí by byla města propojena. Mapa koresponduje s mapou vydanou Ředitelstvím silnic a dálnic ČR.

Plánovaný výhled na příštích 20 – 30 let je takový, že by krajská města měl spojit prstenec nových dálnic. Pětúhelník krajských měst Karlovy Vary, Liberec, Ústí nad Labem, Hradec Králové a České Budějovice připravuje Ředitelství silnic a dálnic ČR. Bude se jednat o propojení dálničních sítí či kapacitních silnic s obchvaty. Prozatím jde pouze o ideu v horizontu minimálně 20 let, ale je možné, že řada projektů bude realizována dříve podle stavu a rychlosti přípravy. S přípravou staveb by měl pomoci zákon č. 169/2018 Sb., který byl novelizován zákonem č. 416/2009 Sb. – Zákon o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury, který vstoupil

v platnost dne 1. 8. 2018. Na základě této novelizace může zhotovitel bez větších problémů vstupovat na pozemky a provádět potřebné práce spojené s přípravou staveb.

Jednou ze zásadních otázek je, jak velké budou náklady na výstavbu tohoto zkapacitnění dálniční sítě. Podle Nejvyššího kontrolního úřadu, který vychází z analýzy investic z let 2013 až 2017, jeden kilometr dálnice stojí v průměru 152 milionů korun. Při takovýchto cenách by stokilometrový úsek dálnice mezi Karlovými Vary a Ústím nad Labem stál více než 15 miliard korun. [3]

2. Konstrukce vozovek

„*Konstrukční vrstva je vrstva vozovky, vyrobená z jednoho druhu stavební směsi nebo různých materiálů jedním uceleným technologickým postupem. Tato vrstva může být položena v jedné či více pracovních záběrech a je buď stmelená nebo nestmelená*“. [4]



Obrázek 8 - Dvouproudá dálnice D8 [15]

2.1 Typy vozovek členěné podle deformačních vlastností

- Netuhá vozovka
 - je vozovka s asfaltovým, dlážděným nebo nestmeleným krytem
 - nejrozšířenější typ vozovek
 - vysoká přizpůsobivost dopravnímu významu a zatížení
 - nevyžaduje žádné dilatace, neboť při dlouhodobém namáhání vlivem teplotních změn se plasticky přetváří
 - vyznačuje se nízkým modulem pružnosti
 - vyšší náklady na údržbu pro zajištění lepší životnosti oproti tuhým vozovkám, které vyžadují počáteční náklady

- Polotuhá vozovka
 - je vozovka s asfaltovým krytem a stmelenou podkladní vrstvou hydraulickým pojivem
 - má poměrně vysoký modul pružnosti s nízkou pevností
 - vrstva je křehká a také náchylná k nekontrolované tvorbě příčných smršťovacích trhlin v podkladní vrstvě, které se šíří až na povrch vozovky
- Tuhá vozovka
 - je vozovka s cementobetonovým krytem
 - kryt se chová dokonale pružně, jeho modul pružnosti výrazně přesahuje moduly ostatních vrstev
 - nutnost dilatačních spár, jelikož kryt tuhé vozovky má vysoký modul pružnosti i pevnost
 - dlouhodobá životnost a trvanlivost krytu
 - odolnost proti tvorbě trvalých deformací (vyjíždění kolejí)
 - vhodné pro komunikace s vysokým dopravním zatížením, jako jsou dálnice, rychlostní silnice a letištní plochy
 - výrazně se podílí na únosnosti celé vozovky, tudíž při nižším dopravním zatížení nelze snižovat jeho tloušťku (jako je možné u netuhých vozovek)
 - vysoká pořizovací cena

2.2 Členění vozovek podle dopravního zatížení

Nejpodstatnější charakteristikou pro návrh konstrukce vozovek je hodnota dopravního zatížení. Ta se vyjadřuje počtem průjezdů těžkých nákladních vozidel za dané období, popřípadě se vozovka přiřadí k příslušné třídě dopravního zatížení. Účinky zatížení jsou důležité pro návrh vozovek, jelikož se liší metoda výpočtu pro tuhé a netuhé vozovky. Počet těžkých nákladních vozidel se stanoví v souladu s metodikou ŘSD ČR. [4]

Tabulka 2 - Třídy dopravního zatížení [24]

Třídy dopravního zatížení	Průměrná denní intenzita těžkých nákladních vozidel pro všechny jízdní pruhy v návrhovém období
S	> 7 500
I	3 501 - 7 500
II	1 501 - 3 500
III	501 - 1 500
IV	101 - 500
V	15 - 100
VI	< 15

3. Konstrukční vrstvy

Vozovky se staví z více vrstev odlišného složení, přičemž každá vrstva má svou specifickou úlohu v závislosti na způsobu namáhání. V tabulce 3 jsou popsány způsoby namáhání konstrukcí vozovky, jejich důsledky a případné eliminace působení zatížení.

Tabulka 3 - Způsoby namáhání konstrukce vozovky [4]

Způsob namáhání konstrukce vozovky	Dotčená část konstrukce	Důsledky vlivem působení namáhání	Eliminace důsledků
Dopravní zatížení	Všechny vrstvy	Porušení stmelěných vrstev únavou od tíhy jedoucích vozidel (průhyby vozovky)	*dostatečná tloušťka vrstev v návrhu *únosné podloží
	Podloží	Trvalé deformace podloží způsobené opakovanými průhyby podloží pod vozovkou	*dostatečná tloušťka vrstev již v návrhu *únosné podloží *vhodný materiál * funkční odvodnění
	Asfaltové vrstvy	Tvorba trvalých deformací	*vhodná asfaltová směs, *vhodný asfalt *dostatečná mezerovitost směsi
	Cementobetonový kryt	Vertikální posun desek - pokud jsou nevyztužené a nekotvené kluznými trny	*utěsnění spár *utěsnění trhlin * kotvení desek kluznými trny
	Obrusná vrstva	Ztráta protismyskových vlastností vlivem ohlazování zrn kameniva Obrušování povrchu od působení smykového napětí pod koly vozidel	*vhodné kamenivo *správná technologie *dbát na správné zhutnění
Působení vody a mrazu	Obrusná vrstva, průsak trhlinami, podloží	Snížení únosnosti nestmelěných podkladních vrstev a podloží, postupný rozpad krytu a stmelěných podkladních vrstev	*dostatečné zhutnění *utěsnění spár a ošetření trhlin
Změny teplot	Asfaltové vrstvy	Ztráta viskoelastických vlastností při velmi nízkých teplotách, které zapříčiňují vznik příčných i podélných trhlin	*nepoužívat příliš tvrdé asfalty
	Cementobetonový kryt	Uvolnění těsnění spár vlivem dilatačních pohybů desek	*důkladné utěsnění spár

Únosnost konstrukčních vrstev stoupá postupně od spodních vrstev k horním. Důležité je si uvědomit, že podloží a jednotlivé vrstvy spolupůsobí a tvoří vrstevnatý poloprostor. Tudíž by modul pružnosti měl narůstat postupně vrstvami směrem vzhůru, protože při porušení této zásady mohou u polotuhých vozovek vzniknout smršťovací trhliny.

3.1 Členění konstrukčních vrstev podle funkce

3.1.1 Obrusná vrstva

Již z názvu je patrné, že se jedná o nejsvrchnější vrstvu konstrukce. Tato vrstva je vystavená přímému působení klimatických podmínek a dopravnímu zatížení. Z tohoto důvodu je důležité dbát na požadavky z hlediska její trvanlivosti. Požadavky na trvanlivost:

- odolnost proti obrušování a ohlazování od smykového napětí pod koly vozidel
- odolnost proti srážkové vodě, atmosférickému kyslíku, mrazu a přípravkům na rozmrazování
- rovnost pro zajištění komfortu jízdy vozidel
- příčný sklon pro odvod srážkové vody
- nepropustnost, aby srážková voda nepronikala do podloží

3.1.2 Ložní vrstva

Tato vrstva se zřizuje u asfaltových vozovek hned pod obrusnou vrstvou, která ji chrání před mechanickým namáháním a klimatickými vlivy. Z těchto důvodů je u ní prioritní odolnost proti tvorbě trvalých deformací a celkové tuhosti. U tuhých vozovek se někdy ložní vrstva provádí z asfaltových směsí pro zajištění ochrany podkladních vrstev před působícími účinky vody a velmi nízkých teplotách. V případě, že není nutné touto vrstvou zvýšit únosnost konstrukce vozovky, je možné použít ložní vrstvu z drceného kameniva nebo speciální malty, do které se poté kladou dlažební prvky.

Funkce ložní vrstvy:

- zajištění rovného a kvalitního podkladu pro pokládku obrusné vrstvy
- zajištění potřebné únosnosti konstrukce vozovky zvýšením tloušťky asfaltového krytu (ložní vrstva spolupůsobí s obrusnou)

3.1.3 Podkladní vrstvy

Jednou z hlavních funkcí podkladních vrstev je roznášet namáhání od dopravního zatížení z krytu vozovky do podloží. Nejčastěji se provádějí jako nestmelené nebo ze směsi stmelených hydraulickými pojivy. V případě potřeby vyšších tloušťek asfaltových vrstev, než je běžná tloušťka krytu z obrusné a ložní vrstvy, se dělá pod krytem další podkladní vrstva z asfaltu. Také lze vytvořit podkladní vrstvu z hrubé kamenné kostry s výplní. To jsou tzv. prolévané vrstvy.

Pod asfaltovými vrstvami zpravidla leží dvě samostatné podkladní vrstvy. U vozovek, které jsou zatíženy vyšším dopravním zatížením, se vrstvy rozlišují dle kvality, v jiných případech je technologie pro obě vrstvy stejná.

3.1.4 Ochranná vrstva

Tato vrstva je v bezprostředním kontaktu se zeminou, a proto jsou na ni kladeny určité parametry. Zřizuje se především ze šterkodrti a potřeba si na začátku položit otázku, jakou ochrannou funkci má zajišťovat.

Funkce ochranné vrstvy ze šterkodrti:

- ochrana podloží před promrzáním dalším zvýšením tloušťky vozovky
- spodní nestmelená podkladní vrstva zcela nezabraňuje pronikání zeminy do podloží
- odvod vody z podloží



Obrázek 9 - Konstrukční vrstvy vozovky [4]

3.2 Členění konstrukčních vrstev podle použitého pojiva nebo technologie výroby

3.2.1 Nestmelené vrstvy

Jedná se o vrstvu bez jakéhokoliv pojiva a drží jen díky vnitřnímu tření mezi jednotlivými zrny kameniva. Používají se převážně v podkladních vrstvách kvůli malé odolnosti proti mechanickému namáhání. V České republice má tu výhodu, že je z hlediska materiálu velmi dostupná. Další předností je jednoduchost v provádění a také poměrně nízká cena oproti vrstvám stmeleným.

Ovšem i tak je potřeba respektovat materiálové požadavky a také technologické postupy. Jedním z typických zástupců nestmelené vrstvy je mechanicky zpevněné kamenivo (MZK) a šterkodrť (ŠD).

3.2.2 Stmelené vrstvy

Stmelené vrstvy se dále dělí na:

- vrstvy asfaltové
- cementobetonové kryty
- vrstvy stmelené hydraulickým pojivem
- vrstvy prolévané
- vrstvy z dlažeb a dílců

3.2.2.1 Vrstvy asfaltové

Jde o nejpoužívanější typ vrstvy pro vytvoření krytu vozovky. Výroba spočívá v obalování směsí kameniva asfaltem na obalovnách při vysokých teplotách. Na stavbě se pokládají a hutní. Asfaltovou směs tvoří zaklíněná zrna kameniva, která jsou obalena na povrchu tenkou vrstvou asfaltu. Toto neplatí pro litý asfalt, jelikož zde má kamenivo spíše výplňovou funkci a položená vrstva se nehutní.

Druhy asfaltových směsí:

- asfaltový beton (AC)
- asfaltový beton pro velmi tenké vrstvy (BBTM)
- asfaltový koberec mastixový (SMA)
- asfaltový koberec drenážní (PA)
- litý asfalt (MA)

3.2.2.2 Cementobetonové kryty

Tyto kryty jsou typické pro tuhé vozovky s velmi vysokým dopravním zatížením. Používají se především při výstavbě dálnic, rychlostních komunikací a letištních drah. Vyrábí se z betonu, na který jsou kladeny přísné požadavky zejména na zpracovatelnost, mechanickou pevnost, protismykové vlastnosti, odolnost proti působení klimatických podmínek a působení rozmrazovacích prostředků. Z důvodu teplotních změn cementobetonové kryty jsou opatřeny dilatačními spárami.

3.2.2.3 Vrstvy stmelené hydraulickými pojivy

Použití tohoto druhu má uplatnění zejména v podkladních vrstvách. Při výrobě se používá cement nebo různá hydraulická silniční pojiva. Využívá se buď jejich specifických vlastností, které snižují možnost tvorby reflexních trhlin, nebo toho, že jejich cena je podstatně nižší. Může se používat méněhodnotné nebo těžené kamenivo.

3.2.2.4 Vrstvy prolévané

Prolévané vrstvy vzniknou vyplněním hrubé kamenné kostry výplňovým, a zároveň tmelícím materiálem. Do této vrstvy patří penetrační makadam, štěrk z části vyplněný cementovou maltou, asfaltocementový beton a kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí.

3.2.2.5 Vrstvy z dlažeb a dílců

Jedny z nejstarších vozovek jsou právě vozovky dlážděné. Dnes mají pouze estetický význam, a proto se používají převážně při opravách a rekonstrukcích



Obrázek 10 - Ukázka zpevněné plochy [16]

památkových center nebo zón. Oproti tomu vozovky z dílců se používají u vozovek, které jsou vybudovány pouze dočasně, a také pro vytvoření zpevněných a manipulačních ploch, jelikož jsou snadno odstranitelné a opětovně použitelné. [4]

4. Asfalt a asfaltové směsi

Asfalt je jedním ze základních stavebních materiálů v silničním stavitelství. Jedná se o živičnatou látku slouženou z uhlíku, vodíku, kyslíku a někdy i dusíku. Používá se zejména jako pojivo do asfaltových směsí, do prolévaných podkladních vrstev nebo jako jeden ze základních materiálů pro výrobu asfaltových emulzí. Dříve se jako pojivo používal dehet, který se později ukázal jako vysoce karcinogenní, a proto je v dnešní době pro výstavbu nových vozovek zakázán.

4.1 Druhy asfaltů

Asfalty dělíme podle původu na přírodní a ropné.

- přírodní asfalty
 - nejznámějším přírodním asfaltem je asfalt skalní, který se používá jako přísada při výrobě litého asfaltu pro vodotěsné úpravy
 - je buď ve formě prášku či granulí
 - významně zlepšuje funkce asfaltových pojiv
- ropné asfalty
 - ropný asfalt je výsledkem destilace surové ropy prováděné v rafinériích – ropa je tmavá olejovitá kapalina s menší objemovou hustotou než voda

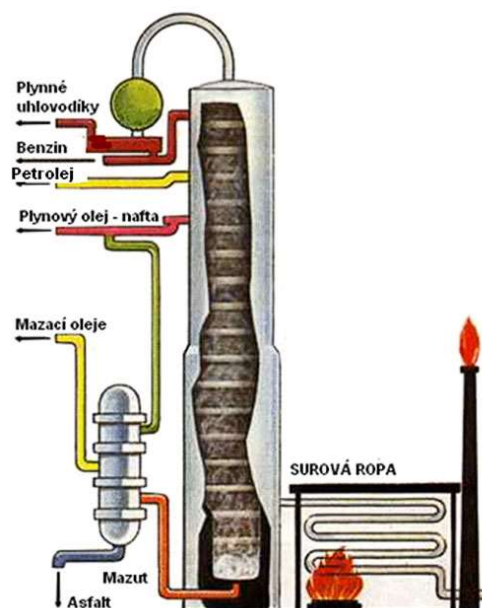


Obrázek 11 - Ukázka ropné rafinérie [17]

4.2 Výroba asfaltu

Děj probíhá v atmosférické destilační koloně, kde jsou nejprve odděleny benzíny, petrolej a plynové oleje. Zůstane mazut, jako destilační zbytek, který vstoupí do destilační kolony a jsou odděleny olejové frakce. Výsledným produktem, který zůstane ze zbytku mazutu, je asfalt. Pro představu lze uvést, že z jedné tuny ropy vydestilujeme přibližně 40 kg asfaltu.

Destilační zbytek z mazutu nemusí být vždy vhodný pro silniční výstavbu, a tak se upravuje vzduchem či modifikací pomocí přísad, čímž se dosáhne požadovaných vlastností. Nejčastěji se asfalty modifikují polymery, neboť díky jim dojde ke zlepšení chování asfaltových pojiv za nízkých a vysokých teplot – nejsou tolik citlivé na změny teplot.



Obrázek 12 - Schéma výroby ropy [18]

Dále mají lepší přilnavost ke kamenivu, jsou méně náchylné ke stárnutí, mají lepší trvanlivost a odolnost proti tvorbě mrazových trhlin, a také vzniku trvalých deformací. Míra ovlivnění vlastností úzce závisí na množství použitého modifikátoru a výchozím asfaltovém pojivu.

Modifikaci pojiv můžeme provést i pryžovým granulátorem. Jedná se o mokrý proces, při kterém je pryžový granulátor zrnitosti 0/1 až 0/2 mm vmíchán do základního pojiva buď přímo v rafinerii a následně dopraven k obalovně nebo v míchacím zařízení (tzv. blenderu) vyroben rovnou na obalovně, popřípadě přidáváním sypkého asfaltového koncentrátu dávkovačem do míchačky obalovny. Modifikované pojivo tímto způsobem se označuje CRmB.

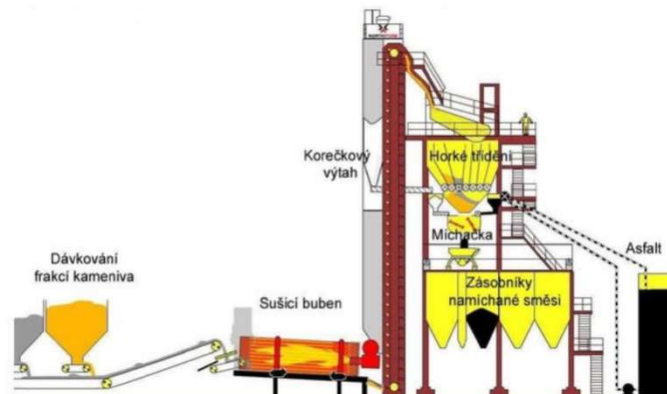
V poslední době se na trh dostávají další druhy pojiv, které se označují jako asfalty speciální. Řadí se mezi ně aditivovaná pojiva, recyklační typy pojiv, barevná pojiva a podobně. [4] [7]

4.2.1 Výroba asfaltových směsí

Výroba asfaltových směsí se provádí na obalovnách. Z technologického hlediska se výroby dělí na dva typy obaloven. Jedná se o šaržové obalovny a obalovny kontinuální.

4.2.1.1 Šaržové obalovny

Pro výrobu směsi je potřeba dopravit do míchačky veškeré plnivo a pojivo. Pomocí nakladače je dopraveno kamenivo ze zásobníků, které jsou rozděleny dle jednotlivých frakcí, do násypky studeného dávkování. Odtud je odváženo příslušné množství pásovou vahou a pak je dopravníkem přemístěno do sušícího bubnu. V přední části bubnu je umístěn hořák, který je poháněn zemním plynem, lehkými topnými oleji nebo uhelným prachem a proud horkého vzduchu unáší z vysušeného kameniva jemné částice. Částice jsou následně vráceny zpět do výroby, ale je zde riziko, že částice mohou obsahovat jílovité minerály, které by později zapříčinily bobtnání směsi, a zhoršila by se přilnavost asfaltu ke kamenivu. Vysušené kamenivo se z bubnu transportuje korečkovým výtahem do věže obalovny na síta, kde dochází k tzv. horkému třídění. Horké třídění je založeno na principu odvalování větších zrn kameniva po vibračních sítích a menší zrna, aby propadla. Takto oddělené kamenivo pokračuje do jednotlivých kapes, odkud je odvažováno do míchačky v souladu výrobního předpisu. Zásobníky jednotlivých frakcí jsou vybaveny signalizačním zařízením, které signalizuje velínu stav hladiny materiálu a také jeho teplotu. Následně je samozřejmě zabráněno i přepadu kameniva, aby nedošlo ke smíchání frakcí.

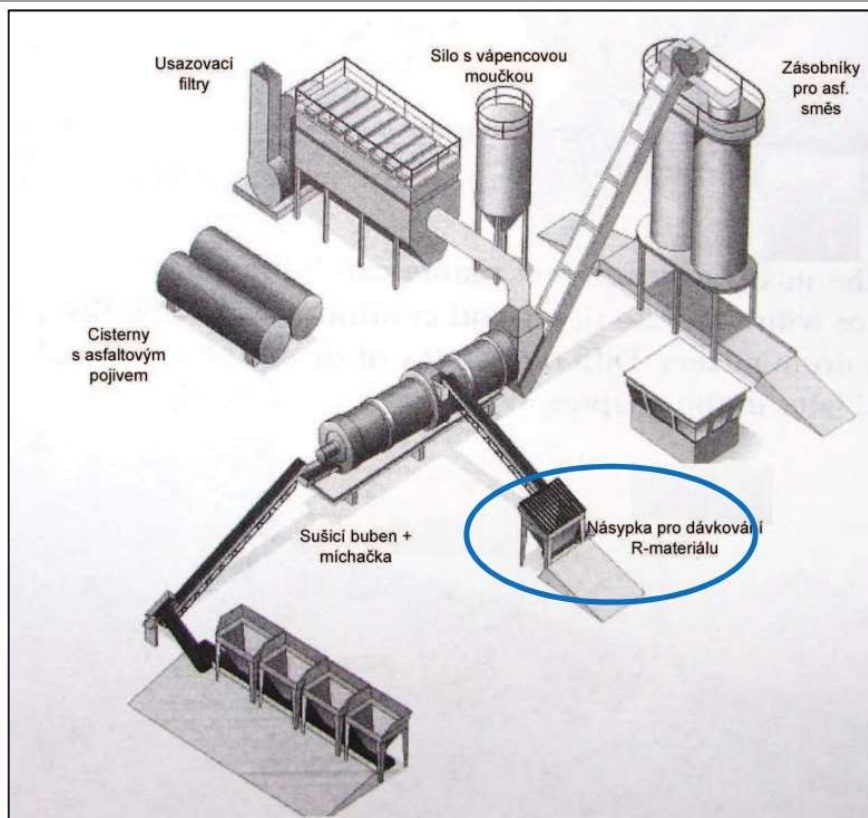


Obrázek 13 - Schéma šaržové obalovny [19]

K výrobě jsou obvykle používány míchačky dvouhřídelové, na jejichž hřídelích jsou ramena ukončena lopatkami. Stěny míchačky jsou vyloženy plechy z oteruvzdorného materiálu a plášť s vypouštěcím uzávěrem je vyhříván. V případě potřeby použití jakýchkoliv přísad se zaústí do pláště míchačky dávkovač, který musí být dokonale utěsněn, aby bylo zabráněno úniku prachu. Čas míchání směsi je stanoven výrobním předpisem. Teplota kameniva, asfaltu a asfaltové směsi musí být po celou dobu kontrolována a hlídána, aby také odpovídala výrobnímu předpisu. Hodnota teploty pro běžné asfalty je 25 °C.

4.2.1.2 Kontinuální obalovny

Tyto obalovny se zpravidla používají pro velké liniové stavby, kde se vyrábí jeden druh asfaltové směsi po delší dobu. Od šaržových obaloven se tyto liší tím, že zde nedochází k horkému třídění, ale vysušený materiál je míchán buď ve spodní části bubnu, nebo v přídavné míchačce. Do sušícího bubnu přichází již kamenivo předepsaného složení, tudíž je potřeba, aby mělo co nejvíce konstantní parametry, a to především nadsítné a podsítné. Jednou z používaných kontinuálních obaloven je systém Drum mix, který je vybaven dvojrámovou míchačkou, která se skládá z ohřívací a míchací části. Pravdou je, že v České republice se tento typ prakticky nevyužívá, zatímco např. v USA je jednou z nejpoužívanějších kontinuálních obaloven. [4]



Obrázek 14 - Schéma kontinuální obalovny [20]

4.3 Skladování asfaltových směsí

Srdcem výroby je obalovna, která musí být vybavena a provozována tak, aby byla zajištěna plynulá a trvalá výroba asfaltové směsi. Musí být zajištěno dokonalé vysoušení a ohřev kameniva, ohřev asfaltu, správné dávkování materiálů, udržení nastavené teploty a dokonalého obalení směsi kameniva asfaltem. Obalovací souprava musí být vybavena teploměrem, vážícím zařízením kameniva a hmotnostním nebo objemovým dávkovacím zařízením.

Vyrobené směsi se z míchačky vypouštějí do přistavených dopravních přepravníků nebo se ukládají do zásobovacích sil. Skladování směsi je nezbytné připravit na následující možnosti. Zejména na možnost nepravidelného odběru, zvýšení kapacity odběru, výrobu více druhů asfaltových směsí a také pro dlouhodobé ukládání. Je potřeba přizpůsobit kapacitu zásobníků vůči organizaci odběru, aby v žádném případě nedošlo k více jak půlhodinové prodlevě oproti kapacitě obalovací soupravy. Při dlouhodobém skladování asfaltových směsí je požadováno používat výhradně tepelně izolované nebo vyhřívané zásobníky s vyhřívaným výstupním otvorem. [6] [8]

4.4 Doprava asfaltové směsi na stavenišťě

Jednou z důležitých částí při stavbě asfaltových vozovek je doprava asfaltové směsi od obalovací soupravy na stavenišťě. Zajištění kvality pokládky a hutnění směsi závisí na plynulosti dopravy, což při dnešních dopravních intenzitách na některých komunikacích může způsobit nečekané komplikace, a proto je dobré s touto variantou počítat dopředu. Potřebný počet vozidel závisí na výkonu obalovací soupravy, dopravní vzdálenosti, hustotě provozu, a především na výkonu finišeru. Důležité je, aby byl zajištěn plynulý chod finišeru bez zastavování a čekání na dodávku směsi. V ideálním případě by měly být nosnost vozidel stejná a je nutné přihlídnout k možnosti otáčení na stavenišťi a sklápění směsi do násypky finišeru.

Potřebný počet vozidel stanovíme podle následující rovnice

$$n = \frac{t \cdot \theta}{60 \cdot c}$$

kde θ – množství přepravované asfaltové směsi

t - čas potřebný pro jedno otočení vozidla, které zahrnuje plnění, vyprazdňování, vlastní jízdu k finišeru a zpět, ztrátové časy [minuty]

c - užitný obsah dopravního vozidla [t]

V případě, že směs je u obalovací soupravy vypuštěna z míchačky přímo na vozidlo, je zapotřebí navýšit počet o jedno vozidlo. To se může hodit i v případě nějaké poruchy či výpadku vozidla z pravidelného cyklu. Podle povětrnostních podmínek je možné u běžných nákladních vozidel s nosností větší než 10 tun uvažovat dopravní vzdálenost až 80 km. Větších dopravních vzdáleností, které by odpovídaly době jízdy až 4 hodin, je možné docílit díky speciálně izolovaným vozidlům. Velké vzdálenosti se však moc nedoporučují, neboť během jízdy dochází k hutnění směsi a její částečné segregaci. U běžných nákladních vozidel lze předpokládat ochlazení cca o 10°C / hod, v případě speciálně izolovaných přepravníků o 5 °C / hod. Nejvíce je ochlazována povrchová vrstva, tj. do hloubky 30 až 50 cm. Vlivem ochlazení vznikne kůra, která škodí při pokládce a hutnění. [6]

Nejběžnější a nejpoužívanější asfaltová směs je asfaltový beton, na který jsou kladeny určité požadavky a ty jsou dány předpisy a směrnicemi Ředitelství silnic a dálnic ČR. Lze zmínit normu č. 13108 – 1 Asfaltový beton nebo v rakouských předpisech pro silniční stavitelství používají RVS 8S.04.11 – Konstrukce vozovky, asfaltové směsi, požadavky na asfaltové vrstvy.

Mezi hlavní požadavky na dopravu směsi patří:

- vozidla pro přepravu musí mít těsnou, hladkou a také čistou kovovou korbu
- vozidlo, s poškozeným pérováním nebo např. odkapávající provozní kapalinou, u kterého by docházelo k rozměšování materiálu, nesmí být použito
- plochy kamiónu, které přijdou do kontaktu se směsí ošetřit separačními prostředky – ideálně prostředky, které jsou na bázi mýdel či silikonových olejů, (nevhodné je použití nafty, neboť zhoršuje přilnavost pojiva ke kamenivu a dojde ke zředění asfaltového pojiva)
- ochrana před vlhkostí, ochlazením a znečištěním (z toho vyplývá, že vozidla, která budou materiál dopravovat, musí být zakryta plachtami nebo mít uzavřenou korbu)
- zabránění snížení teploty
- směs nesmí být vystavena účinkům kyslíku → změna gradace až o 2 třídy
- dbát, aby nedošlo ke tvrdnutí asfaltu v asfaltové směsi
- nepokrývat asfaltovou směs vrstvou písku (mohou vzniknout poruchy asfaltových vrstev)
- při větších vzdálenostech a méně vhodných klimatických podmínkách se doporučuje použít homogenizátor, který se nachází mezi vozidlem a finišerem, pro zajištění teplotní a granulometrické homogenity [7] [8]



Obrázek 15 - Doprava asfaltové směsi s vyložením do finišeru [21]

Také je možné použít jako součást dopravy asfaltové směsi mobilní zásobník. Tato možnost dopravy sebou nese jisté výhody. Homogenizuje asfaltovou směs mícháním, eliminuje zrnitostní a teplotní segregaci – s tím je spojené snížení rizika vzniku poruch, dále snižuje různorodost objemové hmotnosti a je možné eliminovat počet dopravních vozidel. [5]



Obrázek 16 - Ukázka mobilního zásobníku asfaltové směsi [5]

5. Procesy potřebné k realizaci vozovky

5.1 Úprava podkladu a pokládka asfaltové směsi

Aby byla zajištěna správná pokládka asfaltové vrstvy, je důležité mít dobře připravený podklad, a právě z tohoto důvodu jsou na něj kladeny jisté nároky. Podklad musí být především únosný a čistý. V případě, že budeme pokládat již na starou vrstvu, je potřeba povrch opravit tak, aby na něm nebyly výtluky, spáry a trhliny. Co se týká nerovností, ty nesmějí být větší než 20 mm, jak v podélném, tak v příčném směru. Nerovnost se měří 4 m dlouhou latí v podélném směru, oproti tomu v příčném směru

použijeme lať dlouhou 2 m. Pokud se vyskytnou větší nerovnosti, je nutné za použití frézy povrch snížit, anebo v opačném případě povrch dorovnat vyrovnávací vrstvou z asfaltového betonu. Obecně platí, že čím bude podklad tužší, tím lépe půjde zhutnit a hutnění bude o to efektivnější.

Možná úskalí při nesprávně připraveném podkladu:

- neúnosný podklad – nelze zhutnit v podstatě žádnou vrstvu, neboť dochází k přetváření materiálu hutněné vrstvy a ten pod hutnicím mechanismem ujíždí
- neopravený výtluk – směs nepůjde zhutnit a výtluk se objeví znovu
- neúnosná opravovaná vozovka – nelze vozovku překrýt jen jednou asfaltovou vrstvou, ale je nutné provést celkovou rekonstrukci [4]

5.1.1 Úprava zemin a stabilizace

Mnohdy je potřeba zlepšit vlastnosti zeminy, která se nachází v podloží, abychom dosáhli zlepšení zrnitosti a případně i vlhkosti zeminy. V podstatě z nevhodné zeminy, která nesplňuje požadované parametry, touto úpravou dosáhneme jejího zkvalitnění. Násyp zeminy můžeme zlepšovat buď mechanicky, anebo chemicky pomocí přidání příměsí pojiva. Oba tyto způsoby jsou účinné jen pro určité druhy zemin, a proto se nesmí mezi sebou zaměnit.

Zlepšením zemina získá vhodnější zařazení pro zpracování vhodnosti zeminy jak do násypů, tak do podloží. Tyto technologie se uplatňují u zemin, které spadají do VI. až VIII. skupiny vhodnosti podloží. Oproti tomu zeminy skupiny IX se z podloží snažíme spíše odstranit, neboť se jedná o zeminy namrzavé, až nebezpečně namrzavé a jejich pevnost klesá s navázáním vody. Především jsou to zeminy s vysokou plasticitou a nízkou pevností.

Podmínkou pro uplatnění možnosti zlepšení zemin je především odvíjeno od technologické proveditelnosti a samozřejmě od ekonomické přijatelnosti. Dále je potřeba vzít v potaz zdroje materiálů, vlastnosti podloží, vodní poměry, druh vozovky a klimatické podmínky.

Postup mechanického zlepšení, který se provádí na místě, je v zásadě jednoduchý. Nejprve se naveze a rozprostře písčité zemina, na kterou se vzápětí položí zlepšovaná soudržná zemina a dojde k jejich promísení. K rozmísení se používají zemní frézy,

diskové brány, rozrývače, pluhy kultivátory, grejdry, ježkové a tampingové válce. Musí se pohlídat vlhkost zeminy před hutněním a její mezní odchylka by se měla pohybovat od - 3 % do 3 % vlhkosti. Mechanicky zlepšená zemina by měla vykazovat poměr únosnosti minimálně $\text{CBR} = 10 \%$ změřené při zkušební vlhkosti na zhutněném vzorku.

Zlepšením zeminy příměsí pojiva dosáhneme lepší zpracovatelnosti zeminy, jelikož snížíme její vlhkost i namrzavost, a zároveň zvýšíme pevnost a odolnost proti nepříznivým vlivům vlhkosti. U soudržných zemin snížíme vlhkost nejvhodněji příměsí nehašeného vápna. Např. u spraší příměs nehašeného vápna sníží vlhkost zeminy o 1 % až 2 % a optimální vlhkost zvyšuje o 0,4 % až 0,6 % na každé procento příměsi. V případě nehašeného vápna se nejprve nadávkuje právě ono, poté se promíchá se zeminou a počká se na reakci hašení vápna a po vyhašení se přidá další pojivo. Jako další je pojiva se používají cement, popílek a v neposlední řadě i textilní nebo syntetická vlákna. Pojiva jsou dávkována dávkovači, promíchají se se zeminou, popřípadě se upraví ještě vlhkost, a po promísení dojde ke zhutnění např. ježkovým válcem. Zlepšená zemina musí odpovídat potřebným parametrům, jako je dosažení únosnosti min. 10 % CBR na vzorku, který byl sedm dní uložený ve vlhkém prostředí. Za vlhké prostředí se považuje takové prostředí, kde je minimální relativní vlhkost vzduchu 95 %, a poté se vzorek ponoří na čtyři dny do vody, aby došlo k saturaci. Dále jeden z hlavních kvalitativních ukazatelů je požadavek na stabilizaci, čímž je pevnost v prostém tlaku, který je zkoušen na válečcích o průměru a výšce 100 mm. Válečky je nutno vytvořit stejným postupem, jako bude provedena stabilizace na stavbě. [4] [5] [12]



Obrázek 17 - Silniční fréza pro stabilizaci zemin [11]

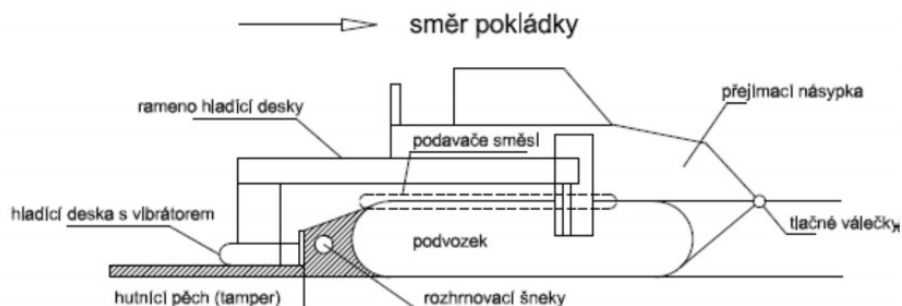
Při pojezdu fréza rozrušuje zeminu a mísí ji s pojivem. Zároveň směs vlhčí a vytváří pevnou a únosnou vrstvu. Na tomto obrázku je zemina zlepšována vápnem, které fréza pomocí ježkového bubnu zpracovává do podložní vrstvy.

Pokud máme únosný a rovný podklad, je možné přejít k pokládce směsi. Nesmí se však opomenout, že směs musí být pokládána při takových teplotách ovzduší, podkladu a větru, aby bylo možné směs dobře rozprostřít a také ztuhnout. Co se týká samotné pokládky, tak tu je možné provádět ručně či strojně. Ruční pokládání se použije pouze u malých ploch, staveb s malou důležitostí, anebo tam, kde strojní pokládka není možná.

Při strojní pokládce se nejčastěji používají finišery s automatickým nivelačním zařízením, které umožňuje dosažení maximální rovnosti povrchu. Dále se používají finišery pásové nebo kolové. V případě větších ploch je možné, však pouze výjimečně, použít i grejdry. [4] [6]

Finišery

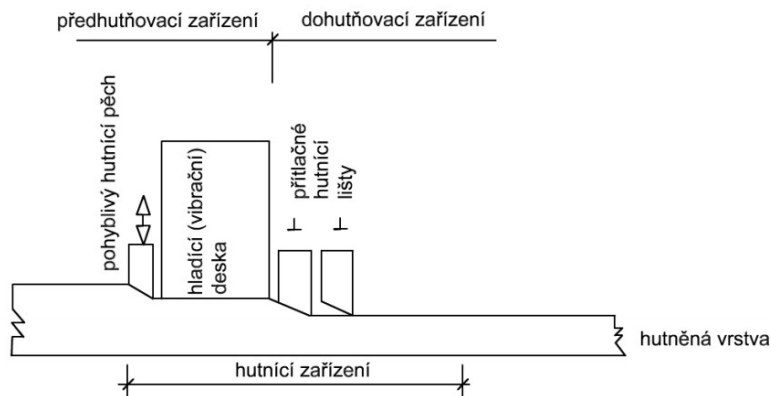
Finišer je silniční stroj určený k rozprostření, předhutnění a také urovnání živичné směsi do předepsaného příčného sklonu a podélné nivelety. Vznikne tak finální povrch asfaltových vozovek. Tyto stroje jsou vybaveny násypkou se sklopnými bočnicemi, unášecím pásem, který dopravuje asfaltovou směs před šnekový rozhrnovač, jež je umístěn v zadní části finišeru. Šnekovým rozhrnovačem je směs rozprostřena po šířce před urovnávací a hladící lištu. Šířka záběru je velmi variabilní a je v rozsahu od 0,5 m u chodníkových finišerů, zatímco u finišerů se speciálními nastavci dosahuje až 16 m.



Obrázek 18 - Hlavní části finišeru pro hutněné asfaltové směsi [5]

Při realizaci se postupuje následovně. Jednou z možností je, že k připravenému finišeru nacouvá dopravní prostředek s asfaltovou směsí, otevře korbu a směs se

sesypává do násypky finišeru. Nákladní automobil zůstane zapřen o válce finišeru, který před sebou tlačí odbrzděný dopravní prostředek, a tím je zajištěna plynulost pokládky.



Obrázek 19 - Schéma dohutňovacího zařízení – s přítláčnými lištami [5]

U většiny finišerů se směs předhutní v předhutňovacím zařízení, což je pohyblivý hutnicí pěch a vibrační deska. I když finišer směs předhutní téměř na 85 – 95 %, pro zlepšení vlastností vozovky se ke konečnému zhutnění použijí ještě hutnicí válce.

Další možnost byla zmíněna již při dopravě směsi, kde dopravní prostředek směs vysype do mobilního dopravníku směsi, odkud je přes pásový dopravník přepravena do násypky finišeru.

Při pokládce je potřeba dodržovat tyto zásady:

- sladit množství dopravované směsi s výkonem finišeru (výroba, doprava a pokládka musí být vyvážená, aby byla zajištěná plynulá pokládka)
- násypka finišeru musí mít dostatečnou kapacitu, aby nedošlo k zastavení práce finišerem (při nedostatku směsi se rychlost finišeru sníží na 1 – 12m/min, aby nikdy nedošlo k jejímu úplnému vyprázdnění)
- před každým plněním násypky je potřeba sklopit bočnice finišeru a shrnout směs z boků násypky doprostřed nad unášecí pás, aby tam nezůstala přilepená před novým plněním
- neopomenout fakt, že válčováním se tloušťka vrstvy sníží, a proto niveletu finišeru navýšíme o 10 – 20 %
- pokud možno, tak pokládat směs na celou pracovní šířku vozovky a tím se vyhnout podélným pracovním spojům

-
- směr pokládky volíme ve směru stoupání než ve směru klesání, jelikož by mohlo dojít k potrhání směsi od brzdícího válce z kopce
 - finišer nesmí stát déle než 5 minut (při nižších teplotách a za silnějšího větru max. 3 minuty)
 - rozprostření směsi zorganizovat tak, aby podélný spoj v obrusné vrstvě byl u dvoupruhových vozovek v její ose, zatímco u vícepruhových na styku jízdnic pruhů
 - při pokládce v pruzích se dbá na to, aby podélné pracovní spoje byly překryty o 20 cm

Pokud máme podklad správně připravený a nanesenou asfaltovou směs, můžeme přejít k hutnění vrstev asfaltové směsi, což je jedna z nejnáročnějších operací celého procesu. I přesto, jak je hutnění vrstev důležité, bývá často podceněno a mnohdy dojde k znehodnocení asfaltové směsi, i když ta bude správně navržena i vyrobena. Důsledkem neodborně provedeného zhutnění je nedosažení potřebné objemové hmotnosti směsi, jež se projeví poté při měření kvality. Důvodem nedosažení kvality je nevyhovění kvalitativním parametrům, jelikož se porovnávají s hodnotami, které jsou naměřeny v laboratorních (ideálních) podmínkách při 100 % zhutnění.[4][6] [9]

Konečné zhutnění směsi ovlivňuje její vlastní zhutnitelnost:

- čára zrnitosti – čím bude čára zrnitosti plynulejší, tím bude zhutnitelnost snadnější
- druh kameniva – pro zlepšení zhutnitelnosti je lepší použít kamenivo těžené, jelikož nevykazuje tak velký odpor k hutnění oproti kamenivu drcenému; avšak je přípustné přidávat pouze 10 % kameniva z celkového obsahu pro zlepšení zhutnitelnosti
- velikost max. zrna – hrubozrnné směsi jsou obtížněji zhutnitelné v porovnání s jemnozrnnou směsí, ale za to jsou stabilnější
- obsah pojiva – zhutnitelnost bude lepší s rostoucím obsahem pojiva, ale jen dokud nedojde k zaplnění vzduchových mezer, pak by mohlo dojít ke klesání objemové hmotnosti směsi
- teplota směsi během procesu – je potřeba, aby směs na stavbu nebyla přivezena příliš vychladlá, jelikož by pak byla zcela nezhutnitelná

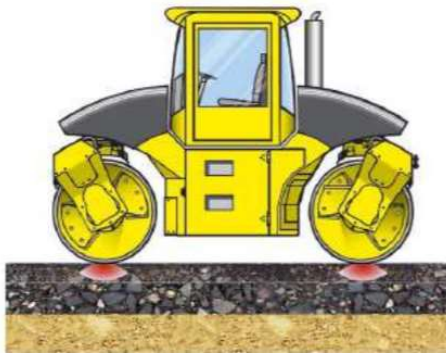
Právě kvůli špatné zhutnitelnosti, respektive nedosažení požadované míry zhutnění, může dojít k nadměrné mezerovitosti a předčasnému výskytu poruch jako jsou výtluky, hloubkové eroze a trhliny. Také se směs může trhat před hutnicím prostředkem nebo vzniknou malé příčné trhliny, které se napravují poměrně obtížně tzv. „zažehlováním“.
[4]

5.2 Hutnicí prostředky asfaltových směsí

K hutnění směsí se používají statické válce, vibrační válce, pneumatikové válce a také válce s oscilačními běhouny.

Statické hladké válce

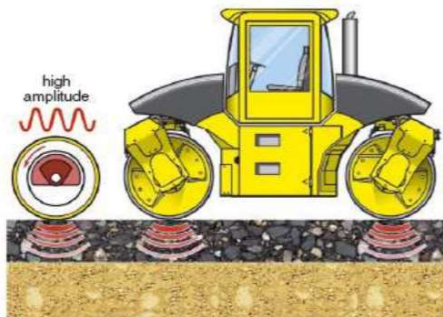
Tyto válce jsou v zastoupení buď jako třiběhounové dvouosé nebo tandemové dvouosé. Na podloží působí statickou silou a provozní hmotnost se pohybuje mezi 1 000 – 15 000 kg, rychlost hutnění se doporučuje max. 4 km/h, aby došlo k plnému zhutnění, které nastane v hloubce cca 8 cm.



Obrázek 20 - Ukázka statického tandemového válce s rotačním excentrem v 1 ose s vysokou amplitudou [11]

Vibrační válce

Vibrační válce se vyrábějí nejčastěji jako tandemové dvouosé s pohonem na obě nápravy. Válce fungují na principu působení vibrací s kombinací působícího tlaku. Díky vibracím dochází ke snížení vnitřního tření ve směsi a tím pádem vytvoří lepší podmínky pro hutnění tlakem. Z toho vyplývá, že není potřeba, aby válce měly nikterak velkou hmotnost.



Obrázek 21 - Ukázka vibračního válce [11]

Mezi velkou přednost patří působení do hloubky oproti válcům statickým, musí se však dát pozor, aby nedošlo k rozdrčení zrn. Přes řadu výhod je nutné zmínit náročnost

hutnění, které je závislé na teplotě směsi, počtu pojezdů, frekvenci a amplitudě vibrace. Pro hutnění asfaltové směsi jsou vhodné vyšší frekvence a nižší amplitudy. Nejběžnější hodnota frekvence je pro tyto směsi okolo 40 Hz. Pro zajištění uzavřené struktury by poslední pojezdy válce měly být bez vibrací, to stejné se doporučuje i pro první dva pojezdy. [4] [11]

Pneumatikové válce

Tyto válce mají výborný hnětací a válcovací účinek. Způsobem hutnění se řadí mezi válce statické. Vyrábějí se s 5 - ti až 11- ti koly na jedné ose, hmotnostně se pohybují v rozmezí 5 000 – 25 000 kg. Účinky hutnění závisí na zatížení kol, tlaku v pneumatikách a na rychlosti jízdy. Za správně nastavených parametrů lze účinně vrstvu hutnit do hloubky až 18 cm. Při hutnění tlustých vrstev je pracovní rychlost 3 – 4 km/h, zatímco při uzavírání povrchu je rychlost okolo 7 – 8 km/h. Obecně platí, že



zpočátku je rychlost nižší, pro uplatnění hloubkového účinku, a postupně se jízdy zrychlují. Provozní teplota válce je 60 °C, a proto je doporučeno jet za finišerem co nejpomaleji. Dbá se, aby prostor kol byl chráněn před nižší teplotou vzduchu a také větrnému počasí ochrannými plachtovými kryty. [4]

Obrázek 22 - Pneumatikový válec, typ AP 240 Ammann [10]

Na obrázku č. 21 je uveden válec typu AP 240, jehož hmotnost je včetně kabiny 9,91t, pracovní šířka je 1990 mm, válec se pohybuje na 8 kolech 11 x 20 – 18 PR, přičemž má pohon na zadní nápravě a přední je říditelná. [10]

6. Vliv povětrnostních podmínek na pokládku směsi

Pro kvalitní pokládku musí být, jak již bylo řečeno, čistý, suchý nebo nejvýše zavlhlý. Nadměrná vlhkost podkladu může zapříčinit ochlazení pokládané směsi a také nedokonalé spojení vrstev. Jistou pozornost je potřeba soustředit také na stav použitých mechanismů a zamezit případnému odkapávání olejů, pohonných hmot, rozpouštědel atd.

Základní principy, které je potřeba dodržovat:

- asfaltové směsi je zakázáno pokládat za deště a větru, neboť by mohlo dojít k rychlému ochlazení směsi
- směsi nesmí být kladeny na podklad, kde je souvislý vodní film nebo pokud se na podkladu nachází led
- obrusnou a ložní vrstvy je možné pokládat na mírně zavlhlý povrch
- vystavení směsi přímému slunečnímu záření je třeba pečlivě zvážit, jelikož to může mít jak příznivý, tak i nepříznivý účinek pro danou směs

Obecně platí, že s rostoucí počáteční teplotou výrazně narůstá doba ochlazování. Pro představu je možno uvést, že pokud zvýšíme teplotu směsi o 10 °C, tak prodloužíme čas pro hutnění o 10 – 15 %. Poslední dobou je čím dál tím více kalkulováno s nízkoteplotními asfalty, které se vyrábějí přidáním speciálních přísad. Ty umožňují snížit teplotu zpracování a provést pokládku stejným postupem, jako tomu je u běžných asfaltů bez těchto přísad.

Tabulka 4 - Teploty asfaltových směsí při výrobě a pokládce

Druh asfaltové směsi	Teplota směsi při výrobě	Teplota směsi při pokládce
směs s použitím ropných asfaltů	180 °C - 190 °C	130 °C - 180 °C
směsi modifikovaná polymerem	190 °C - 200 °C	140 °C - 190 °C

Tato tabulka znázorňuje teploty, které mají být dodrženy při výrobě asfaltových směsí a také při samotné pokládce. Teplota směsi je zároveň závislá na tloušťce pokládané vrstvy. Teplota směsi je měřena v prostoru, kde se nachází rozdělovací šnek finišeru. V případě nízkoteplotních asfaltů a také modifikovaného asfaltu stanovuje teplotu směsi výrobce. [4] [6] [24]

7. Pořizovací a provozní náklady

Není zcela snadné předem stanovit výši pořizovacích nákladů, jelikož vždy záleží na výsledku veřejné soutěže z nabídkového řízení. Cena díla je ovlivňována například vzdáleností obaloven asfaltových směsí, zdroji kameniva a počtem uchazečů o zakázku. Ve většině případů jsou asfaltové povrchy vozovek levnější než cementobetonové kryty, ale to je dáno tím, že je na trhu méně stavebních firem, které tento typ krytu provádí, a tak není tolik konkurenčních zhotovitelů.

Asfaltové kryty jsou sice levnější při pořizování, ale naopak si žádají větší provozní náklady. V tomto ohledu je pro provozovatele daleko ekonomičtější variantou tuhý kryt vozovky (cementobetonový), neboť poskytuje stejný komfort jízdy, a zároveň se počítá s životností 35 – 50 let oproti krytu z asfaltu. Ten vydrží maximálně 10 – 15 let. [28]

7.1 Efektivnost silničních staveb z hlediska ekonomiky

U investičních záměrů všech projektů navržených k realizaci se dělá ekonomické hodnocení, přičemž se očekávají přínosy zejména pro uživatele silničních sítí ale také pro obyvatelstvo v oblasti, která je infrastrukturou ovlivněna, dále pro správce komunikací a pro ekonomický rozvoj. Hodnocení se dělá na základě metodického postupu stanoveného Ministerstvem dopravy ČR a kontrolu zajišťuje ŘSD ČR. Veškeré investiční záměry musí splňovat kritérium minimální ekonomické výnosnosti, které je stanovené ve výši 5,5 %. Za významné se nepovažuje pouze úspora v penězích, ale také hraje velkou roli časová úspora cestujících, přeprava zboží, snížené nehodovosti atd. [2]

7.1.1 Rychlost výstavby a srovnání cen na výstavbu 1 km dálnice

Největším problémem České republiky je, že trvá velmi dlouho příprava stavby. Od předchozích let se právě příprava prodloužila o pět let a od záměru projektu do získání pravomocného stavebního povolení to trvá 13 let. Zatímco čas přípravy se prodloužil, tak naopak náklady se snížili téměř o polovinu. Pád ceny je spojený zejména s vyšší konkurencí mezi stavebními firmami a mnohdy se stane, že cena zakázky je i firmou o poznání levnější, než by byl stát ochotný, na základě odhadu, do stavby zainvestovat. Další věcí je, že u veřejných zakázek rozhoduje cena za dílo, což se pak mnohdy odrazí na kvalitě provedení. [1] [25]

Tabulka 5 - Ceny výstavby dálnic v ČR za 10 let

Přehled ceny za výstavbu 1 km dálnice na našem území za posledních 10 let	
Rok	Průměrná cena mil Kč/ 1 km
2008	342
2013	340
2018	152

Z uvedených informací je zřejmé, že cena za 1 km dálnice během pěti let zůstala prakticky stejná, zatímco během dalších pěti let se výrazně snížila.

Ve srovnání s ostatními státy Evropy jsou dražší Rakušané, Maďaři a Slovinci. Oproti tomu Chorvati, kteří stavějí v hornatém až vysokohorském terénu, tak ti staví levněji. [25]

Tabulka 6 - Ceny dálnic v Evropských zemích

Přehled ceny za výstavbu 1 km dálnice v Evropě	
Stát	Průměrná cena mil Kč/ 1 km
Slovensko	158,97
Rakousko	244,39
Dánsko	150,6
Německo	210,45

7.2 Volba typu krytu vozovky

Pro zvolení vhodného typu krytu existuje Metodický pokyn Ministerstva dopravy (Zásady pro hodnocení výhod a nevýhod asfaltových a cementobetonových technologií z hlediska jejich použití na dálnicích, rychlostních silnicích a silnicích I. třídy.), v němž je, na základě intenzity dopravy těžkých nákladních vozidel stanoveno, o jaký typ se v daném případě bude jednat. Pokud bude průměrná denní intenzita dopravy na komunikaci dosahovat vyšších hodnot než 7 500 těžkých nákladních vozidel, tak se zvolí jednoznačně kryt cementobetonový. Zatímco pokud intenzita bude nižší než 3 500, tak se bude uvažovat o krytu asfaltovém. Rozmezí mezi těmito hodnotami je otázkou soutěže, ale bude upřednostněn cementobetonový kryt vozovky, avšak za předpokladu, že cena nebude vyšší o více než 15 % v porovnání s asfaltovým krytem.



Obrázek 23 - Vozovka z cementobetonového krytu [22]



Obrázek 24 - Vozovka s asfaltovým krytem [23]

8. Praktická část bakalářské práce

V nadcházejících kapitolách praktické části bakalářské práce jsem se zabývala laboratorními zkouškami, které byly provedeny na jádrových vývrtech pozemní komunikace netuhé vozovky. Vývrty byly odebrány z pozemní komunikace s asfaltovým krytem vozovky, u něhož byla provedena výměna obrusné a částečně ložné vrstvy. Kryt byl položen v listopadu roku 2018 a na začátku roku 2019 se objevily poruchy vozovky jako jsou výtluky, ztráta asfaltového tmelu, trhliny a vyjeté koleje. Na vývrtech byla provedena série kontrolních zkoušek, a to smyková zkouška, stanovení objemové hmotnosti asfaltových směsí, maximální objemové hmotnosti asfaltových směsí, mezerovitost, zrnitost a obsah rozpustného pojiva. Vyhodnocení zkoušek bude provedeno na základě norem, které jsou sepsány v úvodu mé práce.

8.1 Základní identifikační údaje

Stavba: Oprava obrusné vrstvy pozemní komunikace

Kraj: Středočeský

Stavebník: Ředitelství silnic a dálnic ČR

Jedná se pozemní komunikaci ve Středočeském kraji, kde byl nevyhovující stav obrusné vrstvy pomalého jízdního pruhu. Důvodem opravy mělo být zlepšení komfortu a plynulosti jízdy a také zvýšení bezpečnosti silničního provozu. Již dříve bylo značné množství poruch této vrstvy lokálně opraveno a nyní došlo k výměně obrusné vrstvy celoplošně. Dále byly opraveny výtluky a poruchy vozovky v ložné a podkladní vrstvě. Došlo k odfrézování původní ložné vrstvy po celé šíři jízdního pruhu a obrusné vrstvy o mocnosti 50 mm.

Nově navržená skladba vozovky:

- Obrusná vrstva: asfaltová směs ACO 11S PMB 25/55-60tl 50 mm
spojovací postřík PS – CP C 60 BP 4 0,5kg/m²
- Ložná vrstva: asfaltová směs ACL 22S PMB 25/55-60tl. 60 mm
spojovací postřík PS – CP C 60 BP 4 0,5kg/m²

8.2 Úvod na požadavky směsí

Požadavky na asfaltové směsi jsou dány normou ČSN EN 13108-1. Obecně platí, že navržené složení směsi musí být deklarováno protokolem o zkoušce, který musí obsahovat:

- návrhové procento propadů stanovenými síty
- návrhový obsah pojiva a případně obsah pojiva R-materiálu anebo obsah pojiva z přírodního asfaltu
- procento přísad

Návrhový obsah pojiva se bere jako celkové přidané pojivo, včetně veškerých přísad v roztoku pojiva, R – materiálu anebo přírodního asfaltu.

Návrh složení vychází z požadavků norem, které předepisují druh a kvalitu stavebního materiálu a také fyzikálně mechanické vlastnosti. Nejprve se provede návrh směsi, na které se poté udělá počáteční zkouška typu. To je zkouška, kterou se ověřují požadavky na asfaltové směsi, a optimální složení je možné nalézt jen v laboratoři tímto speciálním postupem. [30]

8.2.1 Zrnitost a obsah pojiva

Zrnitost a obsah pojiva jsou jedněmi z nejdůležitějších parametrů pro zajištění kvality asfaltových směsí. Zrnitost se vyjadřuje v procentech celkové hmotnosti kameniva, zatímco obsah pojiva a přísad se určuje z celkové hmotnosti směsi a opět v procentech. Zrnitost se na všech sítích vyjadřuje s přesností na 1 %, kromě síta s velikostí ok 0,063 mm. V tomto případě se procento propadu stanovuje s 0,1 % přesností.

Minimální obsah pojiva je definován v dokumentech souvisejících s použitím výrobku a musí se zaokrouhlovat na nejbližších 0,1 %. Hodnoty se musí pohybovat v rozmezí 3,0 % - 8,0 %. Minimální obsah pojiva se značí jako $B_{min,x}$, kde x vyjadřuje minimální obsah pojiva v procentech a obsah pojiva se upravuje ještě součinitelem α . Součinitel alfa je podíl předpokládané hmotnosti kameniva, která je rovna 2,65 Mg/m³, a zdánlivé objemové hmotnosti, která je stanovena podle normy EN 1097-6. [30]

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho}$$

8.3 Jádrové vývrty

Jádrové vývrty byly odebrány z pozemní komunikace s asfaltovým krytem diamantovou korunkou o průměru 150 mm. Při vrtání bylo použito chlazení vodou a vývrt byl po odvrtání vytažen pomocí speciálních kleští. Na těchto jádrových vývrtech byla stanovena tloušťka a stav jednotlivých vrstev v laboratoři.



Obrázek 25 - Provedení jádrového vývrtu a ukázka diamantové korunky [26] [27]

Na základě požadavku objednatele laboratorních zkoušek byly provedeny zkoušky pouze na obrusné a ložní vrstvě. Z dané pozemní komunikace byly odebrány 4 vývrty v rozmezí 2,0 km. Z již odvrtaných vývrtů bylo patrné nulové spojení mezi ložní a podkladní vrstvou, tedy mezi nově položenými vrstvami a těmi stávajícími.

8.3.1 Přehled jádrových vývrtů odvrtných z pozemní komunikace



Obrázek 26 - Jádrový vývrt označený jako A1



Obrázek 27 - Jádrový vývrt označený jako A2



Obrázek 28 - Jádrový vývrt označený jako B1



Obrázek 29 - Jádrový vývrt označený jako B2

Dále byly vývrty označovány takto abecedně a pro lepší specifikaci vrstev byla připsána písmena O a L.

Například:

Označení A1O1 – A1 označení vzorku

O1 obrušná vrstva

Označení B2L1 – B2 označení vzorku

L1 ložní vrstva

8.4 ZKOUŠKY ASFALTOVÝCH SMĚSÍ

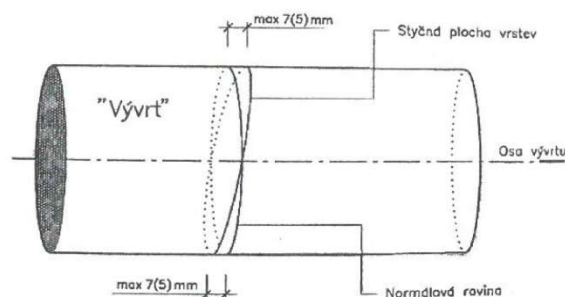
8.4.1 Spojení vrstev stanovené smykovou zkouškou

- Největší smyková síla – nejvyšší hodnota síly, která bude dosažena při zatěžování vývrtu

Pro stanovení spojení vrstev se používá smyková zkouška spojení vrstev podle Leutnera. Touto zkouškou se stanoví největší smyková síla ve styku dvou asfaltových vrstev konstrukce vozovky při konstantní rychlosti přitěžování. Zkouška byla provedena dle normy ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí

8.4.1.1 Příprava a postup zkoušky

Nejprve bylo potřeba připravit vývrty k laboratorním zkouškám, a tak byly vývrty vloženy do klimatizační komory, aby byly vytemperovány na vzduchu při teplotě 20 °C po dobu 8 hodin. Poté se vyjmuly ven a hranice kontaktních ploch byly zřetelně zvýrazněny lihovým fixem pro snadnější vložení vývrtu do zkušební lisu mezi čelisti přesně na rozhraní dvou vrstev. Po vložení těles, kolmo na osu vývrtu, jak je znázorněno na obrázku č. 30, do zkušební lisu byl přístroj spuštěn a jeho čelisti



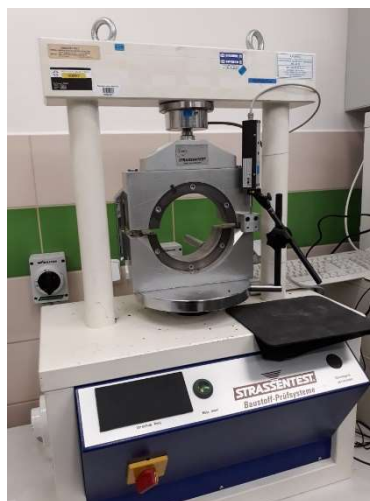
Obrázek 30 - Popis vývrtu se znázorněním osy vývrtu [31]

separovaly jednotlivé vrstvy od sebe. Jakmile byla změřena největší potřebná síla k usmýknutí, čelisti se automaticky vzdálily. [31]

Bylo získáno přetvoření a maximální dosažená síla pro rozpojení vrstev a hodnoty byly zaznamenány do zkušební protokolu. Měření bylo provedeno na 3 vývrtech z původních 4, neboť u vývrtu č. A2 došlo k rozpadnutí již během jádrového vrtání. Tento vývrt obsahoval značné množství obnažených zrn kameniva neobalených asfaltovým pojivem. V jádrovém vývrtu č. B1 v obrusné a ložní vrstvě se nacházelo významné množství jílovitých složek koloidní formy. Příčinou může být provedení pokládky za nepříznivých podmínek (nízká teplota, účinky deště, apod.), smíchání před balení asfaltové směsi se zeminou a podobně.

Podrobnější zhodnocení včetně fotografií bylo shrnuto po provedených kontrolních zkouškách v závěrečné diskuzi, viz kapitola 9.

U vývrtu č. A1 se nacházela část původní ložní vrstvy, která nebyla z povrchu odfrézována, a ani nebyla zajištěna soudržnost mezi původní a novou ložnou vrstvou. Výsledné hodnoty jsou přehledně znázorněny v tabulce č.7.



Obrázek 31 - Zkušební lis místní laboratoře

Vyhodnocení výsledků bylo stanoveno dle normy ČSN 73 6121, kde jsou uvedeny minimální hodnoty smykové síly spojení vrstev, které by měla tělesa splňovat.

8.4.1.2 Výsledky měření

Tabulka 7- Naměřené hodnoty maximální síly při spojení vrstev

Vzorek č.	Max. síla při spojení vrstev		
	vrstvy	[kN]	deformace [mm]
A1	obrusná / ložní 1	27,2	3,97
	ložní 1 / ložní 2	2,8	1,28
	ložní 2 / podkladní	žádné spojení	0,0
A2	obrusná / ložní	0,0	0,0
	ložní / podkladní	0,0	0,0
B1	obrusná / ložní	25,8	3,37
	ložní / podkladní	0,0	0,0
B2	obrusná / ložní	22,6	4,6
	ložní / podkladní	0,0	0,0

V této tabulce, jak již bylo řečeno, byly zapsány naměřené hodnoty ze zkušebního lisu, který stanovil maximální smykovou sílu a deformaci, která během zkoušky nastala. U vzorku A1 nebylo možné provést měření mezi původní ložní a novou podkladní vrstvou, neboť byly od sebe separovány již při provádění vývrtu, a proto je to v tabulce definováno jako žádné spojení, jelikož zde nebyla žádná soudržnost těchto vrstev. Co se týká vzorku A2, tak v tomto případě k měření nedošlo, a to z důvodu, že vývrt byl od počátku rozpadlý na malé části.

8.4.1.2 Vyhodnocení výsledků měření

Tabulka 8 - Porovnání smykové síly pro rozpojení vrstev

Vzorek č.	Vrstvy vývrtů	Min. smyková síla spojení vrstev	Naměřená max. síla pro rozpojení vrstev	Vyhodnocení
		[kN]	[kN]	
A1	obrusná / ložní 1	15,0	27,2	Splněno
	ložní 1 / ložní 2	12,0	2,8	Nesplněno
	ložní 2 / podkladní	12,0	0,0	Nesplněno
A2	obrusná / ložní	15,0	0,0	Nesplněno
	ložní / podkladní	12,0	0,0	Nesplněno
B1	obrusná / ložní	15,0	25,8	Splněno
	ložní / podkladní	12,0	0,0	Nesplněno
B2	obrusná / ložní	15,0	22,6	Splněno
	ložní / podkladní	12,0	0,0	Nesplněno

Vzorky, které měření vyhověly byly v tab. 8 zvýrazněny zeleně. Normově předepsaným hodnotám vyhověla pouze tři měření, a to u vzorku A1 jen souvrství mezi obrusnou vrstvou a nově položenou ložní vrstvou, a to samé platilo i pro vzorky B1 a B2. Ve zbývajících případech byla naměřena nižší hodnota anebo zde ke zkoušení nedošlo z důvodu nulové soudržnosti ještě před měřením.

8.4.2 Stanovení rozměrů asfaltových zkušebních těles

Rozměry byly stanoveny dle normy ČSN EN 12697-29. K této zkoušce bylo za potřeby posuvné měřítko a vhodné upínací zařízení.

8.4.2.1 Postup zkoušky

Na zkušebních tělesech válcového průřezu byl měřen jejich průměr. Měření bylo provedeno ve dvou kolmých směrech pootočených vzájemně o 90 °. Průměr zkušebních těles byl stanoven s přesností na 0,1 mm.

Dále byla měřena tloušťka jednotlivých vrstev, respektive obrusné a ložní vrstvy, dle požadavku objednatele. Tloušťka vrstev byla měřena přibližně 10 mm od hrany zkušebního tělesa. Naměřené hodnoty jsou shrnuty v následující tabulce č. 9, která byla upravena na základě laboratorního protokolu. [32]

Tabulka 9 - Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťek jednotlivých vrstev a průměru těles

Vzorek č.	Měření	Obrus [mm]	Ložní vrstva [mm]	Průměr vývrtu [mm]
A1	t1	43,6	56,3	150,0
	t2	42,6	54,4	150,0
	t3	47,5	50,6	147,1
	t4	45,2	55,7	151,0
	Průměr	44,7	54,3	149,5
A2	t1	52,0	55,5	150,0
	t2	52,0	60,6	150,0
	t3	62,2	63,2	150,0
	t4	63,1	51,2	150,0
	Průměr	57,3	57,6	150,0
B1	t1	46,7	49,7	149,5
	t2	44,6	45,7	149,6
	t3	44,4	50,0	150,5
	t4	45,8	46,7	150,6
	Průměr	45,4	48,0	150,1
B2	t1	30,8	52,5	149,4
	t2	31,0	54,6	149,4
	t3	30,2	53,3	151,1
	t4	33,9	49,2	150,0
	Průměr	31,5	52,4	150,0

8.4.2.2 Vyhodnocení měření

Tabulka 10 - Porovnání naměřených hodnot s hodnotami projektovými

Porovnání naměřených hodnot s hodnotami dle projektové dokumentace							
	Měření	Naměřené hodnoty - obrus [mm]	Hodnoty z projektové dokumentace - obrus [mm]	Rozdíl mezi hodnotami [mm]	Naměřené hodnoty - ložní [mm]	Hodnoty z projektové dokumentace - ložní [mm]	Rozdíl mezi hodnotami [mm]
A1	t1	43,6	50	-5,3	56,3	60	-5,8
	t2	42,6	50		54,4	60	-5,8
	t3	47,5	50		50,6	60	-5,8
	t4	45,2	50		55,7	60	-5,8
	Øt	44,7			54,3		
A2	t1	52,0	50	7,3	55,5	60	-2,4
	t2	52,0	50		60,6	60	-2,4
	t3	62,2	50		63,2	60	-2,4
	t4	63,1	50		51,2	60	-2,4
	Øt	57,3			57,6		
B1	t1	46,7	40	5,4	49,7	60	-12,0
	t2	44,6	40		45,7	60	-12,0
	t3	44,4	40		50,0	60	-12,0
	t4	45,8	40		46,7	60	-12,0
	Øt	45,4			48,0		
B2	t1	30,8	40	-8,5	52,5	60	-7,6
	t2	31,0	40		54,6	60	-7,6
	t3	30,2	40		53,3	60	-7,6
	t4	33,9	40		49,2	60	-7,6
	Øt	31,5			52,4		

V této tabulce jsou porovnány hodnoty, které byly naměřeny v laboratoři s hodnotami, které byly navrženy v projektové dokumentaci. Rozdíl se stanovil z průměru naměřených hodnot v porovnání s navrženými hodnotami v projektové dokumentaci. U vzorků A1 a A2 byly hodnoty porovnávány s tloušťkou, která měla odpovídat 50 mm, zatímco B1 a B2 měly splňovat tloušťku 40 mm. Vzorky jsou označeny abecedně podle toho, z jakého staničení pocházejí. Je tedy zřejmé, že první dva vzorky pocházejí z jiného úseku pozemní komunikace než zbylé dva, a proto se hodnoty projektové dokumentace liší.

Ze stanoveného rozdílu je patrné, že porovnávané hodnoty se liší, a to poměrně výrazně.

8.4.3 Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem

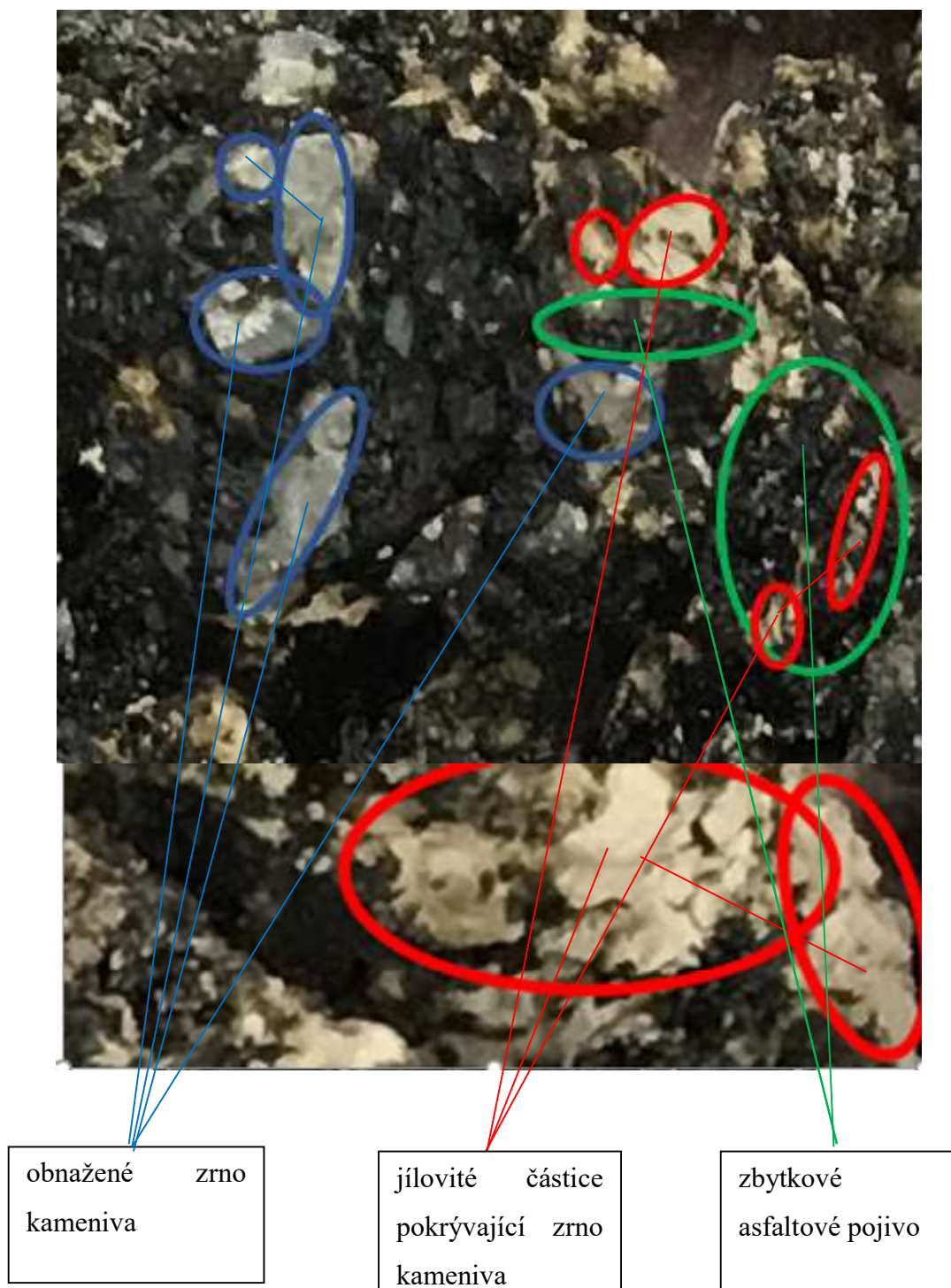
Než mohla být provedena tato zkouška, předcházelo jí ještě pár úkonů. Nejprve se asfaltová směs z jednotlivých vrstev temperovala na teplotu stanovenou dle asfaltového pojiva, v našem případě na teplotu 160 °C. Po uplynutí této doby byly vzorky vyndány a špachtlí se po celém obvodu oddělilo kamenivo, které bylo seříznuto během vrtání jádrových vývrtů. Poté byla každá vrstva dána do zednické fanky a rozmělněna na směs. Při rozmělnění asfaltové směsi bylo patrné významné množství jílovitých složek, jak je zobrazeno na obr. 32. Ukázalo se, že jílovitá zemina nebyla jen na povrchu, ale nacházela se ve značném množství v kompletně celé tloušťce vrstvy. Na obrázku č. 32 je fotografie s výskytem jílovité zeminy v ložní vrstvě u vzorku B1, označené jako B1L.



Obrázek 32 – Asfaltová směs s výskytem jílovité zeminy - vzorek B1L

Takto připravená asfaltové směs, jako je na obrázku č. 32 v pravé části, se v této nádobě vložila do sušárny, která byla rozeřtá na 160 °C po dobu, než tuto teplotu měla i směs. Teplota byla kontrolována bodovým teploměrem. Do sušárny se vložily i veškeré pomůcky a formy, kterými se poté s nahřátou směsí manipulovalo, aby nedošlo k ochlazení asfaltové směsi.

Na následujícím obrázku je znázorněné v detailu velké množství obnažených zrn kameniva, a zároveň významné množství jílovitých částic na rozhraní kamenivo – asfaltové pojivo.



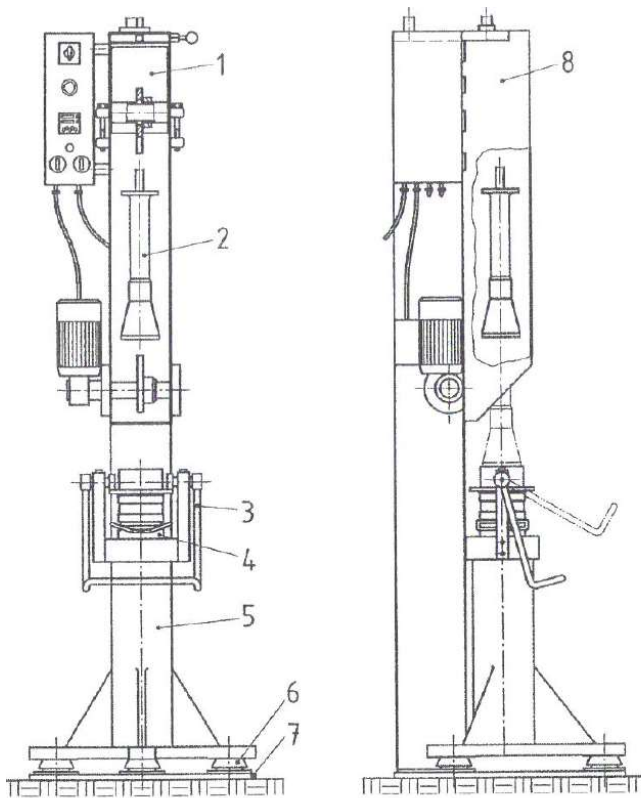
Obrázek 33 - Rozbor asfaltové směsi

8.4.3.1 Postup zkoušky

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN 12697–30. Nejdříve byla připravena zkušební tělesa, která měla mít tvar válce o průměru $(101,6 \pm 0,1)$ mm a výšku $(63,5 \pm 2,5)$ mm. V našem případě byla tělesa nižší než požaduje norma, neboť z vývrtů jsme neměly dostatečné množství směsi, kterou by pro vytvoření Marshallových těles bylo vhodné použít.

Zahřátá asfaltová směs byla dána do formy, a to tak, že na podložku formy bylo vloženo kolečko z pevného, nepropustného materiálu o něco menší než 100 mm v průměru. Ohřátá směs byla po částech naplněna násypkou do formy pro hutnění a jemně se urovnala ohřátou špachtlí. Poté se směs překryla druhým kolečkem. Kolečka plnila

pouze separační funkci, aby se směs nenalepila na zhutňovač. Dále se přešlo bezodkladně k hutnění, aby směs neztratila svou teplotu. Forma musela být, dle normy, naplněna a zkušební těleso zhutněno během 4 minut. Na formu byl nasazen nástavec pro hutnění a připojil se k hutnicímu podstavci pomocí upínacího zařízení. Po nasazení hutnicího pěchu bylo těleso hutněno 75 - ti úderů z obou stran. Počet úderů byl dán typem asfaltové směsi. [33]



Obrázek 34 - Schéma rázového zhutňovače [33]

Legenda ke schématu rázového zhutňovače:

- 1 základní zdvihací zařízení s motorovým pohonem pro hutnicí beran a počítadlem úderů
- 2 hutnicí pěch s válcovou vodící tyčí hutnicího beranu
- 3 excentrická vačka upínacího zařízení
- 4 podkladní deska formy pro hutnění, na kterou se forma připevní
- 5 zhutňovací podstavec
- 6 patky
- 7 ocelová podkladní deska
- 8 ochranný kryt

Po dokončení hutnění se forma vyjmula z přístroje a kolečka separačního papíru byla odstraněna. Válcová forma, obsahující horké zkušební těleso, byla uložena na jednu z válcových podložek, jak je vidět na obrázku č. 35. Tělesa se nechala ležet na podložkách, aby vychladla na laboratorní teplotu. Poté bylo zkušební těleso vysunuto z formy výtlačným zařízením. Takto připravená Marshallova tělesa sloužila pro následující zkoušky. [33]

Byla vyrobena zkušební tělesa ze všech vývrtů, přičemž nebyly použity všechny vrstvy. U A1, A2, B1 byla použita směs z obrusné vrstvy pro vytvoření zkušebních těles, zatímco z vývrtu č. B2 se vyrobilo těleso jak z obrusné, tak z ložní vrstvy. Asfaltová směs z ložní vrstvy byla použita pouze z tohoto vývrtu, z důvodu velkého množství jílovitých složek v ostatních vývrtech či z nedostatečného množství potřebné směsi pro přípravu zkušebního tělesa.



Obrázek 35 - Marshallova tělesa získána po zhutnění



Obrázek 36 - Forma s násypkou pro aplikaci směsi

8.4.4 Stanovení objemové hmotnosti asfaltových zkušebních těles

- Objemová hmotnost – hmotnost při zkušební teplotě připadající na jednotku objemu tělesa včetně mezer

Aby byla stanovena objemová hmotnost asfaltového zkušebního tělesa, postupovalo se podle zkušebních metod pro asfaltové směsi za horka, jež jsou uvedeny v normě ČSN EN 12697-6.

8.4.4.1 Postup zkoušky

Nejprve se stanovila hmotnost suchého zkušebního tělesa m_1 . Poté se stanovila hustota vody při zkušební teplotě s přesností na $0,0001 \text{ Mg/m}^3$. Následně bylo zkušební těleso vloženo do vodní lázně po dobu, než došlo k jeho nasycení. Dále se změřila laboratorní teplota vody, která činila $17,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Poté se stanovila hmotnost ponořeného, nasyceného tělesa ve vodě m_2 . Dále bylo těleso vyjmuta z vody a povrchově se osušilo vlhkou jelenicí a ihned po osušení bylo zváženo, a tak se získala poslední hodnota m_3 .

8.4.4.2 Výpočet objemové hmotnosti

Objemová hmotnost asfaltové směsi byla stanovena postupem B: Objemová hmotnost – nasycený suchý povrch (SSD), a byla vypočtena s přesností na $0,001 \text{ Mg/m}^3$ dle následujícího vzorce:

$$\rho_{bssd} = \frac{m_1}{m_3 - m_2} * \rho_w$$

ρ_{bssd} – objemová hmotnost SSD v Mg/m^3

m_1 - hmotnost suchého zkušebního tělesa [g]

m_2 - hmotnost zkušebního tělesa ve vodě [g]

m_3 - hmotnost zkušebního tělesa nasyceného vodou a povrchově osušené [g]

ρ_w – hustota vody při zkušební teplotě [Mg/m^3]

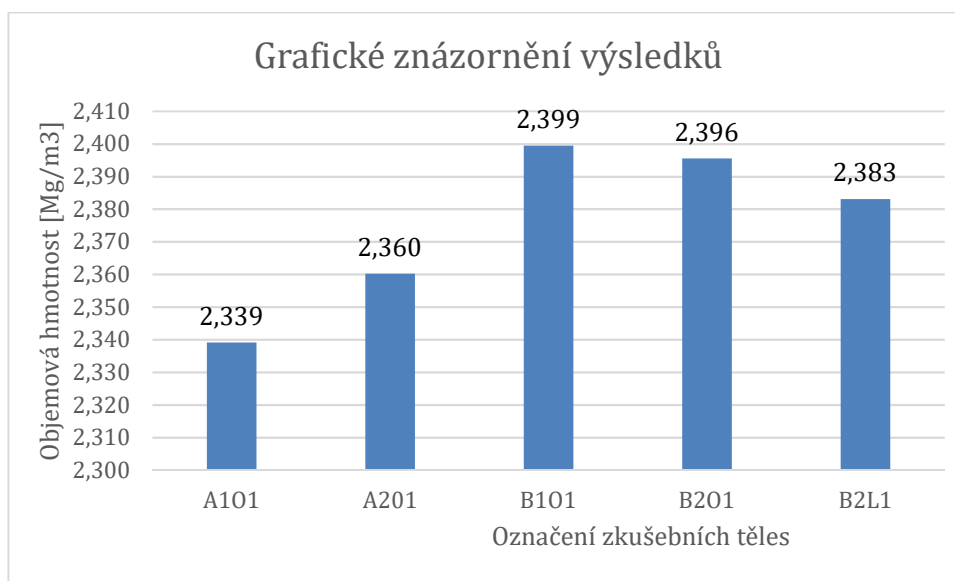
[35]

Tabulka 11 - Stanovení objemové hmotnosti zkušebních těles

Označení Marshallova tělesa	Hmotnost [g]			Teplota t_w °C	Hustota vody p_w [Mg/m ³]	Objemová hmotnost nasycený suchý povrch SSD p _{bssd} [Mg/m ³]
	m1	m2	m3			
A101	1207,94	696,63	1212,13	20,2	0,9982	2,339
A201	1062,26	615,25	1064,48	20,7	0,9981	2,360
B101	943,16	552,18	944,52	20,6	0,9982	2,399
B201	845,29	494,3	846,49	20,9	0,9981	2,396
B2L1	1176,24	688,71	1181,39	20,4	0,9982	2,383

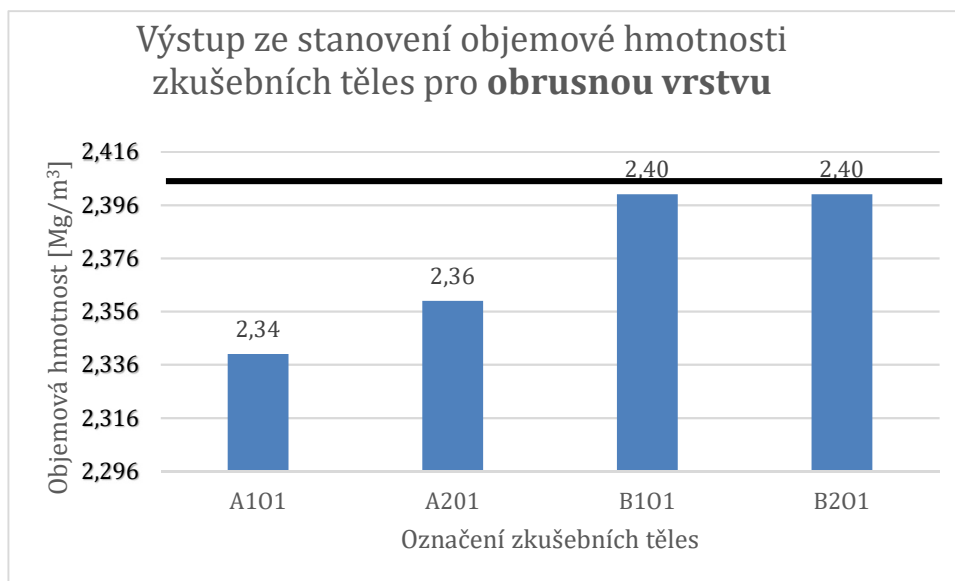
V tabulce č. 11 jsou zapsány naměřené parametry pro výpočet objemové hmotnosti.

8.4.4.3 Výsledky měření

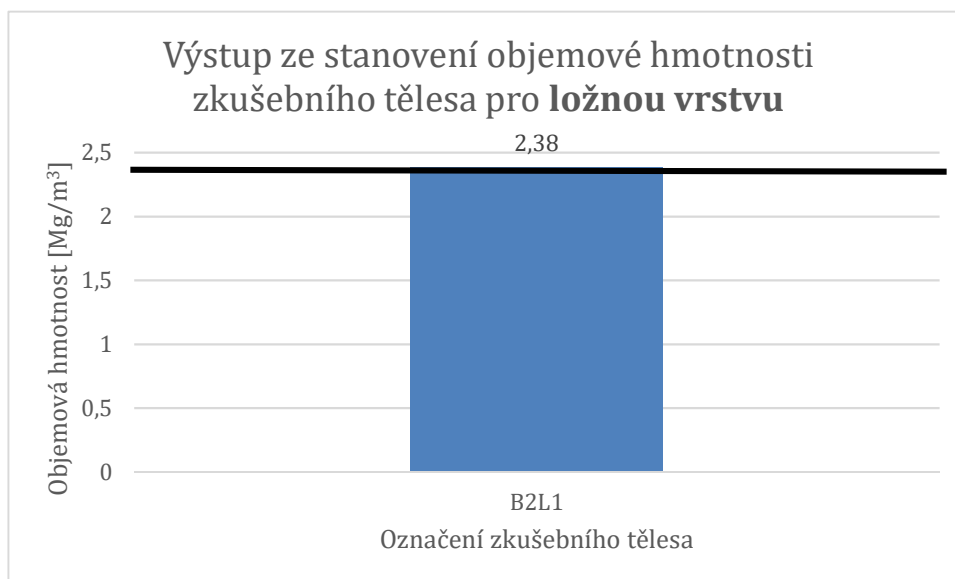


Obrázek 37 - Výsledky objemové hmotnosti zkušebních těles

8.4.4.4 Vyhodnocení měření



Obrázek 38 - Vyhodnocení objemové hmotnosti dle údajů obalovny pro obrusnou vrstvu



Obrázek 39 - Vyhodnocení objemové hmotnosti dle údajů obalovny pro ložní vrstvu

Objemové hmotnosti zkušebních vzorků byly porovnány pouze s údaji, které získala obalovna při zkoušce typu, neboť se tento parametr normově neověřuje. Zjištěné hodnoty při laboratorní zkoušce se mírně lišily od hodnot, které udávala obalovna, odkud asfaltová směs pocházela. Obrusná vrstva měla vykazovat objemovou hmotnost $2,414 \text{ Mg/m}^3$ a ložná vrstva $2,389 \text{ Mg/m}^3$. Z grafu je patrné, že ložní vrstva splňovala

prakticky přesnou hodnotu, zatímco parametry obrusné vrstvy se pohybovaly mírně pod hranicí.

Výsledky z této zkoušky sloužily pro výpočet mezerovitosti asfaltové směsi společně s výsledky maximální objemové hmotnosti, která byla stanovena v následující kapitole.

8.4.5 Stanovení maximální objemové hmotnosti asfaltového vývrtnu

- Maximální objemová hmotnost – hmotnost při zkušební teplotě připadající na jednotku objemu asfaltové směsi bez mezer

Pro jednotlivé vývrty bylo zapotřebí stanovit maximální objemovou hmotnost v souladu s normou ČSN EN 12697-5, která se týká zkušebních metod pro asfaltové směsi za horka. Ta se spolu s objemovou hmotností používá k vypočtení mezerovitosti asfaltových směsí.

8.4.5.1 Postup zkoušky

Dle normy ČSN EN 12697-5 byl zvolen volumetrický postup pro stanovení maximální objemové hmotnosti. Byl použit pyknometr vhodné velikosti s příslušným nástavcem tak, jak je určeno v normě. Nejprve byla stanovena hmotnost m_1 prázdného pyknometru s nástavcem o známém objemu V_p . Během toho bylo potřeba rozehrát, a zároveň vysušit obalenou asfaltovou směs, aby bylo možné oddělit jednotlivá zrna kameniva, viz obrázek č. 40. Těmito oddělenými zrny, které byly vytemperovány na teplotu okolního vzduchu, byl naplněn pyknometr přibližně do $2/3$ jeho objemu. Poté byla stanovena jeho hmotnost m_2 společně s nástavcem. Pyknometr se naplnil do výšky nejvýše 30 mm pod okraj odvzdušněnou destilovanou vodou a mícháním se odstranil vzduch z mezer. Zbýlý zachycený vzduch byl odstraněn pomocí vakuové komory (obrázek č. 41) při podtlaku 4 kPa po dobu 15 ± 1 min. Poté, co uplynul tento časový interval, byl pyknometr spolu se zkušebním vzorkem a destilovanou vodou vyjmut z vakuové komory. Na pyknometr připravený tímto způsobem mohl být osazen nástavec a zbývající prostor v pyknometru byl doplněn odvzdušněnou a destilovanou vodou až po referenční značku, viz obr. 42. Tímto se zabránilo proniknutí vzduchu a mohla být stanovena poslední hmotnost m_3 . [36]



Obrázek 40 - Oddělená zrna kameniva



Obrázek 41 - Vakuová komora sloužící k odstranění zbylého zachyceného vzduchu v asfaltové směsi



Obrázek 42 - Pycnometr naplněný odvzdušněnou destilovanou vodou po referenční značce

8.4.5.2 Výpočet maximální objemové hmotnosti

Maximální objemová hmotnost asfaltové směsi byla stanovena volumetrickým postupem a byla vypočtena s přesností na 0,001 Mg/m³ dle následujícího vzorce:

$$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{10^6 \left(V_p - \frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$$

ρ_{mv} – maximální objemová hmotnost asfaltové směsi stanovená volumetrickým postupem s přesností na 0,001 Mg/m³, jednotky [Mg/m³]

m_1 - hmotnost pyknometru a nástavce [g]

m_2 - hmotnost pyknometru, nástavce a zkušební vzorku [g]

m_3 - hmotnost pyknometru, nástavce, zkušební vzorku a vody [g]

V_p - objem pyknometru po naplnění po referenční rysku [m³]

ρ_w – hustota vody při zkušební teplotě [Mg/m³] určena s přesností na 0,001 Mg/m³

[36]

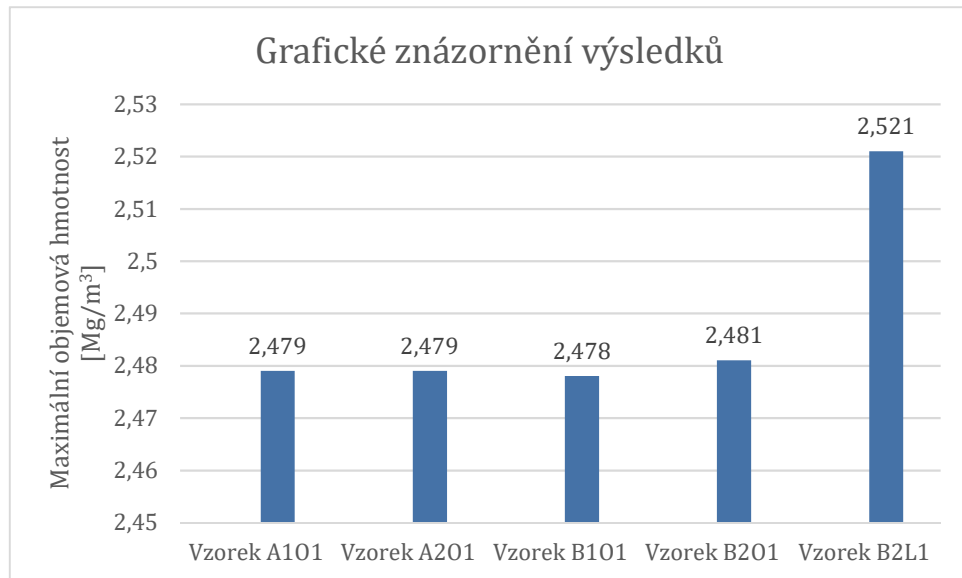
Tabulka 12 – Vstupní hodnoty pro výpočet maximální objemové hmotnosti

Vzorek A101			Vzorek A201			Vzorek B101		
Označení pyknometru	6		Označení pyknometru	4		Označení pyknometru	3	
m1	699,9	[g]	m1	676,7	[g]	m1	665,5	[g]
Vp	0,00129	[m3]	Vp	0,001308	[m3]	Vp	0,001306	[m3]
m2	1424	[g]	m2	1392,3	[g]	m2	1352,8	[g]
m3	2420	[g]	m3	2409,9	[g]	m3	2379,4	[g]
tw	20,2	°C	tw	20,7	°C	tw	20,6	°C
ρ_w	0,998	[Mg/m3]	ρ_w	0,998	[Mg/m3]	ρ_w	0,998	[Mg/m3]
m2-m1	724,1	[g]	m2-m1	715,6	[g]	m2-m1	687,3	[g]
m3-m2	996	[g]	m3-m2	1017,6	[g]	m3-m2	1026,6	[g]
ρ_{mV1}	2,479	[Mg/m3]	ρ_{mV1}	2,479	[Mg/m3]	ρ_{mV1}	2,478	[Mg/m3]

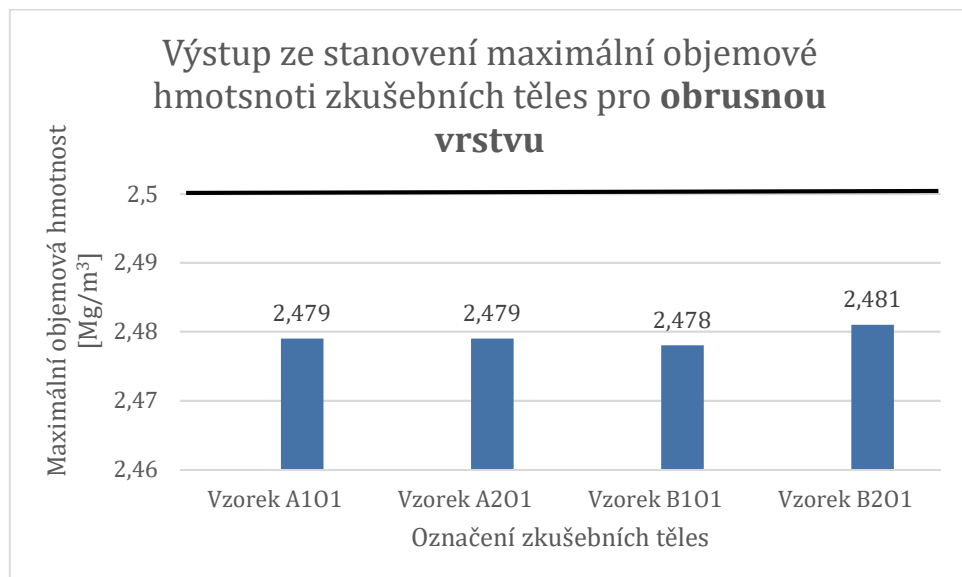
Vzorek B201			Vzorek B2L1		
Označení pyknometru	1		Označení pyknometru	5	
m1	670,6	[g]	m1	678,2	[g]
Vp	0,001303	[m3]	Vp	0,001301	[m3]
m2	1426,9	[g]	m2	1756,9	[g]
m3	2423,4	[g]	m3	2628,3	[g]
tw	20,9	°C	tw	20,4	°C
ρ_w	0,998	[Mg/m3]	ρ_w	0,998	[Mg/m3]
m2-m1	756,3	[g]	m2-m1	1078,7	[g]
m3-m2	996,5	[g]	m3-m2	871,4	[g]
ρ_{mV1}	2,481	[Mg/m3]	ρ_{mV1}	2,521	[Mg/m3]

V tabulce č. 12 jsou zaznamenány vstupní hodnoty, které byly změřeny pro výpočet maximální objemové hmotnosti jednotlivých zkušebních těles včetně vypočítaných hodnot maximální objemové hmotnosti pro jednotlivá tělesa.

8.4.5.3 Výsledky měření

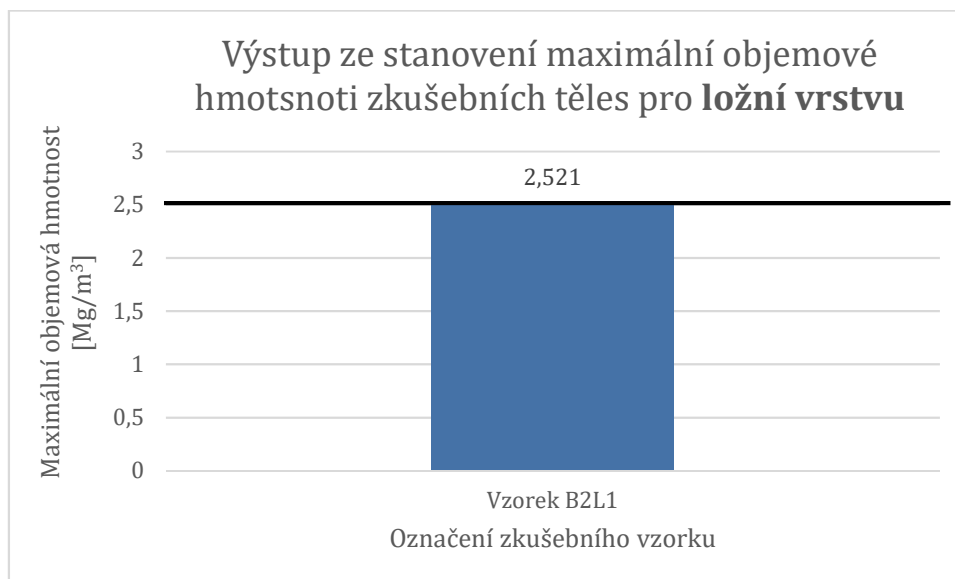


Obrázek 43 - Výsledky naměřených hodnot maximální objemové hmotnosti



Obrázek 44 - Vyhodnocení maximální objemové hmotnosti dle normových údajů pro obrusnou vrstvu

8.4.5.4 Vyhodnocení výsledků měření



Obrázek 45 - Vyhodnocení maximální objemové hmotnosti dle údajů obalovny pro ložní vrstvu

Naměřené hodnoty při laboratorní zkoušce se porovnály s údaji, které udávala obalovna, jež asfaltovou směs dodávala. Maximální objemová hmotnost obrusné vrstvy měla být 2,500 Mg/m³ a u ložné vrstvy 2,508 Mg/m³. Z grafu je patrné, že ložní vrstva předčila hodnotu, zatímco parametry obrusné vrstvy se pohybovaly opět mírně pod hranicí.

Vypočtené maximální objemové hmotnosti sloužily pro stanovení mezerovitosti, což byla následující zkouška.

8.4.6. Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí

- Mezerovitost – objem mezer ve zkušebním tělese asfaltové směsi vyjádřený v % celkového objemu zkušebního tělesa

8.4.6.1 Postup zkoušky

Mezerovitost asfaltových zkušebních těles byla vypočtena pomocí hodnot maximální objemové hmotnosti a objemové hmotnosti zkušebních těles.

8.4.6.2 Výpočet mezerovitosti

Mezerovitost byla vypočítána s přesností na 0,1 % následujícím způsobem:

$$V_m = \frac{\rho_{mv} - \rho_{bssd}}{\rho_{mv}}$$

V_m - mezerovitost směsi s přesností 0,1 %

ρ_{mv} – maximální objemová hmotnost směsi v Mg/m^3

ρ_{bssd} – objemová hmotnost zkušebního tělesa v Mg/m^3

[34]

Tabulka 13 - Stanovení mezerovitosti asfaltové směsi

Označení Marshallova tělesa	Maximální objemová hmotnost	Objemová hmotnost nasycený suchý povrch SSD ρ_{bssd}	Mezerovitost
	M[g/m ³]	[Mg/m ³]	%
A101	2,479	2,339	5,7
A201	2,479	2,360	4,8
B101	2,478	2,399	3,2
B201	2,481	2,396	3,5
B2L1	2,521	2,383	5,5

8.4.6.3 Vyhodnocení měření

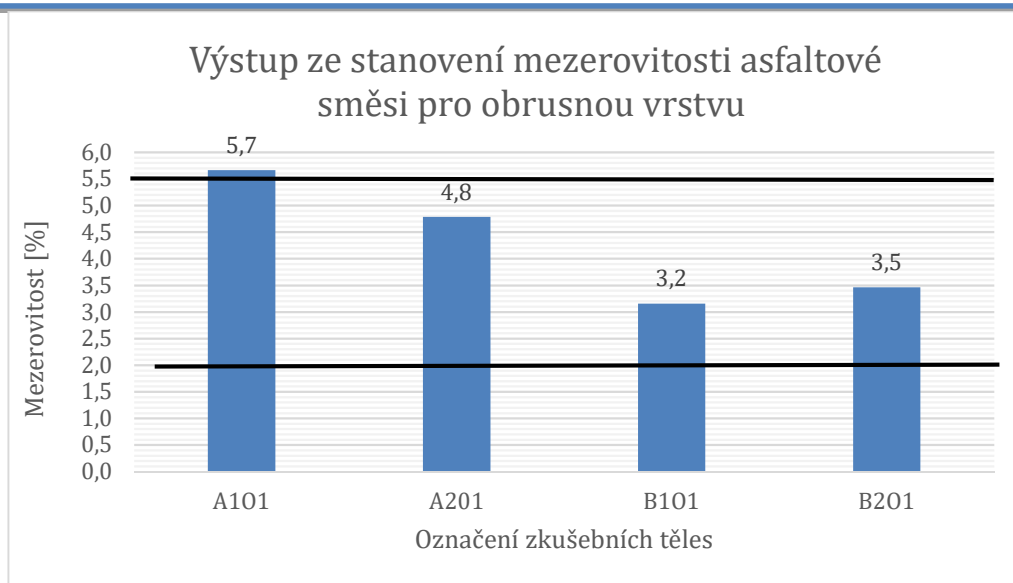
8.4.6.3.1 Vyhodnocení mezerovitosti asfaltové směsi dle normy

Díky získání výsledků stanovením mezerovitosti asfaltové směsi mohlo být provedeno jedno z dílčích shrnutí kvality směsi, která byla na vozovce položena. Mezerovitost byla porovnána s normou ČSN EN 73 6121 – Stavba vozovek – Hutněné asfaltové směsi, kde v příloze pro asfaltový beton jsou v tab. E7 specifikovány požadavky na asfaltový beton do obrusných a ložních vrstev. Na základě znalosti směsí, které se na vozovce nacházely, byla pro danou směs přiřazena odpovídající hodnota pro zkušební měření. Vypočítané hodnoty mezerovitosti byly zaznamenány v následující tabulce včetně hodnot, se kterými se porovnávaly.

Tabulka 14 - Stanovené hodnoty mezerovitosti včetně požadovaných hodnot pro zkušební tělesa

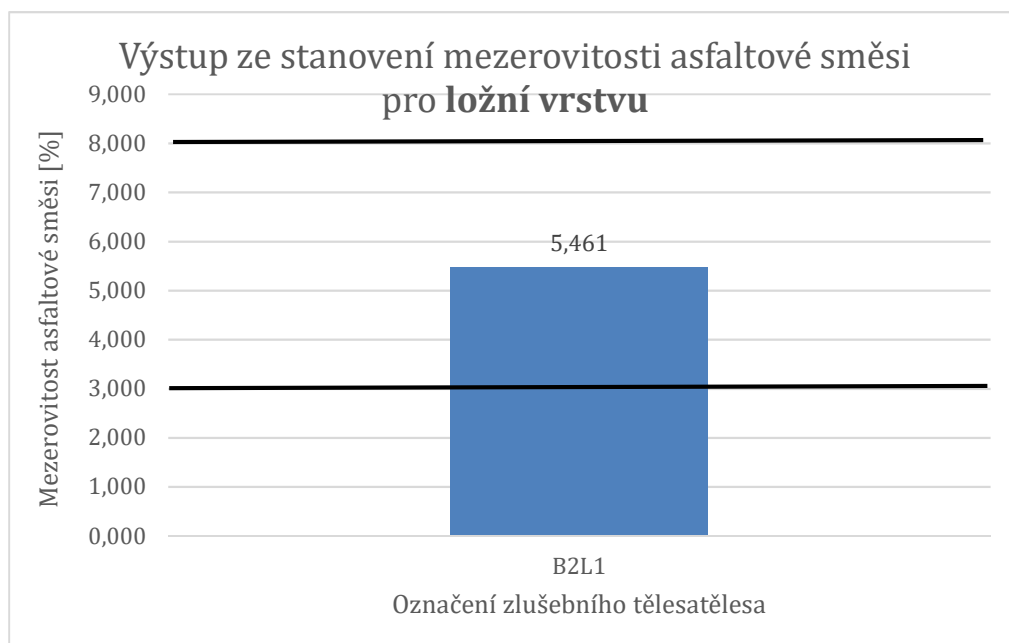
Označení Marshallova tělesa	Vypočítané hodnoty mezerovitosti	Požadované hodnoty dle normy
	%	%
A1O1	5,7	2,0 - 5,5
A2O1	4,8	2,0 - 5,5
B1O1	3,2	2,0 - 5,5
B2O1	3,5	2,0 - 5,5
B2L1	5,5	3,0 - 8,0

V této tabulce byly specifikovány hodnoty pro mezerovitost obrusné vrstvy, která musí splňovat rozmezí hodnot 2,0 % - 5,5 % a také mezerovitost ložní vrstvy, pro kterou je kritérium 3,0 % – 8,0 %. Přehledně jsou výsledky vyhodnoceny v grafu na obrázku č. 46, kde byla stanovena mezerovitost pro obrusnou vrstvu a na obrázku č. 47 pro ložní vrstvu.



Obrázek 46 - Vyhodnocení mezerovitosti asfaltové směsi na základě požadavků normy

Z tohoto grafu je patrné, že jediné zkušební těleso A101 nespĺnilo normové požadavky na mezerovitost o 0,7 %. Mezerovitost asfaltové směsi u zbylých zkušebních těles byla splněna a vyhověla požadavkům.

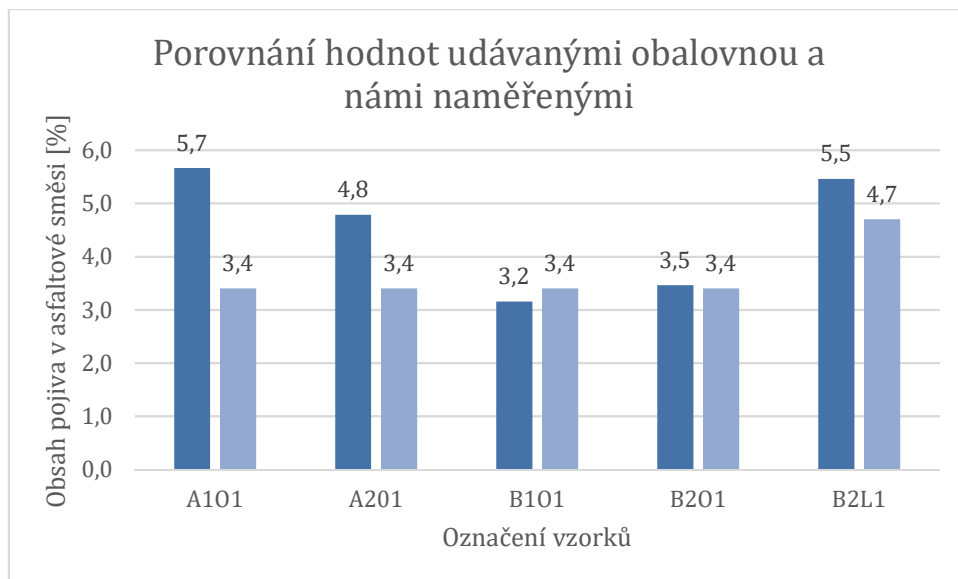


Obrázek 47 – Vyhodnocení mezerovitosti asfaltové směsi na základě požadavků normy

Mezerovitost asfaltové směsi, která se nacházela v ložní vrstvě vozovky vyhověla požadavkům normy, kde převýšila minimální požadavek mezerovitosti směsi, a zároveň nepřesáhla maximální hodnotu.

8.4.6.3.2 Vyhodnocení mezerovitosti asfaltové směsi dle obalovny

V tomto případě mezerovitost vyšla dobře. V protokolu se stanovenými vlastnostmi asfaltové směsi byla navržena mezerovitost obrusné vrstvy 3,4 % a ložní vrstvy 4,7 %. I když směs splňuje požadované parametry, tak získané hodnoty během kontrolní zkoušky se neshodují s těmi, které naměřila obalovna. Pro větší názornost jsou tyto údaje vyobrazeny v grafu na obrázku č. 48.



Obrázek 48 - Znázornění rozdílných hodnot ze zkoušky typu a kontrolní zkoušky

Jak je vidět v grafu, tak nejvíce se navrženým hodnotám přibližovaly výsledky naměřené na vzorku B201, kde rozdíl činil pouhých 0,1 % a vzorek B101, který parametr nesplňoval o 0,2 %. Ve zbylých případech byly poměrně velké neshody.

8.4.7 Extrakce pojiva za horka

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN 12697-1. Podstatou této zkoušky je stanovení obsahu pojiva ve zkušebním vzorku asfaltové směsi, kde dojde pomocí rozpouštědla k oddělení minerálního materiálu od roztoku pojiva. Postup extrakce musí zajistit, aby na částicích kameniva nezůstaly stopy pojiva. Jako rozpouštědlo byl použit perchlorethylen. Jelikož došlo k získání veškerého kameniva, které bylo do směsi přidáno, bylo možné provést následně i zrnitost kameniva síťovým rozborem.

8.4.7.1 Postup zkoušky

Pro tuto zkoušku byla použita vysušená asfaltová směs z obrusné a ložní vrstvy.

Do patrony byl vložen filtrační papír tak, aby přiléhal na celou plochu stěny. Patrona s filtračním papírem se umístily do odstředivky pro zachycení jemných částic. Asfaltová směs se vložila do drátěného koše a takto byla zvážena s přesností na 0,1 g. Poté se koš společně se směsí vložil do extraktoru. Bylo zajištěno rovnoměrné zahřívání nádoby a stálá rychlost zpětného toku perchlorethylenu. Zahřívání probíhalo do té doby, než se v jímadle přestala shromažďovat voda. [38]



Obrázek 49 - Extraktor místní laboratoře

Z provedené extrakce bylo získáno kamenivo bez asfaltového pojiva pro stanovení síťového rozboru.



Obrázek 50 - Získané kamenivo po extrakci

Než mohl být stanoven obsah rozpustného pojiva z rozdílu, bylo nejprve potřeba získat síťovým rozbohem vstupní parametry. Stanovilo se celkové množství kameniva a fileru. Tyto hodnoty byly uvedeny v následující kapitole 8.4.8 – Stanovení zrnitosti asfaltové směsi. Na základě těchto údajů mohl být vypočten obsah pojiva, jak bylo uvedeno ve Výpočtu obsahu rozpustného pojiva.

8.4.7.2 Výpočet obsahu rozpustného pojiva

Výpočet byl proveden na základě normy ČSN 73 6160 dle následujícího vzorce:

$$B = \frac{n-(F+K)}{n} * 100 \quad [\%]$$

B – obsah rozpustného pojiva v asfaltové směsi [%]

N – navážka asfaltové směsi [g]

F – množství fileru v asfaltové směsi [g]

K – celkové množství kameniva na sítěch [g]

Tabulka 15 - Výsledné hodnoty obsahu rozpustného pojiva asfaltové směsi v jednotlivých vzorcích

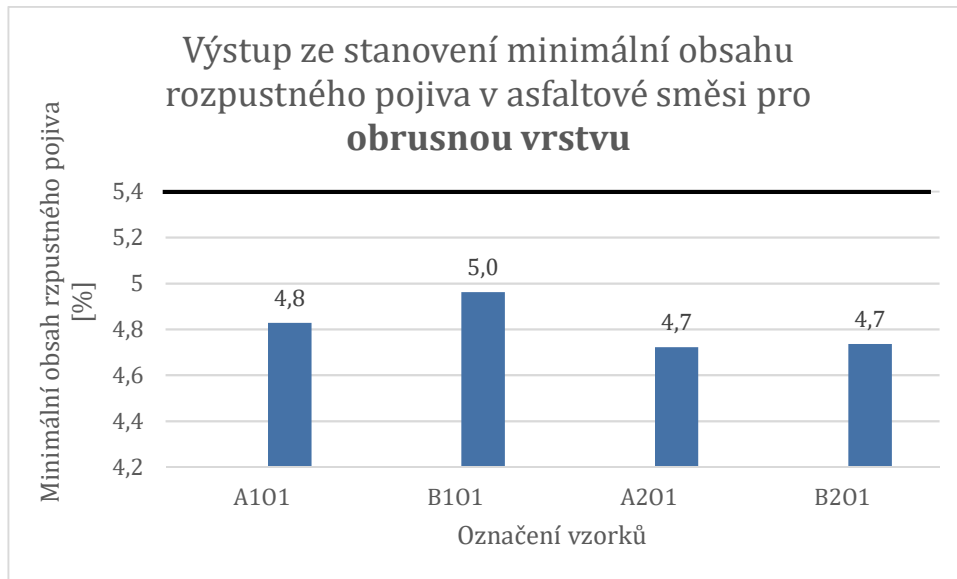
Název vzorku	Obsah rozpustného pojiva	Optimální obsah pojiva
	%	%
A1O1	4,8	5,4
B1O1	5,0	5,4
A2O1	4,7	5,4
B2O1	4,7	5,4
B2L1	4,0	4,0

Do této tabulky byly zapsány hodnoty rozpustného pojiva, které jednotlivé vzorky obsahovaly a také hodnoty, které uvádí norma ČSN 73 6121 – Stavba vozovek – Hutněné asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody. Z těchto parametrů bylo stanoveno vyhodnocení této zkoušky. Ještě je nutno podotknout, že se jedná o minimální obsah rozpustného pojiva, které by měla směs obsahovat.

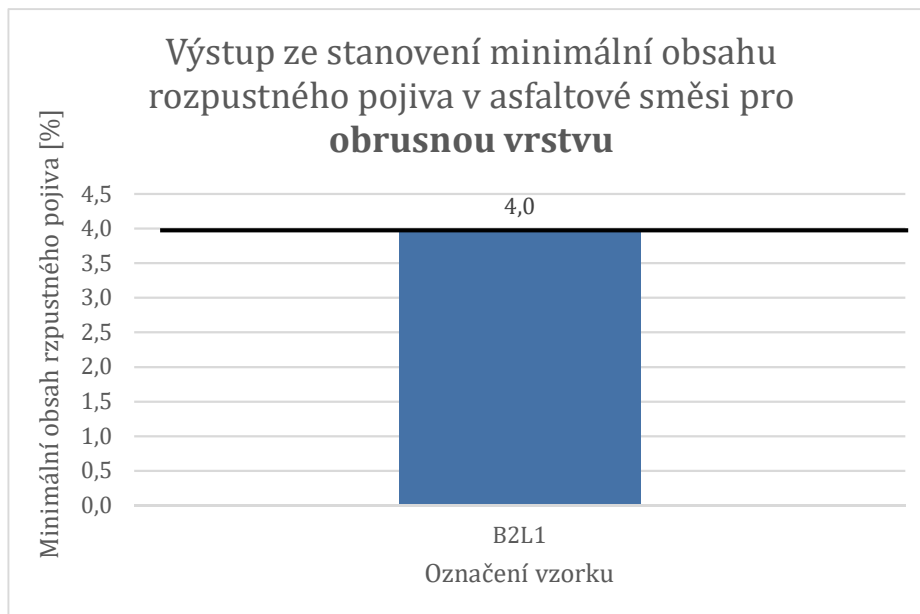
[38] [39]

8.4.7.3 Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva

8.4.7.3.1 Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva dle normy



Obrázek 51 - Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva v asfaltové směsi dle požadavků ČSN 73 6121



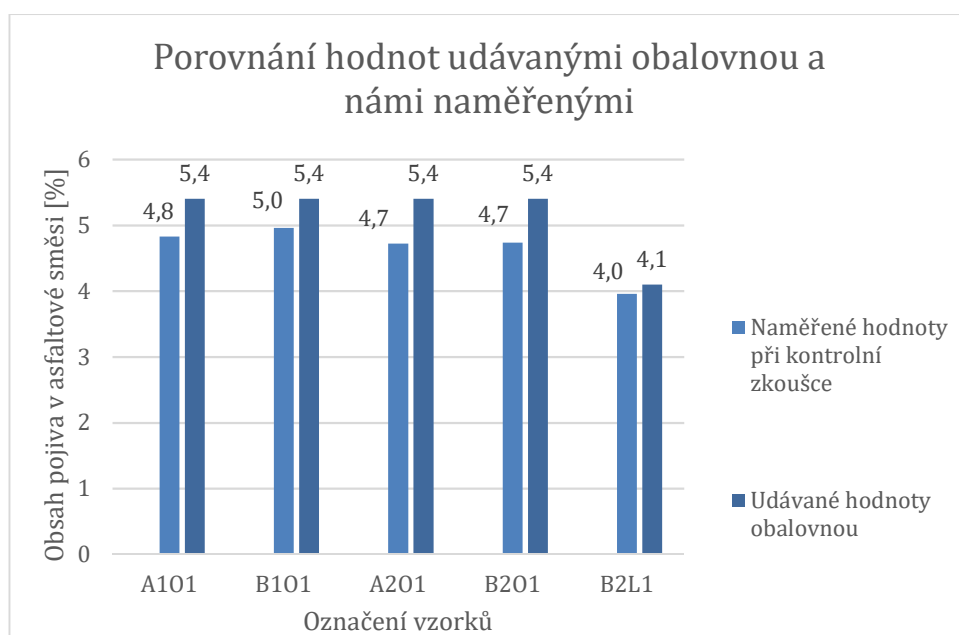
Obrázek 52 - Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva v asfaltové směsi dle požadavků ČSN 73 6121

Porovnání s požadavky normy ČSN 73 6121 je stanoven minimální obsah pojiva B_{\min} pro obrusné vrstvy jako 5,4 % a pro ložné vrstvy 4,0 %, jak bylo znázorněno na obrázcích 51 a 52. Z těchto grafů je patrné, že minimální obsah pojiva u obrusné vrstvy

v jednotlivých vzorcích nebyl dosažen min. o 0,4 % a max. o 0,7 %. V případě ložné vrstvy byl požadavek splněn, jehož hodnota odpovídala přesně minimálnímu množství asfaltového pojiva, které by se ve směsi mělo nacházet. Při této zkoušce lépe vyhovovala ložní vrstva nežli obrusná.

8.4.7.3.2 Vyhodnocení obsahu rozpustného pojiva dle obalovny

V porovnání s údaji, které uváděla obalovna se výsledky také neshodly, i když pro obrusnou vrstvu požadované parametry byly shodné, jak při návrhu, tak s těmi kontrolními, zatímco pro ložní vrstvu bylo kritérium o něco přísnější. Konkrétně o 0,1 %. Obalovna odebrala vzorky asfaltové směsi přímo na stavbě, aby mohla být provedena zkouška typu. Na základě této zkoušky navrhli pro obrusnou vrstvu minimální obsah pojiva 5,4 % z celkové asfaltové směsi, přičemž během kontrolní zkoušky tato hodnota u vzorků naměřena nebyla. Co se týká ložní vrstvy, tak zde obalovna naměřila 4,1 % obsahu pojiva, což se také liší od hodnoty naměřené při kontrolní zkoušce, ne však zásadně. Názorněji byly tyto parametry zobrazeny graficky na obrázku č. 53.



Obrázek 53 - Znázornění rozdílných hodnot ze zkoušky typu a kontrolní zkoušky

8.4.8 Stanovení zrnitosti

Tato zkouška byla provedena na materiálu zpětně získaného po provedení zkoušky podle požadavků EN 12697-1. Bylo vizuálně zkontrolováno, že na kamenivu nezůstaly zbytky pojiva a zrna kameniva byla zcela oddělena. Na základě takto získaného kameniva byl proveden síťový rozbor za sucha. Zkouška se uskutečnila dle požadavků normy ČSN EN 12697-2 a vyhodnocení dle normy ČSN 73 6121 na základě typu asfaltové směsi.

8.4.8.1 Postup zkoušky

Získané kamenivo bylo nejprve zváženo, aby se dalo zpětně ověřit, že na sítěch nezůstala žádná zrna kameniva. Poté se veškeré kamenivo nasypalo do zkušebního zařízení s oky s největší velikostí oka 11 mm a s nejmenším 0,063 mm. Po uzavření



Obrázek 54 - Sestavená síta do sloupce
s největší frakcí 11 mm a nejmenší 0,063 mm

přístroje bylo zařízení spuštěno a nechalo se kamenivo po dobu 15 min prosívat skrz síta. Poté se jednotlivá síta rozebrala a množství kameniva, které na daném síti zůstalo bylo zváženo a zaznamenáno do protokolu. Jako poslední krok byla navážka kameniva opět zvážena a zkontrolovala se hmotnost před a po provádění. [37]

Jednotlivé frakce kameniva byly zapsány do tabulky č. 16 - 20 a následně byla vykreslena čára zrnitosti v závislosti celkových propadů na velikosti ok daných sít. Toto bylo provedeno pro jednotlivé zkušební vzorky.



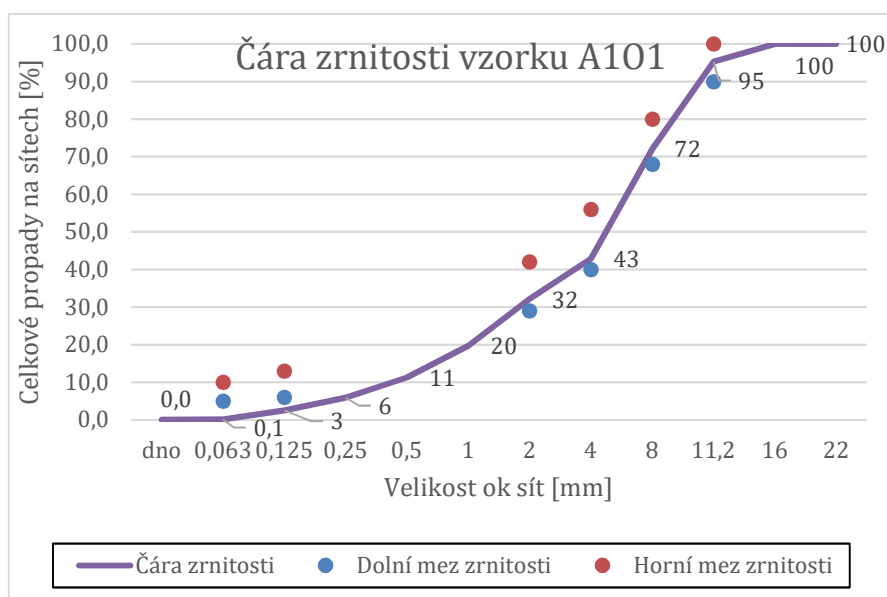
Obrázek 55 - Pohled na síto s kamenivem

o frakci 11 mm

8.4.8.2 Výpočet zrnitosti

Tabulka 16 - Sítový rozbor vzorku A101

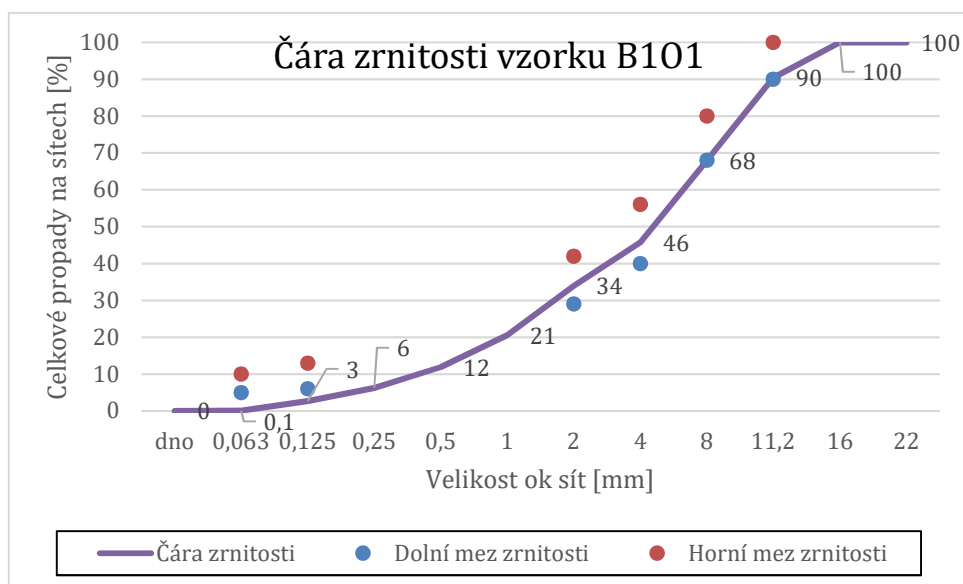
Název vzorku				
A101				
Navážka směsi	n=	722,9	[g]	
Patrona	P=	504,6	[g]	
Patrona + filer	P+F=	564,2	[g]	
Suma na všech sítích	K=	627,4	[g]	
Síto	Zůstatek na síti	Procento obsahu jednotlivých frakcí kameniva	Propad sítím	Požadavky dle ČSN 73 6121 pro ACO 11S
[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
22	0,0	0,0	100,0	-
16	0,0	0,0	100,0	100
11,2	30,3	5	95,2	90 - 100
8	145,0	23	72	68 - 80
4	182,9	29	43	40 - 56
2	67,8	11	32	29 - 42
1	77,8	12	20	není definováno
0,5	52,6	8	11	není definováno
0,25	34,0	5	6	není definováno
0,125	21,3	3	3	6 - 13
0,063	15,0	2,4	0,1	5 -10
dno	1,0	0	0	
Celkem kamenivo [g]		627,4		
dno + filer [g]		60,6		
Celkem kamenivo + filer [g]		688,0		



Obrázek 56 - Čára zrnitosti vzorku A101 dle požadavků ČSN 73 6121

Tabulka 17 – Sítový rozbor vzorku B101

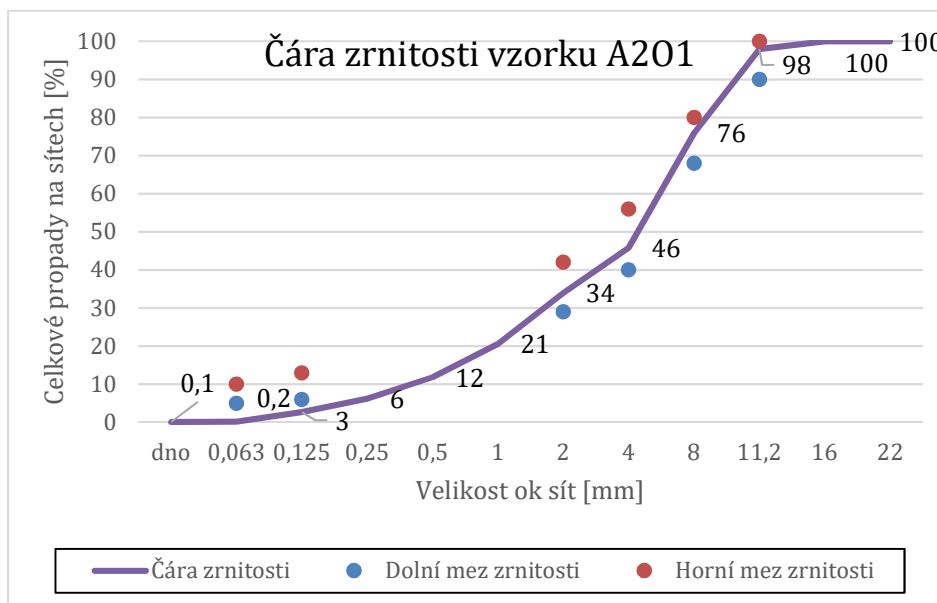
Název vzorku				
B101				
Navážka směsi	n=	681,2	[g]	
Patrona	P=	504,3	[g]	
Patrona + filer	P+F=	569,1	[g]	
Suma na všech sítích	K=	581,6	[g]	
Síto	Zůstatek na síti	Procento obsahu jednotlivých frakcí kameniva	Propad sítím	Požadavky dle ČSN 73 6121 pro ACO 11S
[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
22	0,0	0,0	100,0	-
16	0,0	0,0	100,0	100
11,2	55,9	10	90	90 - 100
8	127,5	22	68	68 - 80
4	131,8	23	46	40 - 56
2	68,4	12	34	29 - 42
1	78,4	13	21	není definováno
0,5	50,3	9	12	není definováno
0,25	32,5	6	6	není definováno
0,125	21,0	4	3	6 - 13
0,063	15,4	2,6	0,1	5 -10
dno	1,1	0,2	0,0	
Celkem kamenivo [g]		581,6		
dno + filer [g]		65,9		
Celkem kamenivo + filer [g]		647,5		



Obrázek 57 - Čára zrnitosti vzorku B101 dle požadavků ČSN 73 6121

Tabulka 18 - Sítový rozbor vzorku A2O1

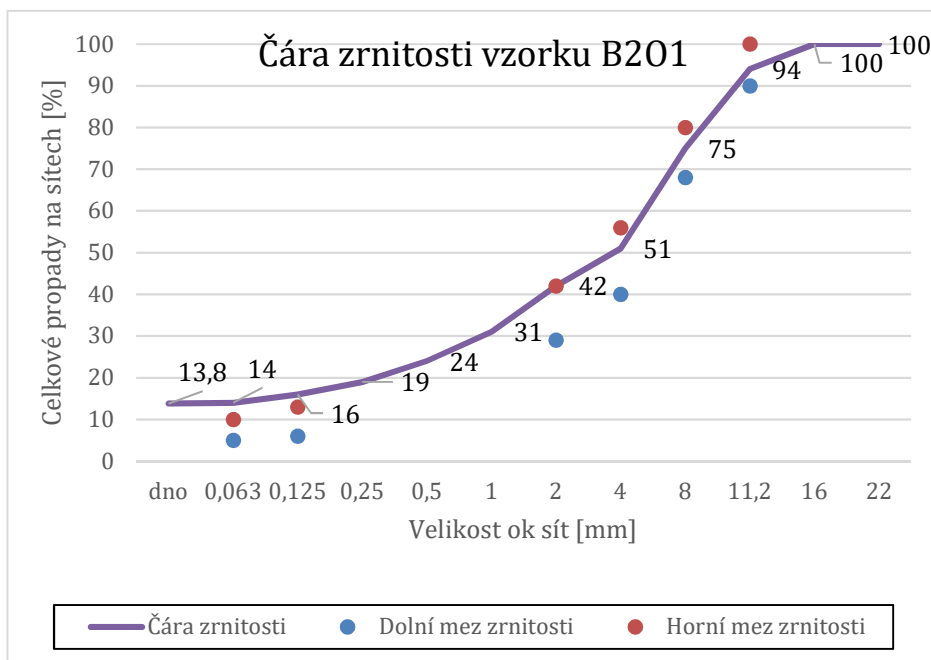
Název vzorku				
A2O1				
Navážka směsi	n=	712,21	[g]	
Patrona	P=	503,2	[g]	
Patrona + filer	P+F=	576,44	[g]	
Suma na všech sítích	K=	604,64	[g]	
Síto	Zůstatek na síti	Procento obsahu jednotlivých frakcí kameniva	Propad sítím	Požadavky dle ČSN 73 6121 pro ACO 11S
[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
22	0,0	0,0	100,0	-
16	0,0	0,0	100,0	100
11,2	10,3	2	98	90 - 100
8	133,9	22	76	68 - 80
4	179,4	30	46	40 - 56
2	75,5	12	34	29 - 42
1	81,4	13	21	není definováno
0,5	52,6	9	12	není definováno
0,25	33,6	6	6	není definováno
0,125	21,5	4	3	6 - 13
0,063	15,0	2,5	0,2	5 - 10
dno	0,7	0,1	0,1	
Celkem kamenivo [g]		712,21		
dno + filer [g]		73,94		
Celkem kamenivo + filer [g]		786,2		



Obrázek 58 - Čára zrnitosti vzorku A2O1 dle požadavků ČSN 73 6121

Tabulka 19 - Sítový rozbor vzorku B2O1

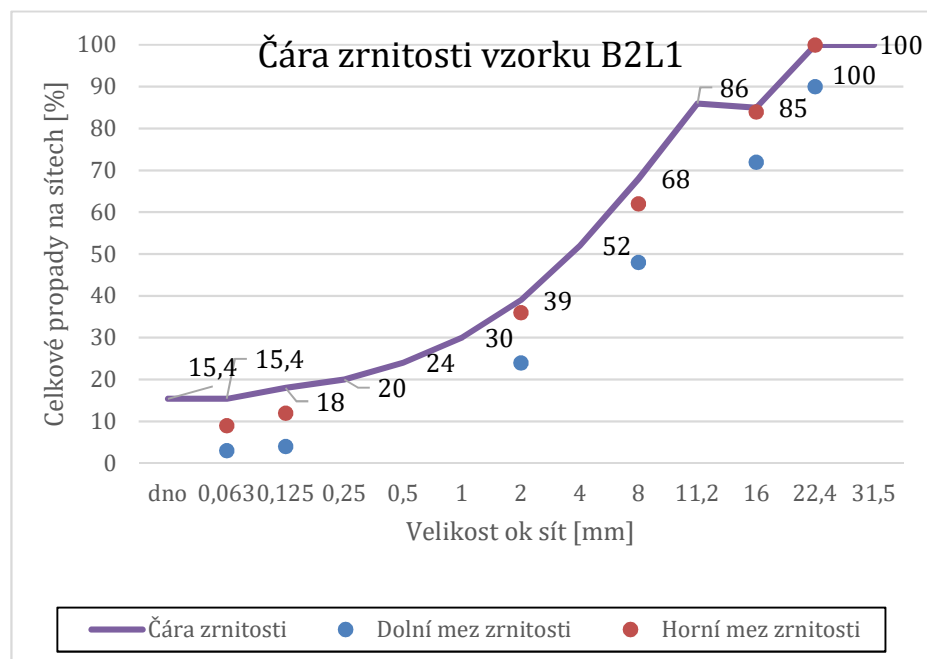
Název vzorku				
B2O1				
Navážka směsi	n=	746,31	[g]	
Patrona	P=	502,66	[g]	
Patrona + filer	P+F=	569,2	[g]	
Suma na všech sítích	K=	643,67	[g]	
Síto	Zůstatek na síť	Procento obsahu jednotlivých frakcí kameniva	Propad sítím	Požadavky dle ČSN 73 6121 pro ACO 11S
[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
22	0,0	0,0	100,0	-
16	0,0	0,0	100,0	100
11,2	41,8	6	94	90 - 100
8	147,1	20	75	68 - 80
4	174,6	23	51	40 - 56
2	71,5	10	42	29 - 42
1	78,6	11	31	není definováno
0,5	52,8	7	24	není definováno
0,25	35,5	5	19	není definováno
0,125	23,9	3	16	6 - 13
0,063	16,8	2,3	14	5 - 10
dno	0,8	0,1	13,8	
Celkem kamenivo [g]		746,31		
dno + filer [g]		67,3		
Celkem kamenivo + filer [g]		813,7		



Obrázek 59 – Čára zrnitosti vzorku B2O1 dle požadavků ČSN 73 6121

Tabulka 20 - Sítový rozbor vzorku B2L1

Název vzorku				
B2L1				
Navážka směsi	n=	1073,72	[g]	
Patrona	P=	502,87	[g]	
Patrona + filer	P+F=	604,19	[g]	
Suma na všech sítích	K=	929,13	[g]	
Síto	Zůstatek na síti	Procento obsahu jednotlivých frakcí kameniva	Propad sítím	Požadavky dle ČSN 73 6121 pro ACL 22S
[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
31,5	0,0	0,0	100	-
22,4	0,0	0,0	100	90 - 100
16	142	15	85	72 - 84
11,2	132,4	14	86	-
8	160,8	17	68	48 - 62
4	156,0	17	52	-
2	121,5	13	39	24 - 36
1	82,3	9	30	není definováno
0,5	53,5	6	24	není definováno
0,25	35,1	4	20	není definováno
0,125	24,8	3	18	4 - 12
0,063	19,3	2,1	15,4	3 - 9
dno	0,8	0,1	15,4	
Celkem kamenivo [g]		1073,72		
dno + filer [g]		102,1		
Celkem kamenivo + filer [g]		1175,8		



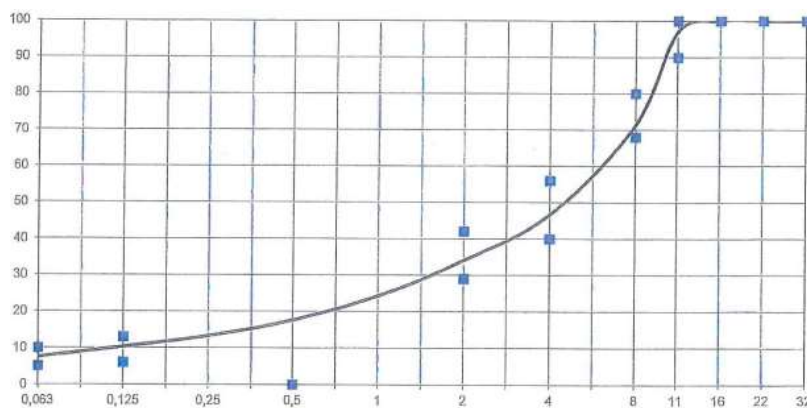
Obrázek 60 - Čára zrnitosti vzorku B2L1 dle požadavků ČSN 73 6121

8.4.8.3 Vyhodnocení zrnitosti kameniva v asfaltové směsi

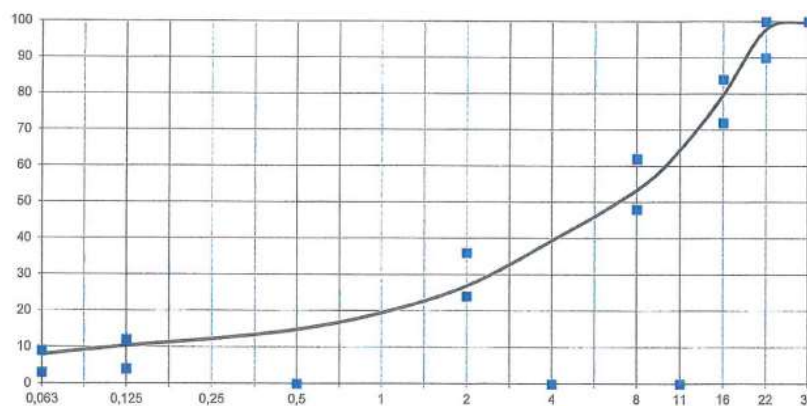
Vyhodnocení bylo provedeno na základě získání hodnot ze síťového rozboru. Pro každý vzorek zde byla uvedena tabulka se získanými propady na jednotlivých sítích a vykreslená čára zrnitosti, viz tab. 16 – 20 a obr. 56 – 60. Plnou čarou byla vyobrazena právě čára zrnitosti daného vzorku a dále se zakreslily i dolní a horní meze zrnitosti dle typu asfaltové směsi dle požadavků normy ČSN 73 6121.

Požadavky normy ČSN 73 6121 kontrolní čáry zrnitosti nespĺňují meze oboru zrnitosti ani v jednom případě. Výsledky nebyly doplněny o stanovení zrnitosti u vybraných znečištěných vývrtů, u nichž se po vizuální kontrole extrakce neprováděla. Bylo patrné, že pro tento typ zkoušky by výsledky nevyhověly.

Níže jsou na obr. č. 61 a 62 čáry zrnitosti, které vyšly obalovně při zkoušce typu. Je zřejmé, že ač jejich čára zrnitosti má ideální tvar, v našem případě tomu tak nebylo.



Obrázek 61 - Čára zrnitosti stanovená obalovnou pro ACO 11 S



Obrázek 62 - Čára zrnitosti stanovená obalovnou pro ACL 22 S

9. Diskuze

Nyní bych chtěla trochu nastínit situaci ke kapitole 8.4.3. Právě v této fázi, kde se přišlo na nemalé množství jílovité zeminy uvnitř asfaltové směsi a bylo hlavní otázkou, jak se tam tolik nežádoucího materiálu mohlo dostat. Možnosti, které připadaly v úvahu, byly takové, že jílem byla znečištěná korba odvozních prostředků, ale byla by vskutku velká náhoda, aby byly všechny korby takto znečištěné. Další alternativa připadající v úvahu byla, že za tento důsledek mohla tlaková voda, která jíl dopravila až do ložní vrstvy. Pro mne nejlogičtější vysvětlením bylo, že kamenivo mohlo být obalené jílem



již na obalovně. Možná nedošlo k třídění za horka, tento proces je popsán v kapitole 4.2.1.1, a tak nebylo kamenivo zbaveno právě zeminy a dalších nečistot, které by se na něm neměly vyskytovat. Na 2 vývrtech nebyla provedena žádná měření, jelikož bylo na první pohled vidět, že asfaltová směs obsahuje velké množství jílovitých částic. Již v této fázi se rozhodlo, že nebude proveden především síťový rozbor, kde by v tomto případě stanovená čára zrnitosti nesplnila obory zrnitosti dle požadavků normy.

Obrázek 63 – Nedostatečné obalení zrn kameniva
asfaltovým pojivem ve vzorku ALL1



Obrázek 64 – Detail separovaných vrstev při zkoušce spojení
kontaktních ploch s patrným výskytem jílovitých složek

10. Závěr

Základním cílem mé bakalářské práce bylo stanovení příčiny poruch ve formě výtluků, vyjetých kolejí či ztrátě asfaltového tmelu pozemní komunikace, které nastaly v tak krátkém časovém horizontu po její pokládce a zprovoznění tohoto úseku pozemní komunikace. Vyhodnocení kvality směsi bylo stanoveno na základě získaných výsledků z měření na třech jádrových vývrtech z původních čtyř, neboť jeden vývrt obsahoval velké množství jílovitých složek. Dle provedených laboratorních zkoušek z jádrových vývrtů lze konstatovat následující závěry:

- Na základě smykové zkoušky pro spojení vrstev vyhověla pouze 3 měření. U vzorku A1 byl splněn normový požadavek na minimální potřebnou sílu pro rozpojení vrstev, kde bylo potřeba vynaložit sílu 27,2 kN, aby od sebe byly separovány kontaktní plochy mezi obrusnou a ložní vrstvou. Pro obrusné vrstvy bylo kritérium na minimální potřebnou sílu 15 kN. Stejný případ nastal i u vzorků B1 a B2. Ložní vrstvy byly u všech vzorků zcela nevyhovující, a to především z důvodu, že jádrové vývrty nevykazovaly žádnou soudržnost ihned po jejich odvrtání. Jen u vzorku A1, kde se nacházely dvě ložní vrstvy byla naměřena síla 2,8 kN z požadovaných 12,0 kN.

- Mezerovitost asfaltových směsí byla jedinou zkouškou, kde byly naměřeny vyhovující hodnoty. Pouze vzorek A1 převýšil požadovanou mezerovitost normou ČSN 73 6121 o necelé jedno procento, jinak zbylé vzorky se pohybovaly v předepsaném rozmezí hodnot mezerovitosti. Nejvíce se naměřené výsledky shodovaly v obrusných vrstvách u vzorků B1 a B2 s navrženými parametry obalovnou. Normovým požadavkům však vyhověly všechny vzorky, kromě již zmíněného, jehož mezerovitost asfaltové směsi vykazovala mezerovitost o 0,7 % vyšší.

- Minimální obsah rozpustného pojiva nebyl dosažen v žádném měření pro obrusné vrstvy. Nejvíce se požadavkům normy ČSN 73 6121 přiblížil vzorek B1, který obsahoval 5,0 % rozpustného pojiva z předepsaných 5,4 %. Oproti tomu ložní vrstva požadavkům vyhověla, neboť splnila nejmenší přípustnou hodnotu 4,0 %.

- Zrnitost asfaltové směsi byla stanovena na základě provedených kontrolních zkoušek a vykreslení čáry zrnitosti pro každý zkoušený vzorek. Dle požadavků normy ČSN 73 6121 kontrolní čáry zrnitosti nevyhověly mezím oboru zrnitosti ani v jednom případě. Čára zrnitosti u této asfaltové směsi má být plynulá a nesmí obsahovat žádné zlomy nebo dokonce rovnou přímku, jak tomu bylo například u vzorku B2 u ložní vrstvy. Již takto nevyhovělo jediné použité kamenivo, a to nebyly výsledky doplněny o znečištěné vývrty, u nichž po vizuální stránce kontroly bylo patrné, že ani zde by výsledná čára zrnitosti nevyhověla.

Závěrem jsem musela konstatovat, že použitá asfaltová směs byla nevyhovující a neodpovídala normovým požadavkům. Špatné výsledky z největší části způsobil výskyt velkého množství jílovitých složek v asfaltové směsi, který mohl být zapříčiněn pokládkou za nepříznivých klimatických podmínek.

Bohužel jsem nemohla stanovit přesnou příčinu, jelikož jsem v této době neměla k dispozici stavební deník, aby se ověřily klimatické podmínky během pokládky, jelikož bylo možné, že pokládka proběhla za deště. Dále by byla cenná závěrečná zpráva stavebního dozoru, která ale ještě také nebyla poskytnuta. Údaje z těchto dokumentací poslouží až objednateli, který předloží svou závěrečnou zprávu na základě všech získaných skutečností.

Z technologického předpisu (specifikace obalovny při odběru AS pro zkoušku typu) vyplynulo, že i přesto, že ložná vrstva měla být opravena jen lokálně, tak vývrty, které byly odvrtny, pocházely z části vozovky, kde sanace provedena být měla. Díky této informaci bylo patrné, že jak bylo zmíněno hned v úvodu zkoušek asfaltových směsí, byla vyvrácena možnost, že původní ložní vrstva nemusela být odfrézována a měla zde být položena jen nová obrusná vrstva.

S největší pravděpodobností bude zhotovitel požadovat, aby se odebraly další vývrty, na kterých by byly provedeny stejné zkoušky, aby bylo možné potvrdit / vyvrátit dosavadní výsledky. Ale nejspíše nové zkoušky neprokáží nic jiného, než tyto a rozhodně nebudou ve prospěch zhotovitele. V takovémto případě by dodavatel musel na své vlastní náklady učinit nápravu a vystavit vozovku znovu.

Seznam použitých internetových zdrojů

- [1] *Páteřní síť silnic a dálnic ČR.* , 164. DOI: leden 2019
<https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/2c493ac4-a7c1-4baf-912b-e9ecb6b8e9e4/RSD-paterni-sit-silnic-a-dalnic-v-cr.pdf?MOD=AJPERES>.
- [2] *Padesát let 1967 - 2017.* , 254. DOI:
https://www.rsd.cz/wps/wcm/connect/5eefde6e-2ebf-44ed-8276-25b04091608e/rsd-publikace-50+let_web.pdf?MOD=AJPERES.
leden 2019
- [3] *Krajská města má spojit prstenec nových dálnic.* , 254. DOI:
<https://www.novinky.cz/ekonomika/472167-krajska-mesta-ma-spojiti-prstenec-novych-dalnic.html>.
leden 2019
- [5] *Pokládka hutněných asfaltových směsí* DOI:
<http://www.sdruzenisilnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReNIF68PD1cweqhxRjKVfZt1OvjAD1P9WjqHo6IbkUK5mzyeTK5RyDVRPSKBJwpxi6wQV1WFfs90cAWArcIHN1B4pOZ9%2FjCxZQa8iD8o0GM1tr6NaDHVDez3%2FCeHprSu0jEz2S8YfJ1mMI86DPqKfvpfipByHQR2viQH8uw40y0WNoVwq7dvq5Fonush6xaK8ujLaBHa6l9QI6xt8iac89fm68p4cg6F4l55iJTof81SV5jYcvd2bsHxYi2w9boRJwRK8w820fMzwqvSUO60MThZRvGqxSDBiegwffL9QNo6kqKbxLJebqM5tw0ZL9tDdJ5FsDq5fL3a8U8%2BogNcmoqqgcVa55VuKVKE%2BnxKHGbIkQ4rfhHHC8IPmu3hTD72U5WbBiatnUqU%2B1d2aBF10JNwEHoSHXKgD6hFRWWC0XC3VzWMARtG4JjKQUTg6Ob5XQv6POMID4Yyra33WU5zE9d8%2F1EtS0XKz1mF2m%2BaEbQIUNL%2BDKilVfSc%2Fi5AdSv8apQ%3D%3D&tna me=SiteContent.aspx>
leden 2019
- [7] *Návod na obalování asfaltové směsi.* DOI:
http://www.sas-trinec.cz/download/navod_obalovana_smes.pdf.
únor 2019
- [8] *Technické kvalitativní podmínky - Hutněné asfaltové vrstvy kapitola 7.* DOI:
http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_7.pdf.
únor 2019
- [9] *Kategorizace asfaltových finišerů s šířkou pokládky 1 500 až 6 500 mm.* DOI:
http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_7.pdf.
únor 2019
-

-
- [11] *Stroje pro úpravu plocha zlepšování podkladů*. DOI:
<http://technologie.fsv.cvut.cz/vyuka/vyucovane-predmety/122TS01/podklady-k-prednaskam/>.
únor 2019
- [12] *Římská říše*. DOI: <http://forum.ceskedalnice.cz/viewtopic.php?f=143&t=1939>.
leden 2019
- [13] *Římská říše*. DOI: <http://forum.ceskedalnice.cz/viewtopic.php?f=143&t=1939>.
leden 2019
- [14] *Dálniční síť*. DOI: <http://www.csns.cz/zajima-nas/dalnice>.
leden 2019
- [15] [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z: <http://www2.ceskedalnice.cz/nase-foto/ilustracni/vozovka>
únor 2019
- [16] *ZPEVNĚNÉ PLOCHY DFH-HAUS CZ S.R.O.* DOI:
[http://www.berdych.cz/zpevnene-plochy-dfh-haus-cz-s-r-o/#prettyphoto\[group\]/3/](http://www.berdych.cz/zpevnene-plochy-dfh-haus-cz-s-r-o/#prettyphoto[group]/3/).
únor 2019
- [17] *Zpracování ropy rafinériemi*. DOI: <https://fdrive.cz/galerie/ropna-rafinerie-9675/clanek-1008>.
únor 2019
- [18] *Zpracování ropy*. DOI:
<https://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/zpracovani-ropy.html>.
únor 2019
- [19] *Recyklace asfaltových směsí na obalovně v Brně*. DOI:
<https://docplayer.cz/9827446-Recyklace-asfaltovych-smesi-na-obalovne-15-5-2013-v-brne.html>.
březen 2019
- [20] *P3_sens9_varaus_asfaltové směsi r-materiál.*, 9. DOI:
<https://docplayer.cz/9827446-Recyklace-asfaltovych-smesi-na-obalovne-15-5-2013-v-brne.html>.
březen 2019
-

- [21] *20150509 Benešov nad Černou prostřední most nový asfalt pokládka filmy mov.*, 9.
DOI:

https://paptabe.rajce.idnes.cz/20150509_Benesov_nad_Cernou_prostredni_most_no_vy_asfalt_pokladka_filmy_mov/.

březen 2019

- [22] *Vozovky s cementobetonovým krytem*. DOI:

<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/doprava/vozovky-s-cementobetonovym-krytem>.

březen 2019

- [23] *Referenční stavby 2015*. DOI:

http://www.silnice-klatovy.cz/silnice_klatovy_galerie_stavby_2015.html.

březen 2019

- [25] *Ceny dálnic v Evropě*

https://www.oziveni.cz/wpcontent/uploads/2010/01/cenadalnic_cast1_predrazenedalnice.pdf

březen 2019

- [26] *Zjištění stavu povrchu a asfaltového souvrství silnice I/3 v úseku Mirošovice - Benešov*. DOI:

<https://docplayer.cz/18554740-Zjisteni-stavu-povrchu-a-asfaltoveho-souvrstvi-silnice-i-3-v-useku-mirosovice-benesov.html>.

březen 2019

- [27] *Diamantová korunka pro jádrové vrtání svařovaná LASERem*. DOI:

<http://www.bld.cz/zbozi/3992/Diamantova-korunka-pro-jadrove-vrtani-svarovana-LA.htm>.

březen 2019

Seznam knižních zdrojů

- [4] ZAJÍČEK, Jan a kolektiv. *Technologie stavby vozovek*. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, s. r. o. Sokolská 15, Praha 2, 2015. ISBN 978-80-87438-59-6.
- [6] KAUN, CSC., Doc. Ing. Miroslav a Doc. Ing. František LUCEMBURK, CSC., *Technologie stavby vozovek*. 3. Praha: Vydavatelství ČVUT, Zikova 4, 166 36 Praha 6, 2002. ISBN 80-01-02486-5.
- [10] DOLDER, Willi, Ursula DOLDER - PIPPKE, Andreas R. BARNER, Frank PFEIFFER a Stefan BONGARTZ. *1000 stavebních strojů*. 1. Praha: Euromedia Group, k.s. - Knižní klub v Praze, 2007. ISBN 978-80-242-1897-7.
- [28] PRAGOPROJEKT a.s., *Ateliér Praha_ Dokumentace D1 Modernizace EXIT 21 Mirošovice – EXIT 182 Kývalka, 08/2013*
- [30] *Česká technická norma ČSN EN 13108-1 Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 1: Asfaltový beton*. 04/2008. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [31] *Česká technická norma ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí*. 04/2008. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [32] *ČSN EN 12697 - 29 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 29: Stanovení rozměrů asfaltových zkušebních těles*. 07/2003. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [33] *ČSN EN 12697 - 30 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 30: Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem*. 10/2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky, 2012.
- [34] *ČSN EN 12697 - 8 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí*. 05/2004. Praha: Český normalizační institut, 2004.
-

- [35] ČSN EN 12697 - 6 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa*. 11/2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky, 2012.
- [36] ČSN EN 12697 - 5 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti*. 07/2010. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky, 2010.
- [37] ČSN EN 12697 – 2 *Asfaltové směsi – Zkušební metody – Část 2: Stanovení zrnitosti*. 10/2015. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkoušky, 2015.
- [38] ČSN EN 12697 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 1: Obsah rozpustného pojiva*. 12/2001. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [39] ČSN EN 73 6121 – *Požadavky na asfaltové betony do obrusných a ložních vrstev*. 02/2019. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019.

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 - UKÁZKA HISTORICKÉ SILNICE NA NAŠEM ÚZEMÍ [12]	OBRÁZEK 2 - UKÁZKA HISTORICKÉ SILNICE V ITALSKÉM ŘÍMĚ [13].....	17
OBRÁZEK 3 - MAPA ČR S VYZNAČENOU SÍTÍ DÁLNIC A RYCHLOSTNÍCH SILNIC [1].....		19
OBRÁZEK 4 - MAPA ČR S VYZNAČENOU SÍTÍ DÁLNIC A RYCHLOSTNÍCH SILNIC [1]		19
OBRÁZEK 5 - DÉLKA SÍTĚ DÁLNIC A SILNIC V ČR K 1. 1. 2013[KM]		20
OBRÁZEK 6 - MAPA ČR SE ZOBRAZENÍM POSTUPNÉHO ZPROVOZNĚNÍ DÁLNIC [2]		20
OBRÁZEK 7 - MAPA ČR S VÝHLEDOVÝM PROPOJENÍM DÁLNIČNÍ SÍTĚ [14].....		24
OBRÁZEK 8 - DVOUPROUDÁ DÁLNICE D8 [15]		25
OBRÁZEK 9 - KONSTRUKČNÍ VRSTVY VOZOVKY [4]		30
OBRÁZEK 10 - UKÁZKA ZPEVNĚNÉ PLOCHY [16].....		32
OBRÁZEK 11 - UKÁZKA ROPNÉ RAFINÉRIE [17]		33
OBRÁZEK 12 - SCHÉMA VÝROBY ROPY [18].....		33
OBRÁZEK 13 - SCHÉMA ŠARŽOVÉ OBALOVNY [19].....		35
OBRÁZEK 14 - SCHÉMA KONTINUÁLNÍ OBALOVNY [20].....		36
OBRÁZEK 15 - DOPRAVA ASFALTOVÉ SMĚSI S VYLOŽENÍM DO FINIŠERU [21].....		39
OBRÁZEK 16 - UKÁZKA MOBILNÍHO ZÁSOBNÍKU ASFALTOVÉ SMĚSI [5]		39
OBRÁZEK 17 - SILNIČNÍ FRÉZA PRO STABILIZACI ZEMIN [11].....		41
OBRÁZEK 18 - HLAVNÍ ČÁSTI FINIŠERU PRO HUTNĚNÉ ASFALTOVÉ SMĚSI [5]		42
OBRÁZEK 19 - SCHÉMA DOHUTŇOVACÍHO ZAŘÍZENÍ – S PŘÍTLAČNÝMI LIŠTAMI [5]		43
OBRÁZEK 20 - UKÁZKA STATICKÉHO TANDEMŮVÉHO VÁLCE S ROTAČNÍM EXCENTREM V 1 OSE S VYSOKOU AMPLITUDOU [11].....		45
OBRÁZEK 21 - UKÁZKA VIBRAČNÍHO VÁLCE [11].....		45
OBRÁZEK 22 - PNEUMATIKOVÝ VÁLEC, TYP AP 240AMMANN [10]		46
OBRÁZEK 23 - VOZOVKA Z CEMENTOBETONOVÉHO KRYTU [22]	OBRÁZEK 24 - VOZOVKA S ASFALTOVÝM KRYTEM [23]	50
OBRÁZEK 25 - PROVEDENÍ JÁDROVÉHO VÝVRTU A UKÁZKA DIAMANTOVÉ KORUNKY [26] [27]		55
OBRÁZEK 26 - JÁDROVÝ VÝVRT OZNAČENÝ JAKO A1	OBRÁZEK 27 - JÁDROVÝ VÝVRT OZNAČENÝ JAKO A256	
OBRÁZEK 28 - JÁDROVÝ VÝVRT OZNAČENÝ JAKO B1	OBRÁZEK 29 - JÁDROVÝ VÝVRT OZNAČENÝ JAKO B2	56
OBRÁZEK 30 - POPIS VÝVRTU SE ZNÁZORNĚNÍM OSY VÝVRTU [31]		57
OBRÁZEK 31 - ZKUŠEBNÍ LIS MÍSTNÍ LABORATOŘE		58
OBRÁZEK 32 – ASFALTOVÁ SMĚS S VÝSKYTEM JÍLOVITÉ ZEMINY - VZOREK B1L.....		62
OBRÁZEK 33 - ROZBOR ASFALTOVÉ SMĚSI.....		63
OBRÁZEK 34 - SCHÉMA RÁZOVÉHO ZHUTŇOVAČE [33].....		64
OBRÁZEK 35 - MARSHALLOVA TĚLESA ZÍSKÁNA PO ZHUTNĚNÍ.....		66
OBRÁZEK 36 - FORMA S NÁSYPKOU PRO APLIKACI SMĚSI		66
OBRÁZEK 37 - VÝSLEDKY OBJEMOVÉ HMOTNOSTI ZKUŠEBNÍCH TĚLES.....		68
OBRÁZEK 38 - VYHODNOCENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI DLE ÚDAJŮ OBALOVNY PRO OBRUSNOU VRSTVU		69

OBRÁZEK 39 - VYHODNOCENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI DLE ÚDAJŮ OBALOVNY PRO LOŽNÍ VRSTVU	69
OBRÁZEK 40 - ODDĚLENÁ ZRNA KAMENIVA	71
OBRÁZEK 41 - VAKUOVÁ KOMORA SLOUŽÍCÍ K ODSTRANĚNÍ ZBYLÉHO NAPLNĚNÝ	71
OBRÁZEK 42 - PYKNOMETR	71
OBRÁZEK 43 - VÝSLEDKY NAMĚŘENÝCH HODNOT MAXIMÁLNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI	73
OBRÁZEK 44 - VYHODNOCENÍ MAXIMÁLNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI DLE NORMOVÝCH ÚDAJŮ PRO OBRUSNOU VRSTVU	73
OBRÁZEK 45 - VYHODNOCENÍ MAXIMÁLNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI DLE ÚDAJŮ OBALOVNY PRO LOŽNÍ VRSTVU.....	74
OBRÁZEK 46 - VYHODNOCENÍ MEZEROVITOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI NA ZÁKLADĚ POŽADAVKŮ NORMY.....	77
OBRÁZEK 47 - VYHODNOCENÍ MEZEROVITOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI NA ZÁKLADĚ POŽADAVKŮ NORMY	77
OBRÁZEK 48 - ZNÁZORNĚNÍ ROZDÍLNÝCH HODNOT ZE ZKOUŠKY TYPU A KONTROLNÍ ZKOUŠKY	78
OBRÁZEK 49 - EXTRAKTOR MÍSTNÍ LABORATOŘE	79
OBRÁZEK 50 - ZÍSKANÉ KAMENIVO PO EXTRAKCI	80
OBRÁZEK 51 - VYHODNOCENÍ OBSAHU ROZPUSTNÉHO POJIVA V ASFALTOVÉ SMĚSI DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121	82
OBRÁZEK 52 - VYHODNOCENÍ OBSAHU ROZPUSTNÉHO POJIVA V ASFALTOVÉ SMĚSI DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121	82
OBRÁZEK 53 - ZNÁZORNĚNÍ ROZDÍLNÝCH HODNOT ZE ZKOUŠKY TYPU A KONTROLNÍ ZKOUŠKY	83
OBRÁZEK 54 - SESTAVENÁ SÍTA DO SLOUPCE	84
OBRÁZEK 55 - POHLED NA SÍTO S KAMENIVEM	84
OBRÁZEK 56 - ČÁRA ZRNITOSTI VZORKU A101 DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121	85
OBRÁZEK 57 - ČÁRA ZRNITOSTI VZORKU B101 DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121	86
OBRÁZEK 58 - ČÁRA ZRNITOSTI VZORKU A201 DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121	87
OBRÁZEK 59 - ČÁRA ZRNITOSTI VZORKU B201 DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121.....	88
OBRÁZEK 60 - ČÁRA ZRNITOSTI VZORKU B2L1 DLE POŽADAVKŮ ČSN 73 6121	89
OBRÁZEK 61 - ČÁRA ZRNITOSTI STANOVENÁ OBALOVNOU PRO ACO 11 S.....	90
OBRÁZEK 62 - ČÁRA ZRNITOSTI STANOVENÁ OBALOVNOU PRO ACL 22 S	90
OBRÁZEK 63 - NEDOSTATEČNÉ OBALENÍ ZRN KAMENIVA	91
OBRÁZEK 64 - DETAIL SEPAROVANÝCH VRSTEV PŘI ZKOUŠCE SPOJENÍ.....	91

Seznam tabulek

TABULKA 1 - PŘEHLED ZPROVOZNĚNÝCH DÁLNIC	21
TABULKA 2 - TŘÍDY DOPRAVNÍHO ZATÍŽENÍ [24]	27
TABULKA 3 - ZPŮSOBY NAMÁHÁNÍ KONSTRUKCE VOZOVKY [4]	27
TABULKA 4 - TEPLoty ASFALTOVÝCH SMĚSÍ PŘI VÝROBĚ A POKLÁDCE	47
TABULKA 5 - CENY VÝSTAVBY DÁLNIC V ČR ZA 10 LET	49
TABULKA 6 - CENY DÁLNIC V EVROPSKÝCH ZEMÍCH	49
TABULKA 7- NAMĚŘENÉ HODNOTY MAXIMÁLNÍ SÍLY PŘI SPOJENÍ VRSTEV	58
TABULKA 8 - POROVNÁNÍ SMYKOVÉ SÍLY PRO ROZPOJENÍ VRSTEV	59
TABULKA 9 - NAMĚŘENÉ HODNOTY PRO STANOVENÍ TLOUŠTĚK JEDNOTLIVÝCH VRSTEV A PRŮMĚRU TĚLES	60
TABULKA 10 - POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT S HODNOTAMI PROJEKTOVANÝMI	61
TABULKA 11 - STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI ZKUŠEBNÍCH TĚLES	68
TABULKA 12 – VSTUPNÍ HODNOTY PRO VÝPOČTEM MAXIMÁLNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI	72
TABULKA 13 - STANOVENÍ MEZEROVITOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI	75
TABULKA 14 - STANOVENÉ HODNOTY MEZEROVITOSTI VČETNĚ POŽADOVANÝCH HODNOT PRO ZKUŠEBNÍ TĚLESA ..	76
TABULKA 15 - VÝSLEDNÉ HODNOTY OBSAHU ROZPUSTNÉHO POJIVA ASFALTOVÉ SMĚSI V JEDNOTLIVÝCH VZORCÍCH	81
TABULKA 16 - SÍTOVÝ ROZBOR VZORKU A1O1	85
TABULKA 17 – SÍTOVÝ ROZBOR VZORKU B1O1	86
TABULKA 18 - SÍTOVÝ ROZBOR VZORKU A2O1	87
TABULKA 19 - SÍTOVÝ ROZBOR VZORKU B2O1	88
TABULKA 20 - SÍTOVÝ ROZBOR VZORKU B2L1	89