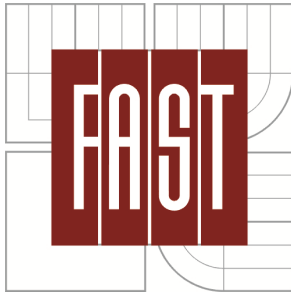


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF

TENKOVSTVÉ EMULZNÍ ÚPRAVY

SLURRY SURFACING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. TOMÁŠ KOUDELKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PETR HÝZL, PH.D.

BRNO 2014



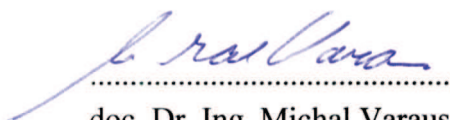
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

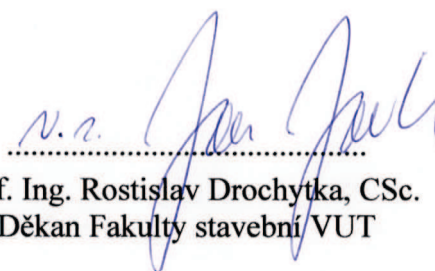
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. TOMÁŠ KOUDELKA
Název	Tenkovrstvé emulzní úpravy
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Hýzl, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013



doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT



Podklady a literatura

ČSN 736130 Stavba vozovek - Kalové vrstvy

ČSN EN 13 808 Asfalty a asfaltová pojiva - Systém specifikace kationaktivních asfaltových emulzí

Normy řady 12274 pro zkoušení kalových vrstev

Sborníky z konferencí a internetové zdroje

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Diplomová práce je zaměřena na problematiku emulzních kalových vrstev. V teoretické části bude rešeršní formou rozebrána zadaná problematika. V navazující praktické části bude věnována pozornost zkoušení vlastností např. při použití R - materiálu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....
Ing. Petr Hýzl, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na technologii emulzních kalových vrstev. Teoretická část práce přibližuje moderní trendy v technologii barevných úprav a popisuje použití technologie emulzních mikrokoberců v systému Flexiplast®. Praktická část práce je zaměřena na zkoušky směsí - štěpitelnosti, konsolidace, koheze a opotřebení, dále zkoušky ohladitelnosti kameniva Wehner/Schulze a PSV. Práce specifikuje, které kamenivo je vhodné pro použití v technologii z ohledu výše popsanych zkoušek. Dále bylo ověřeno praktické použití emulzních mikrokoberců s přídavkem barevných pigmentů a RAP materiálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Emulzní mikrokoberec, štěpitelnost, opotřebení, Wehner/Schulze, PSV, Flexiplast®

ABSTRACT

This thesis is focused on microsurfacing technology. The theoretical part describes modern trends especially in the field of coloured surfaces and special system Flexiplast®. The practical part presents the results of conducted tests, particularly tests of breaking time, cohesion, determination of wearing and determination of friction after polishing. The key advantage is that it specifies which aggregates, which were taken from quarries through the Czech Republic, are convenient for this specialized technology. It was verified that RAP material suits use in microsurfacing. Furthermore, colour mixtures are viable for practical application which was confirmed by tests in the laboratory and trial lying as well. Special use of technology in the system Etanplast and pictures which show field work are presented.

KEYWORDS

Microsurfacing, breaking time, determination of wearing, Wehner/Schulze, PSV, Flexiplast®

KOUDELKA, T. *Tenkovrstvé emulzní úpravy*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Ústav pozemních komunikací, 2014. 120 s., 9 s. příloh. Diplomové práce. Vedoucí práce: Ing Petr Hýzl, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem Diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....
(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval především mému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hýzlovi, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při vypracovávání diplomové práce. Také bych rád poděkoval Ing. Jaroslavě Daškové, Pavlu Strakovi a Matěji Šafránkovi za jejich rady, ochotu a pomoc při provádění zkoušek. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým za jejich psychickou a finanční podporu během studia.

OBSAH

OBSAH	V
SEZNAM OBRÁZKŮ	VI
SEZNAM TABULEK.....	IX
1 ÚVOD	9
2 DOSAVADNÍ STAV PROBLEMATIKY.....	11
3 PRAKTICKÁ ČÁST	45
4 LABORATORNÍ ZKOUŠKY	50
5 PŘEHLED PROVEDENÝCH ZKOUŠEK	65
6 ZKOUŠKY STANOVENÍ OHLADITELNOSTI	102
7 ZKUŠEBNÍ POKLÁDKA	113
8 ZÁVĚR	115
9 LITERATURA	117
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	120
11 SEZNAM PŘÍLOH.....	121
12 PŘÍLOHY	122

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Zařízení zabraňující shlukování směsi s RAP [6].....	13
Obr. 2-2 Modifikační přísada. Polymer Kraton. [38].....	16
Obr. 2-3 Fáze výroby modifikovaného asfaltu [38].....	17
Obr. 2-4 Turbína [38].....	18
Obr. 2-5 Nádrže, kde dochází k promísení přísad a vody [38]	18
Obr. 2-6 Výrobní stanice asfaltové emulze [38].....	19
Obr. 2-7 Porovnání odstínů pojiv [17].....	20
Obr. 2-8 Provádění spojovacího postřiku [38].....	23
Obr. 2-9 Detail kladecího rámu během pokládky [38].....	24
Obr. 2-10 Příklad barevné úpravy povrchu v tunelu Ladeve, Francie [21].....	26
Obr. 2-11 Čerstvě položená směs EMK s přidavkem červeného pigmentu [38]	28
Obr. 2-12 Porovnání zkušebních vzorků před a po zkoušce opotřebení [38]	29
Obr. 2-13 Vyrobená zkušební tělesa EKZ, firma Paramo, a.s., červený a zelený pigment [38].....	29
Obr. 2-14 Vyrobená zkušební tělesa EKZ, firma Paramo, a.s., žlutý a bez pigmentu[38].....	30
Obr. 2-15 Rozdíl mezi mikrotexturou a makrotexturou [13]	31
Obr. 2-16 Rozdíl povrchu na vzorku, ohlazené a neohlazené pojivo, ruční ohlazení [38]	34
Obr. 2-17 Vzorné provedení pracovní podélné spáry [38].....	36
Obr. 2-18 Úprava příčné spáry po začátku pokládky [38]	36
Obr. 2-19 Textura povrchu EMK, tunelový komplex Blanka [38].....	39
Obr. 2-20 Složení konstrukčních vrstev systému Flexiplast [26]	39
Obr. 2-21 Provádění postřiku asfaltové membrány v tubusu tunelu [38]	41
Obr. 2-22 Provádění pokládky EMK na jedné z vjezdových větví komplexu [38]	42
Obr. 2-23 Vjezdová větev tunelového komplexu blanka během provádění pokládky EMK [38]	42
Obr. 2-24 Problémové místo - příčný odvodňovací žlab [38].....	43
Obr. 2-25 Příklad degradované vrstvy emulzního mikrokoberce [39].....	44
Obr. 2-26 Příklad degradované vrstvy mikrokoberce [39]	44

Obr. 3-1 Stanovení přilnavosti emulze ke kamenivu [38]	46
Obr. 3-2 Syntetická emulze Katebit Prokolor	47
Obr. 3-3 Rozmístění lomů vybraných pro zkoušky emulzních kalových krytů [40],[41].....	48
Obr. 4-1 Návod na stanovení procentuálního pokrytí kameniva emulzí pro zkoušku přilnavosti [35].....	52
Obr. 4-2 Příklad pro zkoušení opotřebení Hobart [38]	56
Obr. 4-3 Příklad na stanovení doby koheze směsi [38]	57
Obr. 4-4 Příklad na ohlazení a nosné kolo (vpravo) [38].....	59
Obr. 4-5 Zkušební přístroj Wehner/Schulze, laboratoř TU Vídeň [38]	60
Obr. 4-6 Detail ohlazovacích kuželíků, Wehner/ Schulze [38].....	60
Obr. 4-7 Vzorek na zkoušku W/S, mezikruží, kde dochází k ohlazování vzorku [38]	61
Obr. 4-8 Zkušební sklo pro ověření nepoškození měřících patek [38]	62
Obr. 4-9 Detail měřící hlavy a měřící patky [18].....	63
Obr. 4-10 Příprava zkušebních těles pro zkoušku Wehner/Schulze [38]	64
Obr. 5-1 Směs č. 1, RAP 85% a litice 15%, vpravo směs pro zkoušku konsolidace [38].....	81
Obr. 5-2 Směsi s přídavkem žlutého pigmentu Y710 a červeného TP 200 (před konsolidací) [38].....	85
Obr. 5-3 Směsi s přídavkem žlutého pigmentu Y710 a červeného TP 200 (po konsolidaci) [38].....	85
Obr. 5-4 Zkušební tělesa po zkoušce opotřebení, směs č. 7, Police, přetržitá křivka zrnitosti [38].....	89
Obr. 5-5 Zkušební tělesa po zkoušce opotřebení, směs č. 5, Litice, plynulá křivka zrnitosti [38].....	90
Obr. 5-6 Zkušební tělesa po zkoušce opotřebení, směs č. 6, Chrtníky, plyn. křivka zrnitosti [38].....	90
Obr. 5-7 Směs 4. 12 s pigmentem TP 200, temperování 55% a 100% vlhkost (vpravo) [38]	91
Obr. 5-8 Směs š. 13 s přídavkem žlutého pigmentu, podmínky temperování 55% a 100% vlhkost [38]..	92
Obr. 5-9 Směs 1 po vyštěpení [38]	95
Obr. 5-10 Směs 4, nevyštěpená směs [38]	96
Obr. 5-11 Porovnání směsí 12 – pigment TP200 a 13 – pigment FS (vlevo)	98
Obr. 5-12 Porovnání bezbarvých směsí, vlevo směs Paramo, a.s., vpravo vlastní návrh	100
Obr. 6-1 Porovnání stupně ohlazení čediče Císařský (vlevo) a droby Chornice (vpravo) [38]	103
Obr. 6-2 Postup uložení vzorku do formy W/S [38].....	104
Obr. 6-3 Odběr jádrového vývrtu pro zkoušku Wehner/Schulze [38]	104
Obr. 6-4 Odběry vzorku pro zkoušku ohladitelnosti Wehner/Schulze [38].....	105

Obr. 6-5 Vzorek EMK po provedení zkoušky ohladitelnosti Wehner/Schulze [38].....	106
Obr. 6-6 Porovnání makrotextury EMK a CB s povrch. úpravou taženou Jutou [38]	107
Obr. 6-7 Vzorok, PSV, zleva Chornice, Chrtníky, Černá Skála, Košťálov a Masty [38]	110
Obr. 6-8 Porovnání ohlazení kameniva Košťálov (vlevo) PSV 56 a Masty PSV 50 [38]	111
Obr. 7-1 Provádění zkušební pokládky [38]	113
Obr. 7-2 Provádění zkušební pokládky [38]	114

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2-1 Maximální nominální velikost frakcí kameniva v mm [32]	11
Tabulka 2-2 Návrhy směsí s RAP realizované ve Francii [6].....	13
Tabulka 3-1 Naměřené charakteristiky emulze Emulvia Grip P.....	45
Tabulka 3-2 Čáry zrnitosti pro kalové směsi [30].....	49
Tabulka 3-3 Složení stavební směsi [30]	49
Tabulka 4-1 Temperovací teploty materiálu použité při zkoušce opotřebení [33].....	54
Tabulka 5-1 Provedené zkoušky během vypracování diplomové práce	65
Tabulka 5-2 Složení směsi č. 1, kamenivo z lomu Bystřec.....	67
Tabulka 5-3 Složení směsi č. 2, kamenivo z lomu Svrčovec	68
Tabulka 5-4 Složení směsi č. 3, kamenivo z lomu Plaňany	70
Tabulka 5-5 Složení směsí č. 5 a č. 6, kameniva z lomu Litice	71
Tabulka 5-6 Návrhy směsí z lomu Chrtínky	74
Tabulka 5-7 Složení směsí z lomu Police	75
Tabulka 5-8 Složení směsí č. 8, kamenivo z lomu Želešice	76
Tabulka 5-9 Složení směsí č. 9, kamenivo z lomu Děpoltovice	78
Tabulka 5-10 Složení směsí č. 10, kamenivo z lomu Horní Tašovice	79
Tabulka 5-11 Směs č. 11, kamenivo z lomu Litice a RAP	81
Tabulka 5-12 Návrhy směsí s použitím barevných práškových pigmentů.....	84
Tabulka 5-13 Směsi splňující normové požadavky (štěpení a konsolidace) na použití v EMK.....	86
Tabulka 5-14 Výsledky koheze směsí	93
Tabulka 5-15 Návrhy směsí s použitím syntetické emulze Katebit, PH 6.3	95
Tabulka 5-16 Návrhy směsí s použitím syntetické emulze Katebit, PH 3.6	97
Tabulka 5-17 Návrhy směsí s použitím syntetické emulze Katebit, PH 3.6	99
Tabulka 6-1 Porovnání hodnot ohladitelnosti PWS a PSV.....	108

1 ÚVOD

1.1 Stručný popis práce

Diplomová práce je zaměřena na technologii kalových vrstev, přesněji na mikrokoberce prováděné za studena (Microsurfacing, Slurry surfacing). V teoretické části práce jsou rozebrány jednotlivé specifika, problémy a moderní trendy nastolené v technologii kalových vrstev (mikrokoberců). Práce v některých svých částech navazuje na již zpracovanou bakalářskou práci *Mikrokoberce za studena*, kde byla teoreticky popsána problematika kalových vrstev a provedeny zkoušky za účelem zjištění vlivu teploty emulze a kameniva na chování směsi.

1.2 Cíle práce

V teoretické části je rozebrána použití kameniva ve směsích včetně použití RAP (reclaimed asphalt) materiálu. Jsou představeny možnosti užití barevných úprav pro obrusné vrstvy za použití barevných pigmentů např. oxidů železa, popřípadě syntetické emulze, kdy lze při použití tohoto pojiva a barevných pigmentů dosáhnout jiných než typicky používaných odstínů barev (červený, hnědý) obrusné vrstvy. Dále bude popsán systém kalových vrstev pod obchodním názvem Gripfibre® a systém Flexiplast®, používaný firmou Eurovia, a.s.

V praktické části na základě zkušeností a poznatků z teoretické části se přistoupí k vybrání vzorků kameniva pro směs mikrokoberce: nejméně 10 druhům kameniva z jednotlivých lomů v České Republice, směsi přírodního kameniva s přídavkem RAP a jejich porovnáním na základě zkoušky štěpitelnosti (určení zda jsou vybrané směsi zpracovatelné a použitelné pro aplikaci). Bude vyzkoušeno chování konvenčních kalových vrstev při přidání pigmentového barviva. Dále vyzkoušení chování jedné z navržených směsí při použití synteticky vyrobené emulze při přidání pigmentových barev. Při zkoušce se do směsi budou přidávat jednotlivé přísady ovlivňující dobu štěpení (cement, vápno, popřípadě tenzoaktivní přísada). Po vybrání vhodných vzorků

dojde k porovnání výsledků zkoušek: stanovení opotřebení podle ČSN EN 12274-5 (zkouška abraze) a zkouška koheze směsi podle ČSN EN 12274-4. Na základě těchto měření bude proveden návrh směsi vhodný k praktickému použití. Dále jsou definovány vhodné druhy kameniva a jejich křivky zrnitosti do mikrokoberce.

Na základě navržených vhodných směsí, vyhovující požadavkům normy ČSN EN 73 6130 a ČSN EN EN 12274 bude vybráno kamenivo, na kterém budou provedeny zkoušky ohladitelnosti. Zkoušky budou provedeny podle ČSN EN 1097-8 Zkouška mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 8: Stanovení hodnoty ohladitelnosti a porovnání naměřených hodnot se zkouškou Wehner – Schulzce podle připravované evropské normy prEN 12697-49:2013 Bitumen mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 49: Determination of friction after polishing a bude zjišťována jejich vzájemná korelace. Na závěr bude provedena zkouška Wehner Schulzce na vývrtnu z obrusné vrstvy zhotovené z emulzního mikrokoberce a ověření vhodnosti této metody ke zkoušení ohladitelnosti vzorku odebraného in-situ.

2 DOSAVADNÍ STAV PROBLEMATIKY

2.1 Kamenivo

Každé kamenivo použité na stavbě musí splňovat počáteční zkoušky typu (ITT). Kamenivo použité do vrstvy musí splňovat požadavky uvedené v ČSN 73 6130. Musí splňovat požadavky ČSN EN 13043 - Kamenivo pro asfaltové směsi a povrchové vrstvy pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch. Dále požadavky na nominální velikost frakcí stanovených v ČSN EN 12273 Kalové vrstvy-specifikace uvádí tabulka 2-1. Velikost kameniva nad $D \geq 11$ mm je v rozporu s ČSN 73 6130, kde je uváděno jako maximální zrno o velikosti $D \leq 11$ mm. [30]

Tabulka 2-1 Maximální nominální velikost frakcí kameniva v mm [32]

Řady sít	1	2	4	5,6 (nebo 5)	8	11,2 (nebo 11)	-
Řady sít	2	2 (nebo 2,8)	4	6,3 (nebo 6)	8	10	12,5 (nebo 12)

2.1.1 Přírodní kamenivo

Z genetického hlediska rozdělujeme horniny do základních skupin:

- Horniny vyvřelé
- Horniny usazené
- Horniny metamorfované
- Migmatity
- Metasomatity [27]

2.1.2 Recyklovaný asfalt (RAP)

Použití recyklovaného asfaltu nabývá na stále větší důležitosti s postupným vytěžením přírodního kameniva, jehož zdroje jsou omezeny. Umožňuje použití přírodního kameniva, které se nachází ve stávajících vozovkových konstrukcích a může mít stále

hodnotu i přesto, že je vozovka na konci své životnosti. Použití RAP je tedy výhodné z hlediska ekonomického i ekologického.

Získává ze stávajících vozovek pomocí frézování a může být použit na stejné stavbě nebo skladován k pozdějšímu využití. Při použití RAP materiálu se musí brát v ohled na přepravu, skladování, manipulace a testování materiálu. [2]

Vlastnosti

RAP materiál je získáván ze stávajících starších komunikací, může obsahovat materiál původní vozovky, vysprávkky a další údržbové technologie, které mohou být různorodé (jiné použité pojiva i kameniva). Dalším aspektem je, že při frézování asfaltobetonové vozovky může docházet k frézování obrusné vrstvy zároveň s frézováním vrstvy ložní nebo podkladní, kde se mohou vyskytovat asfaltová pojiva různé gradace a jiného stárnutí. Při skladování může dojít k promíchání těchto materiálů. [2]

Další z problému zejména může být proměnný obsah pojiva ve stávající konstrukci po délce. Obsah a úroveň zestárnutí stávajícího pojiva ovlivňuje návrh směsi kalové vrstvy. Fyzikální vlastnosti jako zrnitost nebo tvarový index, mohou být zjištěny při extrakci z vývrtu, je možné následně zjistit obsah pojiva a obsah čistého kameniva, které pak mohou být podrobeny dalším zkouškám (zkouška Stanovení bodu měknutí podle ČSN EN 1427 nebo zkouška Stanovení penetrace jehlou podle ČSN EN 1426 a další).

Vlhkost

Během testů v laboratoři dochází k vysušení před zkoušením. Ohříváním zmizí přirozená vlhkost. Během použití na stavbě může být RAP materiál stále vlhký. S tímto musí být počítáno během návrhu. Zejména při návrhu kalové směsi hraje vlhkost významnou roli. Proto je vhodné skladovat RAP materiál na skládkách se zastřešením. [2]

Ve Francii byla směs s RAP poprvé použita v roce 2002. A to ve dvou návrzích s obsahem RAP v rozmezí mezi 70 % - 80 % ze 100 % obsahu kameniva. Návrh směsí je zobrazen v tabulce 2-2. [6]

Tabulka 2-2 Návrhy směsi s RAP realizované ve Francii [6]

Komunikace	RN11		RD6	
Kamenivo	80% RAP + 20 přírodní (4/6)	referenční úsek 0/8	70% RAP + 30 % přírodní (4/6)	referenční úsek 0/6
Obsah vody	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
Obsah přísad	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Vlákna	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Obsah emulze	8.0%	11.4%	8.0%	11.4%

Problémy u RAP mohou nastat s hrudkování kameniva během skladování a dopravy. Jedna z vlastností RAP je, že kamenivo se po delší době může stát soudržné, obvykle za podmínek vysoké teploty a dlouhé doby skladování. Mohou vzniknout až bloky shluklého kameniva, které zabrání rovnoměrnému rozprostření směsi nebo zablokování směsi na dopravníku popřípadě rozprostíracím rámu (možný vznik poruch povrchu – rýhy). Proto je vhodné, aby pokladač kalové vrstvy byl vybaven speciálním mísicím zařízením, které tomuto zabrání. Systém zabraňující mísení je zobrazen na obrázku 2-1.[6]



Obr. 2-1 Zařízení zabraňující shlukování směsi s RAP [6]

2.2 Umělé kamenivo

Za umělé kamenivo je označováno takové kamenivo, kdy při výrobě byly použity chemické nebo tepelné prostředky k produkci zrnitého materiálu vhodného do konstrukce. To zahrnuje například znovupoužití přírodního materiálu nebo materiálu, který zaručuje takové vlastnosti, které nemůže přírodní kamenivo splnit. Často se používá při výrobě prach nebo jílu. Vyroběné kamenivo má obvykle velikost zrn od 4 – 20 mm. [9]

2.3 Přísady, filer

Filer je kamenivo, jehož většina propadne sítem 0,063mm. Toto výplňové kamenivo může měnit průběh štěpení, může neutralizovat ionty emulgátoru, což vede ke kratšímu času štěpení.

- **Cement**

je nejběžněji používaný filer ke zkrácení doby štěpení (absorbuje vodu z emulze – rychlejší štěpení). Běžně se používá v množství 0.1 - 2% fileru ve směsi. Maximální použitelné množství může být omezeno během pokládky druhem pokladače. [1]

- **Vápenný hydrát** $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (vyhašené vápno)

prodlužuje dobu štěpení a používá se i jako modifikační přísada, zlepšuje funkční vlastnosti, především přilnavost, omezuje tvorbu trhlin následkem stárnutí, mrazu a únavy. [22]

2.3.1 Alternativní filer

- **Popílek**

popílek je vedlejší energetický produkt z výroby elektrické energie. Vzniká při spalování uhlí. Vyznačuje se obsahem velmi jemných stejnozrných částic kulovitého tvaru. Zrnitost popílků se velmi blíží portlandskému cementu (0,2 μm - 200 μm), specifická hmotnost se pohybuje v rozmezí 2000 – 2900 kg/m³. Chemické složení popílků je různorodé, obsahuje zejména oxidy: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 a CaO . Klasifikace popílku se provádí s ohledem na obsah CaO , do 10% CaO se popílek

označuje jako křemičito-hlinití, s obsahem CaO nad 20% jako křemičito vápenatý. Popílek se používá na prodloužení doby štěpení. Většina produkce popílku je uložena na skládky. [23]

- **Mramorový prach**

vzniká při zpracování mramoru. Významné například v Řecku, kde ročně produkují víc než 5000 tun.

- **Měděná struska**

Vzniká při výrobě mědi z měděné rudy. Chemické složení: převládá FeO, SiO₂, Al₂O₃, MgO... jako filer namísto cementu, má tedy účinky zkracující dobu štěpení. [19]

- **Cementový prach**

vzniká při výrobě portlandského cementu. Zachytává se na elektrických filtrech během výroby. Obvykle se znovu použije při výrobě portlandského cementu.

Výplňový filer může podporovat i soudržnost směsi, kdy se shlukuje se zbytkovým asfaltem a přispívá tak k větší soudržnosti směsi (kohezi).[1]

2.4 Pojiva

2.4.1 Kationaktivní polymerem modifikovaná emulze

Kationaktivní emulze je taková emulze, v které emulgátor předává rozptýleným částicím asfaltu kladný náboj. [3]

Kationaktivní emulze obsahuje ve vodě kyseliny, proto se označují jako zásadité (kyselé) emulze. [4]

Emulgátor

Je komponent v asfaltové emulzi, který ulehčuje tvorbu asfaltové emulze. Usnadňuje emulgaci. Emulgace je proces rozptýlení asfaltového pojiva na jemné kapičky. Emulgátor se soustřeďuje na povrchu rozptýlených asfaltových částic, má za úkol snižovat jejich povrchové napětí, snížení povrchového napětí umožňuje další jemnější rozptýlení pojiva.

Emulgátory jsou látky nerozpustné ve vodě. Proto je nutné přeměnit je na soli, které

jsou rozpustné v dispergované fázi (kapalina, která je rozptýlena v podobě malých částic ve spojitě fázi). Pro tyto účely se většinou používá 32% kyselina chlorovodíková. Je možné použít i kyselinu fosforečnou.

Při návrhu emulze se snažíme přidávat emulgátor v takovém množství, aby emulze splňovala optimálně požadavky, které jsou na ni kladeny. Spolu s podílem asfaltu určuje vlastnosti jako: elektrický náboj, PH emulze, možnost skladovatelnosti dopravy atd. [4], [3]

Polymerem modifikovaná emulze

Polymerem modifikovaná emulze je taková emulze, kde dispergovaný asfalt tvoří modifikovaný asfalt nebo je emulze modifikovaná latexem. Účelem modifikace je zlepšení teplotní citlivosti danou rozmezím stanovanou zkouškami bodu měknutí kroužek kulička a stanovení bodu lámavosti podle Frasse. Aby toho bylo dosaženo, je nutné dosáhnout rovnoměrného rozptýlení polymeru v asfaltu. [4]

Polymer v emulzi zlepšuje reologické vlastnosti pojiva (elasticitu, mechanickou a chemickou odolnost). Násypka s polymerem obchodního názvu Kraton® je vidět na obrázku 2-2. Polymery jsou podobné polystyrenu a jsou skladovány a přepravovány v žocích.



Obr. 2-2 Modifikační přísada. Polymer Kraton. [38]

Způsob účinku polymeru závisí na druhu použitého polymeru, jeho rozptýlením v pojivu a způsobem přidávání. Na obrázku 2-3 je vidět potrubí na dopravu sypké modifikační přísady, dopravník je šnekový. Vpravo na obrázku vidíme nádrž, kde dochází k míchání s asfaltovým pojivem. Asfaltové pojivo i modifikační přísada jsou přidávány současně v předem určeném poměru. Po výšce svislé nádrže jsou rozmístěny lopatky za účelem prvotního promísení pojiva s přísadou. [4],

Při výrobě modifikovaných asfaltů po přidání polymeru narůstá viskozita. Míchání trvá v řádu několika minut (10-15) za účelem rovnoměrného rozptýlení polymeru v pojivu, při teplotě pojiva 170-180 °C. Při delší době promíchávání by mohl polymer nabobtnat.. [4], [3]



Obr. 2-3 Fáze výroby modifikovaného asfaltu [38]

Po promísení asfaltového pojiva s modifikační přísadou postupuje pojivo z nádrže do turbíny, kde dochází k jeho rozsekání na malé kousíčky a pak dál do skladovacích

nádrží, kde se udržuje při teplotě cca 170 °C (záleží na druhu asfaltu, na jeho viskozitě), aby došlo k dostatečnému zhomogenizování pojiva a polymeru.



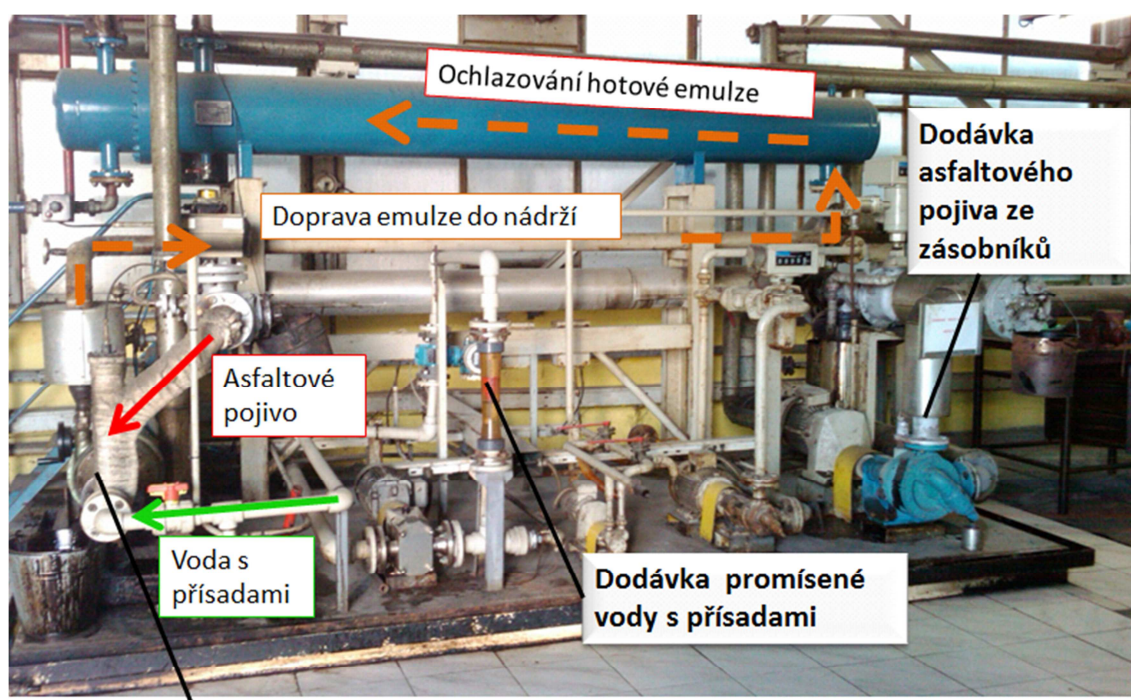
Obr. 2-4 Turbína [38]



Obr. 2-5 Nádrže, kde dochází k promísení přísad a vody [38]

Spojité fáze asfaltové emulze se připravuje v nádržích, kde dochází k promísení přísad a vody.

K přípravě emulze se používá běžná užitková voda, která je před promísením ohřata v nádrži s vyhříváním. Požadovaná teplota se pohybuje okolo 40 - 50 °C. Na obrázku 2-5 nahoře vidíme skleněnou nádobu, přes kterou dochází k dávkování jednotlivých přísad (stabilizátor, emulgátor a kyselina). Schéma emulgační linky je vidět na obrázku 2-6. [4]



KOLOIDNÍ MLÝN

Obr. 2-6 Výrobní stanice asfaltové emulze [38]

Je pravidlo, že u nemodifikovaných asfaltů by měla být výsledná teplota při emulgování po smíchání spojitě fáze a pojiva maximálně 200 °C. U modifikovaných asfaltů může být tato teplota zvýšena, protože pojivo musí mít předepsanou viskozitu při smíchávání. Teplota modifikovaných asfaltů při míchání může být až 170 °C a teplota vody až 50 °C. Po projití koloidním mlýnem putuje emulze v potrubí pod tlakem, aby nevyvěřela. Potrubí je chlazeno zároveň vodou. Po dostatečném zchlazení, kdy má teplota emulze ≤ 90 °C může dojít k expedici emulze nebo převedení emulze do skladovacích nádrží

Koloidní mlýn je klíčové zařízení na výrobu asfaltové emulze. Parametry

koloidního mlýna ovlivňují vlastnosti vyrobené emulze. Hlavní charakteristiky mlýnu jsou rozměr mezery mezi rotorem a statorem, která ovlivňuje jemnost emulze a rychlost otáčení rotoru, která ovlivňuje velikost dispergované fáze. [4]

2.4.2 Syntetická pojiva

Syntetická pojiva rozeznáváme dvojího druhu:

- Pojiva petrochemického původu
- Pojiva rostlinného původu

V patentu FR 2 853 647 [7] je popisováno pojivo, které má viskoelastické vlastnosti srovnatelné s pojivem na bázi ropných produktů a to v širokém teplotním rozmezí od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pojivo se skládá z přírodní pryskyřice rostlinného původu s hodnotami bodu měknutí v rozmezí od $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ podle ČSN ISO 4625 Pojiva pro nátěrové hmoty – Stanovení bodu měknutí. (Norma již byla zrušena). A rostlinného oleje s viskozitou při $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ v rozmezí $50\text{ mPa}\cdot\text{s}$ až $1000\text{ Pa}\cdot\text{s}$, [7]

Takové pojivo neobsahuje žádné elastomery ani termoplastické polymery. Proto do těchto pojiv musejí být přidána vhodná aditiva, aby bylo dosaženo mechanických vlastností podobných asfaltovým pojivům.

Na obrázku 2-7 vidíme porovnání jednotlivých druhů pojiv. Černou barvu má pojivo na bázi ropných produktů. Oranžovou barvu má syntetický asfalt petrochemického původu. Transparentní barvu pojivo rostlinného původu známé pod obchodním názvem Vegecol®. [17]

Pojiva označována jako pojiva z obnovitelných zdrojů (pojiva rostlinného původu) jsou pojiva, která jsou získána technologií trituratione semen plodů rostlin, zejména olejnatých rostlin jako řepka olejka, slunečnice, sója, obilí, hroznové semínka, lískové ořechy nebo pojivo získané z živočišných tuků. [7]

Při výrobě a používání nových pojiv bychom si měli položit otázku: „Bude pojivo



Obr. 2-7 Porovnání odstínů pojiv [17]

vyhovovat současným požadavkům na konvenční asfaltové pojivo a bude se stejně chovat v čase?“[8]

Pojiva rostlinného původu, řadí se mezi obnovitelné zdroje, musejí splnit požadavky na použití v silničním stavitelství, které jsou kladeny na pojiva konvenční.

- Jak budou pojiva stárnout?
- Jaké mají reologické vlastnosti?
- Jaká je jejich přilnavost ke kamenivu?
- Jaké je jejich chování při pokládce?
- Jak se pojivo vyluhuje?
- Jaké je chování pojiva při styku s palivou nebo oleji?
- Je možné jejich použití s přírodním kamenivem, RAP materiálem?

Charakteristiky syntetických pojiv:

- Syntetická pojiva obsahují barevné pigmenty světlé barvy (oxidy kovů : oxid titaničitý Ti, oxid zinečnatý Zn, oxid železitý Fe)
- Syntetická pojiva obsahují činidla, která zlepšují odolnost proti UV záření.
- Syntetická pojiva obsahují vyztužující činidla (rheological modifiers)
- Syntetická pojiva je možné použít v emulzi obsahující od 5% - 95% hmotnosti tohoto syntetického pojiva [8]

2.5 Voda

Štěpení směsi je závislé na povětrnostních podmínkách. Při styku emulze s navlhčeným kamenivem začne emulze vodu z povrchu kameniva vytlačovat a začíná proces štěpení.

Množství komponentů (minerálního fileru, přísad a vody) by mělo zajistit dobrou homogenitu směsi během aplikace. Příliš velký obsah vody může způsobit separaci jednotlivých složek během průběhu míchání. Příliš malý obsah může způsobit předčasné vyštěpení směsi.

Voda by měla být zastoupena v takovém množství, aby dokonale navlhčila

kamenivo. Norma 73 6130 povoluje maximálně 8% vody ve směsi. [30], [1]

2.6 Technologie mikrokoberec Gripfibre®

Gripfibre® je ochranná známka pro směs emulzního kalového zákrytu s použitím vyztužujících vláken. Tento systém je navržen firmou Eurovia, a.s. pro omezení a rozšiřování reflexních trhlin.

První návrh směsi byl proveden již v roce 1985 a první pokládka uskutečněna v roce 1992. Při testech této směsi bylo prokázáno, že je možno zvýšit napětí, které je vrstva schopna přenášet a to úpravou obsahu umělých vláken a obsahu pojiva. Obsah pojiva ve směsi přímo ovlivňuje možnost elastické deformace. Během testování bylo prokázáno, že pojivo má na napětí, které je schopna vrstva přenášet vliv. Dále bylo prokázáno při použití vláken možnost dosažení vyšší tahové pevnosti vrstvy. [18]

Mikrokoberec Gripfibre® se provádí s plynulou nebo přetržitou křivkou zrnitosti. V České Republice se nejčastěji používá frakce 0/5 nebo 0/8. Ve světě se používá i frakce 0/10. Při pokládce v jedné vrstvě se pohybuje tloušťka okolo 10 mm. Speciální systém použití mikrokoberce Gripfibre® v systému Flexiplast® je popsán v kapitole 2.10.3 Speciální použití.

2.7 Podmínky pokládky

Ideální podmínky během aplikace je nízká vlhkost, protože vyšší vlhkost prodlužuje dobu štěpení. Problémy mohou nastat například při pokládkách v tunelech, kde může být zvýšená vlhkost během letních měsíců vlivem kondenzace. Déle trvalá teplota během příštích 24 hodin po pokládce. ISSA 2010 (The International Slurry Seal Association) doporučuje jako maximální vlhkost 60 %. DOT Georgia (Department of transportation) 80% a Nové Mexiko 50%. Vyšší vlhkost zpomaluje mimo doby štěpení i dobu konsolidace směsi a tím pádem se prodlužuje doba otevření komunikace pro dopravu.

V některých případech při vysokých teplotách povrchu (30 °C a více) podkladní vrstvy mikrokoberce, je vhodné před pokládkou provést postříknutí povrchu vodou za účelem snížení teploty povrchu.

Před pokládkou se nejčastěji provádí spojovací postřik asfaltovou emulzí. Spojovací se postřik se používá v případě, kdy povrch začíná degradovat, kdy začíná koroze povrchu vrstvy nebo na frézovaný povrch. Spojovací postřik se provádí vždy, když se provádí pokládka na komunikacích s vysokým dopravním zatížením (dálnice, rychlostní silnice atd.) Při použití postřiku dochází k lepšímu přilnutí vrstev k sobě. Zabraňuje také možnému odseparování vrstev za přítomnosti prachu na stávající brusné vrstvě. Spojovací postřik se používá v takovém množství, aby zbylo na povrchu 0.2 kg – 0.3 kg zbytkového asfaltu. Spojovací postřik se provádí v 99% použití technologie kalových zákrytů. Provedení spojovacího postřiku na frézovaný povrch před pokládkou mikrokoberce je vidět na obrázku 2-8. [1]



Obr. 2-8 Provádění spojovacího postřiku [38]

Při vyšší teplotě podkladu může operátor stroje zvýšit rychlost stroje a zároveň snížit rychlost míchání směsi. Takové řešení nabízejí pouze některé pokladače a v České Republice není tento způsob během pokládky za vyšších teplot rozšířen. V České republice se v těchto případech přistupuje ke změně množství stabilizátoru ve

směsi za účelem prodloužení doby štěpení. Úprava množství stabilizátoru ve směsi je operátorovi během pokládky umožněna. [32], [1]

Na obrázku 2-9 je vidět detail kladecího rámu během pokládky. Ve vlastním rámu se točí šnekové kolo, které zajišťuje dokonalou homogenizaci směsi před položením. Úkolem pracovníka stojícího na rámu je překlápění násypky z jedné strany na druhou, aby zajistil rovnoměrný a dostatečný přísun směsi na oba konce kladecího rámu. Tato práce klade vysoké požadavky na odbornost pracovníků. Na obrázku 2-9 vidíme také barvu směsi, která je po smíchání komponentů hnědá.



Obr. 2-9 Detail kladecího rámu během pokládky [38]

Při ideálních podmínkách pokládky by měla být komunikace otevřena do 20 minut maximálně do jedné hodiny (po domluvě s objednavatelem). Pozornost by měla být věnována místům, jako jsou křižovatky, kde dochází k vyššímu namáhání vrstvy brzdými a smykovými silami, toto poškození může nastat v oblastech křižovatky. Dále by měla být věnována pozornost tomu, že voda ve směsi může být zadržena až několik týdnů. Při této obavě se nasazují po pokládce pneumatikové válce, které svými pojezdy

urychlují vtlačení vody z vrstvy. Pneumatikové válce se také nasazují v případě, že je pokládka provedena na komunikaci s nižšími intenzitami provozu. Když během té doby bude vrstva vystavena mrazivému počasí, může dojít k poškození vrstvy mikrokoberce. MTAG (Maintenance Technical Advisory Guide) doporučuje provést pokládku, pokud předpověď nenaznačuje mrazy během následujících 2 týdnů. Dalším problémem je, že se může pojivo znovu emulgovat při dlouhotrvajících dešti následujícím ihned po pokládce za předpokladu, že nedošlo k úplnému vyštěpení směsi. Úplné vyštěpení nastává po 20 – 30 minutách v závislosti na složení směsi.) Po úplném vyštěpení směsi nemůže již dojít ke znovu emulgování. [1],[30]

2.8 Barevné směsi

Asfaltová pojiva používaná v konvenčním silničním stavitelství jsou obvykle ropnými produkty, získané pomocí technologie destilace ropy. Mohou být použity přímo jako pojivo v asfaltových směsích nebo mohou být tyto pojiva upravena a být použita např. jako asfaltové emulze nebo pěnový asfalt. Do těchto pojiv je přidávána celá řada aditiv za účelem zlepšení zejména mechanicko-fyzikálních vlastností pojiva (bod měknutí, bod lámavosti, zkouška krátkodobého stárnutí atd.) Nevýhodou těchto pojiv, při použití v barevných směsích je jejich barva problematicky změnitelná, jasnost barev při obarvení barvivy není tak výrazná jako v případě použití transparentních syntetických pojiv. [7]

2.8.1 Druhy barevných kalových vrstev

K docílení barevné úpravy povrchu lze dojít několika způsoby. Lze použít „klasického“ návrhu směsi při použití pojiva (emulze) na bázi ropných produktů a přidáním barevného pigmentu. Existují i technologie, které chemicky odstraní z pojiva asfalteny (látky mající tmavě hnědou až černou barvu). Bohužel i při této technologii je prakticky možné dosáhnout jen omezených odstínů barev a to především červené nebo hnědé. Nebo je možné použít čistě synteticky vyrobeného pojiva s následným přidáním pigmentů.

Syntetické pojivo nebo jinak nazývané pigmentovatelné pojivo je takové pojivo, u kterého jde jednodušeji dosáhnout rozdílných barevných odstínů. Pojivo má zpravidla

barvu bílou, žlutou popřípadě béžovou. Tyto pojiva mohou v budoucnu nahradit pojiva na bázi ropných produktů. [7], [21]

2.8.2 Přínosy barevných úprav

- Použití barevné úpravy v obrusné vrstvě zvyšuje bezpečnost provozu. Řidiči vozidla umožňuje spolehlivě identifikovat určený jízdní pruh (cyklisté mají jasně daný pohybový prostor v případě vedení cyklotrasy společně s chodníkem nebo i v hlavním dopravním prostoru).
- Barevnou úpravou můžeme zvýraznit výrazně nehodové úseky komunikace, místa kde je řidiči oznámena změna charakteru jízdy, např. vjezd z extravilánu do intravilánu.
- Barevné povrchy také zlepšují viditelnost na místech se zhoršenými světelnými podmínkami: typicky tunely a tunelové komplexy. Současně světlé povrchy mají větší odraz světla než povrchy tmavé, tím umožňují použít osvětlení s nižším výkonem a tím pádem nižší náklady na osvětlení. Obrázek 2-10 ukazuje, jak mohou vypadat barevné povrchy v tunelech.
- Při použití světlých odstínů nedochází tolik k pohlcování světelných paprsků a následně není teplota povrchu tak vysoká jako u konvenčních černých povrchů. Pozn. Studie Assement of the use of colored bituminous coating in France, published in France [7] prokázala snížení teploty povrchu o 5°C při použití světlého odstínu povrchu oproti klasické asfaltobetonové směsi při venkovní teplotě 34°C.



Obr. 2-10 Příklad barevné úpravy povrchu v tunelu Lodeve, Francie [21]

- Syntetická pojiva vykazují odolnost proti ropným látkám při použití v obrusné vrstvě vozovky. Vhodné pro použití na letištích nebo parkovacích plochách. [7], [21]

Otázky k novým pojivům a novým směsím

Syntetická pojiva stejně tak barevné úpravy, musejí být ekonomicky životaschopné, aby došlo k jejich rozšíření.

Musejí být provedeny srovnávací zkoušky mezi novými a „klasickými“ pojivy, stejně tak provedeny příslušné zkoušky na navržených směsích, aby bylo možno předvídat jejich chování v budoucnu. [8]

2.8.3 Současný stav barevných emulzních krytů v České republice.

V technologii mikrokoberců prováděných za studena došlo v roce 2012 ke zkušební pokládce „barevného“ mikrokoberce. K pokládce došlo v areálu firmy Eurovia, c.s. v Kolíně. Na obrázku 2-11 vidíme čerstvě položenou kalovou vrstvu. Vpravo jsou vidět dva pruhy, při nichž bylo použito různé množství pigmentu. Množství pigmentu, které je možné do směsi přidat má technologické omezení v konstrukci pokladače, který umožňuje přidat pojivo do 3 % obsahu. Pojivo se přidává do stejné nádoby jako vápno. Použitý stroj neměl originální nádobu pouze na pojivo.

Návrh a zkoušky položeného barevného mikrokoberce jsou provedeny v praktické části diplomové práce.

K použití syntetických emulzí v praxi zatím nedošlo, protože rozšíření brání vysoká cena pojiva, která se pohybuje okolo 30 Kč/l, to je zhruba třikrát vyšší cena pojiva oproti konvenční asfaltové emulzi. [42]



Obr. 2-11 Čerstvě položená směs EMK s přidavkem červeného pigmentu [38]

2.8.4 Vývoj barevných směsí, Paramo, a.s.

Výrobou syntetických pojiv a syntetických emulzí se v České Republice zabývá firma Paramo, a.s.

Z jejich syntetických emulzí na bázi syntetické pryskyřice s modifikátory se podařilo navrhnout směs emulzního kalového zákrytu jedné frakce odpovídající definici EKZ podle ČSN EN 73 6130. Směs byla navržena z kameniva frakce 1/4 z lomu Žumberk. Jedná se o přírodní drcené kamenivo - žulu. [30], [42]

Na vyrobené směsi byla provedena zkouška štěpitelnosti emulzní kalové vrstvy a bylo konstatováno, že navržené směsi vyhovují požadavku na dobu štěpitelnosti směsi podle ČSN EN 73 6130, kterou tato norma stanovuje na 90 – 300 sekund. [42], [30]

Dále byla provedena zkouška opotřebení směsi podle normy ČSN EN 12274-5 – Kalové vrstvy – Zkušební metody – Část 5: Stanovení opotřebení. V této normě není stanovena hodnota opotřebení, jaké by měly směsi dosahovat. [33]



Obr. 2-12 Porovnání zkušebních vzorků před a po zkoušce opotřebení [38]

Výsledné opotřebení směsi bohužel nebylo možné porovnat s našimi návrhy směsí s přidavkem stejných barevných pigmentů (Fepren®) a asfaltové kationaktivní modifikované emulze, protože nám nebyly sděleny.



Obr. 2-13 Vyrobená zkušební tělesa EKZ, firma Paramo, a.s., červený a zelený pigment [38]

Obarvení emulze bylo dosaženo přidáním barviv vedených pod značkou Fepren® (výrobce Precheza a.s.). Jedná se o práškové pigmenty. Vyrobená zkušební tělesa firmou Paramo, a.s. jsou na obrázcích. 2-12, 2-13, 2-14. Použité pigmenty mohou být odstínu červeného, zeleného a žlutého. Charakteristiky použitých pigmentů jsou v příloze 10-3 Na obrázku č. 2-14 vpravo vidíme vzorek bez přidání barevného

pigmentu.[42]



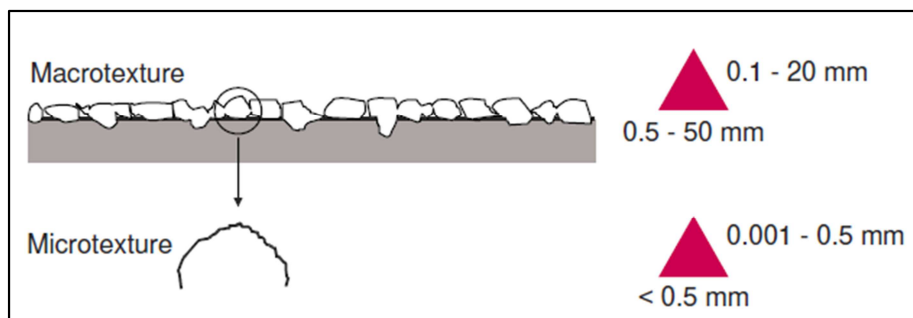
Obr. 2-14 Vyrobená zkušební tělesa EKZ, firma Paramo, a.s., žlutý a bez pigmentu[38]

2.9 Protismykové vlastnosti

2.9.1 Drsnost povrchu

Význam slova drsnost můžeme chápat jako vzájemné působení povrchu vozovky (textury povrchu) a sil přenášených mezi pneumatikou a tímto povrchem. Drsnost vozovky se měří na povrchu s vodním filmem za účelem simulování méně příznivých podmínek provozu.

Textura povrchu se dále dělí podle velikosti na megatexturu, makrotexturu a mikrotexturu. Megatexturu si můžeme představit jako nerovnosti povrchu vozovky o velikosti 50 mm až 500 mm, při nerovnostech této velikosti se může v nerovnostech hromadit a zadržovat voda. Makrotexturu představuje členitost povrchu vozovky, makrotextura se určuje podle velikostí prohlubní mezi jednotlivými zrny kameniva a asfaltovou maltou, charakteristická velikost je 0.5 mm až 50 mm v šířce a 0.1 mm až 20 mm výškově. Mikrotexturou povrchu označujeme drsnost zrn kameniva velikosti 0.001 mm až 0.5 mm výškově, velikost do šířky <0.5mm. Mikrotextura zejména ovlivňuje protismykové vlastnosti za podmínek, kdy je na povrchu obrusné vrstvy tenký vodní film (<0.1 mm) mezi pneumatikou a vozovkou, zlepšuje efektivní plochu kontaktu. Rozdíl mezi mikrotexturou a makrotexturou je zobrazen na obrázku 2-15. [12]



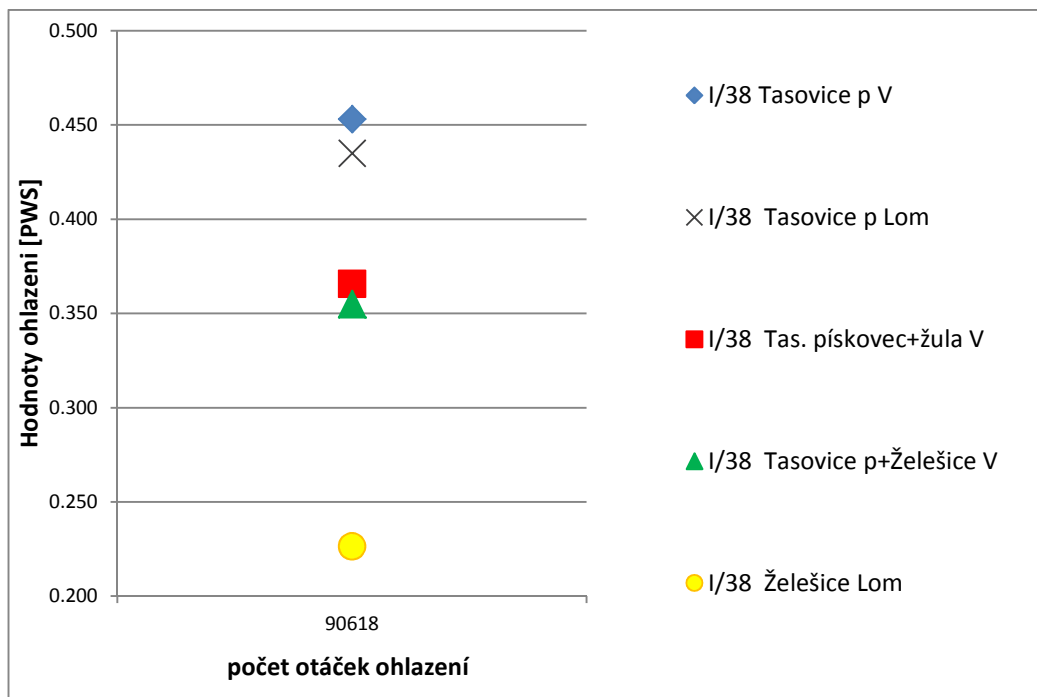
Obr. 2-15 Rozdíl mezi mikrotexturou a makrotexturou [13]

Tyto parametry vozovky je nutné sledovat po celou dobu její životnosti. Protože po celou dobu životnosti dochází ke změnám parametrů drsnosti.

V současné době je hodnota drsnosti kameniva posuzována podle parametru PSV (hodnota ohladitelnosti kameniva z anglického originálu Polishing Stone Value).

Určování požadavků na kamenivo z hlediska ohladitelnosti, pro použití v jednotlivých technologiích, nemusí být vždy ekonomický z důvodu, že ne všechny kameniva mají požadovanou hodnotu ohladitelnosti PSV a při smíchání dvou frakcí kameniva není hodnota ohladitelnosti průměrem jejich hodnot. Z toho vyplývá, že pro dosažení optimální hodnoty ohladitelnosti kameniva ve směsi z dvou druhů kameniva stačí použít menší množství kameniva s vysokou hodnotou ohladitelnosti. Toto bylo prokázáno při zkouškách vzorků složených ze dvou frakcí kameniva. Hodnoty ohladitelnosti PWS podle Wehner/Schulzce jsou zobrazeny v grafu 2-1. [15]

Měření bylo zaměřeno na posouzení směsných kameniv s rozdílnou hodnotou ohladitelnosti. Při tomto měření byly použity kameniva získané z jádrových vývrtů ze stávající komunikace a kameniva odebraná přímo v lomu.



Graf 2-1 Porovnání hodnot ohladitelnosti PWS [15]

Kamenivo z lomu Tasovice - pískovec (p) a žula (ž) a lom Želešice – amfibolit. Kameniva odebraná ze stávající komunikace I/38. Kamenivo z vývrtu je označeno v grafu 2-1 písmenem v. [15]

Během předávání stavby objednateli se měří textura povrchu, která vznikne během pokládky a liší se podle jednotlivých technologií a druhů směsí. V delším časovém horizontu se do popředí dostávají také vlastnosti navržené směsi a zejména kameniva. Vlivem dopravního zatížení, povětrnostních podmínek a stárnutí se hodnoty drsnosti povrchu mění v čase. Jeden z vlivů na drsnost povrchu v delším časovém horizontu má právě ohladitelnost kameniva. Pro obrusné vrstvy vozovek se zpravidla používá přírodní drcené kamenivo, které musí splňovat řadu kritérií (ohladitelnost, otlukovost, tvarový index...), která si mohou odporovat. Proto často dochází ke kombinaci dvou druhů kameniva tak, aby směs splnila požadavky normy. [13],[12]

2.9.2 Co ovlivňuje protismykové vlastnosti vozovky

- Mechanické opotřebení ohlazováním, v anglické literatuře označováno polishing. Mechanické opotřebení je způsobováno třením mezi pneumatikou a povrchem vozovky. Účinky tohoto opotřebení mohou být znásobeny za

přítomnosti nečistot na povrchu - štěrk nebo prach. Podle velikosti částic můžeme rozlišovat dva druhy ohlazování. První typ (general polishing) během tohoto typu dochází k odstraňování materiálu vrstvy a současně k ohlazování povrchu. Druhý typ (differential polishing) který má tendenci k obnově profilu kameniva mezi měkkými a tvrdými minerály. Při tomto jevu dochází k obnově mikrotextury kameniva.

- Postupně odstraňování pojiva z povrchu. Mikrotextura po pokládce je překrytá právě pojivem a z toho důvodu je tření menší. Během opotřebovávání, dochází k odstranění pokrytí kameniva pojivem a protismykové vlastnosti mají tendenci se zvyšovat. Předpoklad nejvyšší drsnosti nastává právě v tento okamžik. Rozdíl mezi místem, kde je pojivo již ohlazené a kde je stále neohlazené můžeme vidět na obrázku 2-16, kde je střed povrchu neotryskán, protože na něm k ohlazování nedochází během zkoušky Wehner/Schulzce. Jedná se o laboratorně připravený vzorek
- Byla prokázána změna součinitele tření i v průběhu roku. Přičemž na konci léta je součinitel tření nejnižší a během zimy nejvyšší. Pravděpodobná příčina tohoto jevu může být taková, že na konci léta je na vozovkách více prachu, který urychluje opotřebení a ohlazování, zatímco během zimy dochází vlivem deště k odstranění těchto nečistot, povrch se stane drsnější.
- Druh asfaltové směsi, velikost maximálního zrna kameniva. U směsí s menší maximální velikostí zrna kameniva byla prokázána lepší drsnost a protismykové vlastnosti.
- Asfaltové směsi s vysokým podílem zrn o maximální velikosti, jsou tyto zrna vystavena vyššímu namáhání během provozu ohlazováním.
- Drsnost povrchu může být proměnná v úsecích brždění, rozjíždění, úseky s návrhovými parametry se směrovými oblouky o malém poloměru, na silnicích vysokého dopravního zatížení.
- Stárnutí [13],[12]



Obr. 2-16 Rozdíl povrchu na vzorku, ohlazené a neohlazené pojivo, ruční ohlazení [38]

2.10 Specifika a problémová místa během provádění

2.10.1 Specifika návrhu

Při každém návrhu údržby komunikace i při použití technologie emulzních kalových zákrytů, musí být tento návrh provedena na základě určitých kritérií a v ohledu musejí být brány tyto specifika:

- Druh komunikace, kde je pokládka prováděna a její stáří
- Intenzita dopravy
- Drsnost stávajícího povrchu
- Očekávaná životnost opravy
- Při návrhu vzít v potaz, zda nedojde v blízké budoucnosti k celkové rekonstrukci úseku – výměně vozovkového souvrství

Dále se musí vzít v úvahu činitele ovlivňující prostředí, kde bude stavba prováděna:

- V jakém časovém období dojde k pokládce
- Jaké budou podmínky během pokládky, zejména je nutné sledovat vlhkost,

kteřá má vliv na dobu štěpení emulze, teplota komponentů směsi, které ji rovněž ovlivňují

- Zdroj vhodného kameniva
- Požadavky na obrusnou vrstvu co se týče hladiny hluku, zejména pokud se jedná o stavbu v intravilánu
- Ovlivnění dopravy během pokládky [1]

2.10.2 Možné komplikace během pokládky

Podélná spára

K provádění podélné spáry by nemělo docházet v jízdní stopě vozidel. Při provádění podélné spáry by mělo dojít k překrytí stejných vrstev maximálně 75mm nebo menší překrytí. Důležité je dbát na to, aby při pokládce dvou sousedních pruhů nevznikla mezera. Při pokládce vícevrstvých úprav je nutné posunout podélné spoje minimálně 50 cm. Provedené podélné spáry nemají být zřizovány v jízdní stopě vozidel. Tyto problémy mohou nastat například, když kladeč nemá ovládání na obou stranách vozidla. Při provádění více pruhů vedle sebe (například na dálnici) se provádí pokládka odspodu nahoru. Pro případ vytvoření hrázky na spojích vrstev, k zajištění správného odtoku vody. Vzoré provedení podélné spáry je možno vidět na obrázku 2-17. [1]

Příčná spára

Příčné spáry jsou nezbytné provádět, když dochází k doplňování komponentů do kladeče. Přechody na těchto místech musejí být plynulé, aby nebyla vytvořena příčná nerovnost. Tyto hrany se ručně, pomocí takzvaného hradla srážejí, aby byly co nejmenší. Při začátku nové pokládky může být z důvodu nedostatečné promíchání směsi jiná textura povrchu. Tomuto lze zabránit začátkem pokládky před příčnou spárou na povrch nepropustného podkladu (lepenky). Úprava příčné spáry po začátku pokládky je vidět na obrázku 2-18. Pracovník vpravo drží v ruce takzvané hradlo používané na úpravu okrajů vrstvy během pokládky. [1]



Obr. 2-17 Vzorné provedení pracovní podélné spáry [38]



Obr. 2-18 Úprava příčné spáry po začátku pokládky [38]

Segregace

Tyto vady při provádění technologie mohou nastat, když je směs špatně navržena. Například při nevhodném dávkce vody ve směsi, při vysokém obsahu vody ve směsi může dojít k separaci směsi nebo při nízkém obsahu vody dochází k segregaci vlivem přesunu hrubého kameniva na okraj. Směs s obsahem kameniva větší hrubé frakce (velikost zrna $D \geq 8$ mm) je k segregaci náchylnější. Kamenivo by mělo mít po míchání počáteční vlhkost alespoň 5%. Segregace nastává i při použití velké dávky některých z přísad (cementu). Při segregaci směsi může dojít k zhotovení takzvané „falešné kalové vrstvy“ v případě, kdy emulze vyštěpí na jemnozrnných částicích kameniva. Špatné vlastnosti kameniva (tvarový index). [1]

Poškození vliv předčasného otevření úseku

Před otevřením komunikace dopravě je důležité, aby směs měla již dostatečnou kohezi, aby bylo zabráněno nadměrnému opotřebení a ztráty hmoty. Jestliže dojde k předčasnému otevření dojde k nadměrné ztráty hmot zejména v namáhaných místech (stopy vozidel, místa se změnou směru jízdy). Otevření komunikace dopravě je většinou založeno na zkušenostech zhotovitele. Jako nejbližší možná doba umožnění pojezdu dopravě po pokládce je doba konsolidace směsi. [1]

Rýhy v povrchu

Rýhy vznikají při pokládce, když se hrubé kamenivo zasekne v kladečím rámu. Když se dostane do dávky kameniva větší zrno. Větší zrno kameniva se může dostat do směsi kameniva při přípravě v míchacím centru. Kameniva by měla být skladována na zpevněných plochách a jednotlivé frakce kameniva by od sebe měly být pečlivě odděleny. Pokud dojde ke smíchání nevhodných frakcí, kamenivo musí být znovu roztříděno a až po tom zamícháno, aby se zabránilo přítomnosti větších zrn.

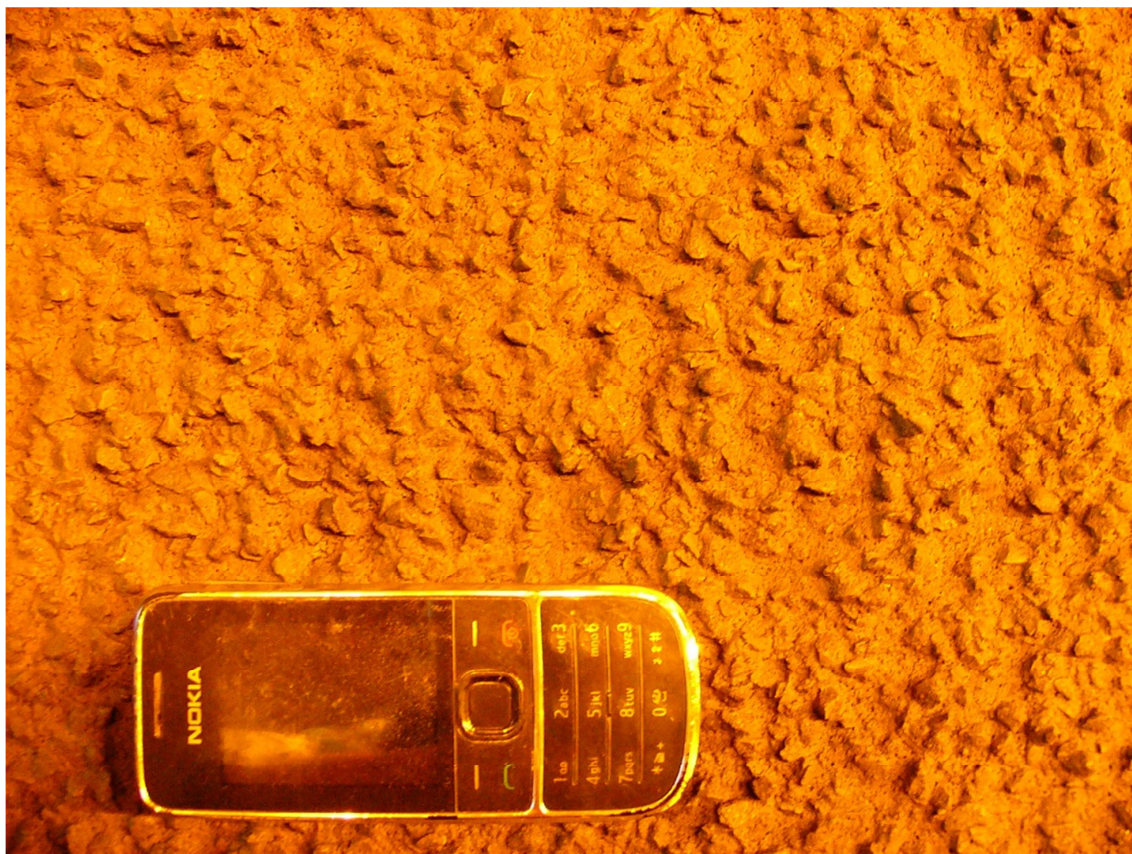
Po pokládce by textura povrchu měla být jednotná. V povrchu by neměli být žádné rýhy nebo jiné vady. Dovolené délka podélných rýh je podle ČSN EN 12273 1 m do délky pro komunikaci třídy zatížení S. Na komunikacích dopravního zatížení třídy V a VI není tato hodnota sledována. DOT USA (liší se podle státu, kde je prováděna pokládka) stanovuje maximální rozměry jedné podélné rýhy na povolených 6 mm šířky a 3 metry délky na každých 100 metrů položené vrstvy. Maximální rozměry jakékoli nestejnorodosti povrchu do rozměrů 25 mm šířky a 100 mm délky. [1], [32]

2.10.3 Speciální použití, systém Flexiplast®, tunelový komplex Blanka

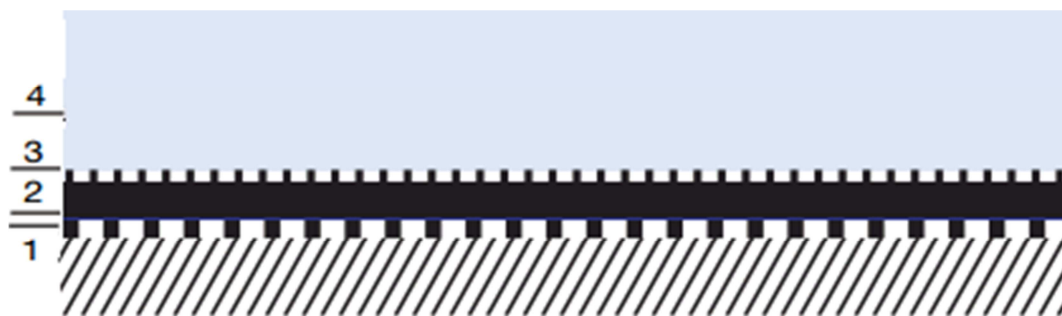
Mezi speciální použití technologie v České Republice lze zařadit EMK provedený v tunelovém komplexu Blanka v Praze. Kdy byla směs mikrokoberce použita jako ochranná vrstva asfaltové membrány. Souvrství je známe pod obecným názvem SAMI (Stress absorbing membrane interlayer). K této pokládce mikrokoberce je přistoupeno z důvodu ochrání membrány vrstvy před poškozením pojezdy koly finišeru při provádění dalších technologických asfaltobetonových vrstev. Při pokládce byla použita směs složená z frakcí kameniva drobného frakce 0/4 z lomu Libodřice (amfibolit) a kamenivo frakce 2/5 z lomu Jakubčovice (droba). Na obrázku 2-19 je vidět textura povrchu ochranného mikrokoberce. Na obrázku 2-21 vidíme nanášení asfaltové membrány, která se aplikuje na povrch, jež byl předem ošetřen spojovacím postříkem. Provedené membrána se provádí za účelem zamezení průniku vody do spodní stavby tunely a provedené souvrství má i schopnost přenášet tahová napětí. Použité souvrství se provádí i z důvodu jiné teplotní roztažnosti podkladního betonu na dně tunelu a asfaltobetonových vrstev. Systém použitý v tunelovém komplexu se vede pod obchodním názvem Flexiplast®. Jedná se o vícevrstvý izolační systém pro použití na cementobetonové a asfaltobetonové konstrukce. Složení konstrukce je vidět na obrázku 2-20. [26]

Složení konstrukčních vrstev:

1. Základní postřík je prováděný modifikovaným asfaltem nebo asfaltovou emulzí. V případě provádění postříku v místech, kde může dojít vlivem obsahu kyseliny chlorovodíkové v emulzi ke korozi betonářské výztuhy (kyselina chlorovodíková obsahuje chlorové ionty, které by mohli způsobit tuto korozi), tak se používá emulze s obsahem kyseliny fosforečné. [26] [22]



Obr. 2-19 Textura povrchu EMK, tunelový komplex Blanka [38]



Obr. 2-20 Složení konstrukčních vrstev systému Flexiplast [26]

2. Asfaltová membrána skládající se z vysoce modifikovaného asfaltu aplikovaná v množství $2.5 - 3 \text{ kg/m}^2$. Označení používaného asfaltu PMB 40/100-75 Polybitume EX®. Bod měknutí tohoto asfaltu je $100 \text{ }^\circ\text{C}$, což ho v systému požadavků na bod měknutí řadí do nejvyšší kategorie. Membrána se aplikuje při teplotě pojiva $180 \text{ }^\circ\text{C}$. [26]
3. Ochranná vrstva zhotovená z emulzního mikrokoberce Gripfibre®. Vrstva

zajišťuje ochranu před poškozením asfaltové membrány při pokládce dalších vrstev. Běžná tloušťka vrstvy se pohybuje mezi 7 mm až 10 mm s aplikovaným množstvím 13 kg/m² až 15 kg/m². Platí, že tloušťka vrstvy mikrokoberce odpovídá 1 – 1.5 násobku velikosti maximálního zrna kameniva. Jako alternativu k mikrokoberci lze v některých případech přistoupit pouze k podrcení kamenivem frakce 8/11. Ale v těchto případech může dojít k propíchnutí membrány a snížení její účinnosti. [26]

4. Vrstvy z asfaltového betonu [26]

Souvrství má schopnost přenášet tahové napětí ve vodorovném směru. Vrstva může do určité míry přenášet i napětí svislé.

K ověření funkčnosti technologie Flexiplast® došlo na dálnici D1 i D11. Použití technologie bylo za účelem snížení počtu prokopírovaných trhlin po rekonstrukci dálnice v letech 1996-1999. Po třech letech po zhotovení byly kontrolovány úseky, kde byla technologie použita a úseky bez vrstvy Flexiplast®. V úseku s vrstvou Flexiplast® se vyskytovalo 6 trhlin. V úseku bez vrstvy Flexiplast® 35. Aby se dalo považovat použití technologie jako úspěšné, tak by se po 5 letech od provedení mělo prokopírovat do 30% dřívějšího počtu trhlin. Není známa technologie, která by zamezila prokopírování reflexních trhlin zcela. [20]

Na dalším obrázku 2-22 vidíme celou četu během pokládky EMK na vjezdové větvi do tunelového komplexu. Posádka stroje čítá celkem 5 osob. Hlavní funkci vykonává operátor stroje, který kontroluje konzistenci směsi, průběh štěpení, přidává stabilizátor do směsi. Popřípadě reguluje obsah vody.

Většinou se ale provádí zkušební pokládka, kde se ověří návrh z laboratoře, zda navržená směs opravdu funguje (kontroluje se štěpení, segregace atd.). Během zkušební pokládky se může přijít například na to, že kamenivo je nestandardní kvality, může obsahovat cizorodé částice nebo jiné příměsi, které zabraňují bezproblémové průběhu štěpení nebo je způsobena segregace. Směsi kalových zákrytů jsou citlivé na použité kamenivo, které se může lišit ve složení i v rámci jednoho lomu, proto se většinou definuje etáž, odkud bylo kamenivo odebráno na laboratorní zkoušku a odkud bude kamenivo těženo a dopravováno na stavbu.

Další funkci zastává pracovník stojící na rámu, který reguluje přísun směsi na oba

konce rámu. Poslední funkci zastávají pracovníci s hradly, kteří upravují provedení podélné spáry, aby přechody mezi pruhy byly hladké bez vzájemných nerovností mezi sebou.



Obr. 2-21 Provádění postřiku asfaltové membrány v tubusu tunelu [38]

Zkušenosti. Na obrázku 2-23 vidíme tři pruhy komunikace v jednotlivých fázích výstavby. Zcela vpravo je položena vrstva mikrokoberce, která je již vyštěpená a zkonsolidovaná, vrstva má černou barvu. V prostředním pruhu vidíme čerstvě položenou kalovou vrstvu hnědé barvy. Směs již konsoliduje a postupně bude měnit svou barvu na černou. V levém pruhu vidíme asfaltovou membránu připravenou na pokládku EMK.

Na obrázku 2-24 vidíme jedno z problémových míst, kde musí dojít k přerušení kontinuální pokládky z důvodu přejezdu odvodňovacího příčné žlabu. Z tohoto důvodu zde musí být při pokládce použit beznávěsový pokladač, protože během přejezdu prahu by docházelo k trhavým pohybům. Pokladač musí před sebou aplikovat vodu pod kola automobilu, aby se nepřilepil k asfaltové membráně a nepoškodil některou její část.



Obr. 2-22 Provádění pokládky EMK na jedné z vjezdových větví komplexu [38]



Obr. 2-23 Vjezdová větev tunelového komplexu blanka během provádění pokládky EMK [38]



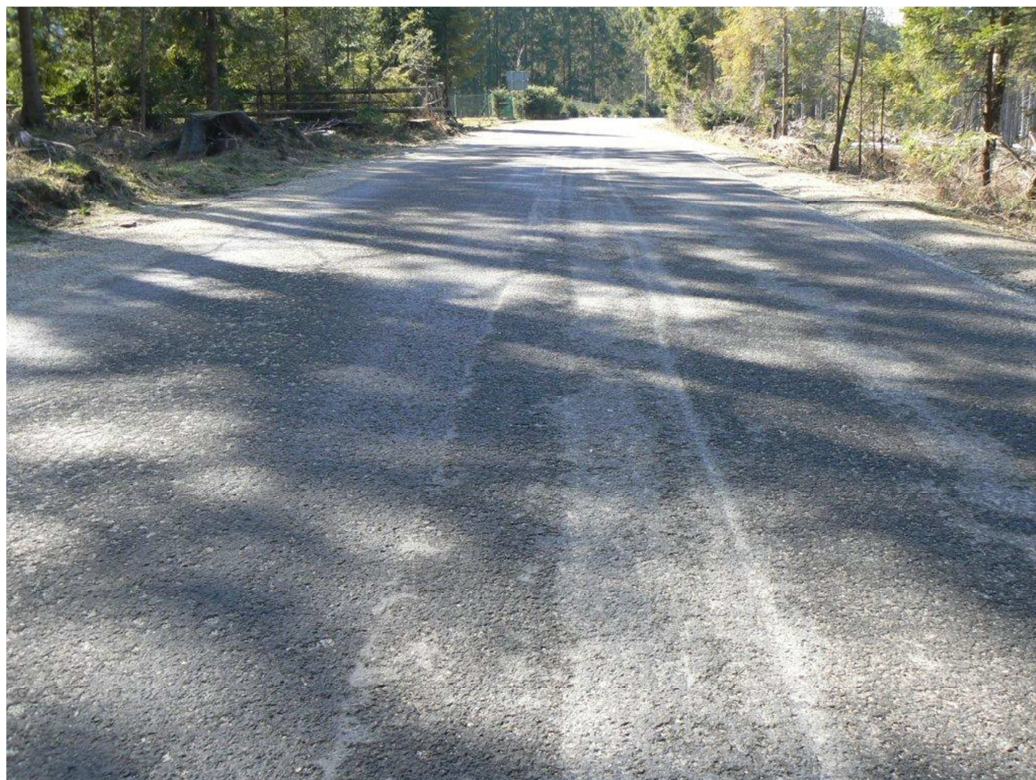
Obr. 2-24 Problémové místo - příčný odvodňovací žlab [38]

2.11 Ukázka degradovaného EMK

Použití emulzního mikrokoberce není vždy záchranou zdegradovaného povrchu stávající obrusné vrstvy. V některých případech, pokud současný povrch tvoří směs, které nebyla během pokládky dostatečně zhutněna a tím pádem měla vysokou mezerovitost, může docházet k degradaci této vrstvy i po položení mikrokoberce za účelem zabránění další degradace. Svůj vliv hraje i obsah pojiva v původní směsi. Během realizace stavby nemusí dojít k dostatečnému spojení vrstev a společnému spolupůsobení mezi stávající konstrukcí a vrstvou mikrokoberce ani při použití spojovacího postřiku. Příklady těchto poruch jsou vidět na obrázcích 2-25 a 2-26. Na obrázku 2-25, vidíme, že vůbec nedošlo ke spojení stávající obrusné vrstvy a vrstvy mikrokoberce po pokládce. Při degradaci vrstvy v takovém rozsahu je nutné současnou vrstvu odfrézovat v celém rozsahu. Provést jádrové vývrty na původní komunikaci a najít příčinu degradace.



Obr. 2-25 Příklad degradované vrstvy emulzního mikrokoberce [39]



Obr. 2-26 Příklad degradované vrstvy mikrokoberce [39]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Materiály

3.1.1 Emulze Emulvia Grip P

Při návrhu směsí byly použity kationaktivní emulze bez fluxantů s modifikovaným asfaltem s příměsí polymerů. Emulze jsou prodávány s obchodním názvem Emulvia Grip P. Emulze odpovídají požadavkům na použití podle normy ČSN EN 13808 (Asfalty a asfaltová pojiva – Systém specifikace asfaltových emulzí). Označení emulze C60BP6. Emulze Emulvia Grip P je schválena pro používání na komunikacích všech tříd dopravního zatížení. Výrobní vlastnosti emulze jsou uvedeny v příloze 12-1. [15]

Na použitých emulzích C60BP6 byly provedeny kontrolní zkoušky pro ověření vlastností uváděné výrobcem v příloze 12-2 a pro ověření požadavků na použití asfaltových emulzí v ČSN EN 73 6130. Výsledky zkoušek jsou zobrazeny v tabulce 3-1.

Tabulka 3-1 Naměřené charakteristiky emulze Emulvia Grip P

Zkouška	Norma	Druh emulze	
		GRIP P9	GRIP P7
Zbytek na síť 0,500	ČSN EN 1429	0.005	0.01
Zbytek na síť 0,16	ČSN EN 1429	0.13	0.01
Skladovatelnost 7 dní		0.014	0.05
Obsah vody v emulzi [%]		40.2	41.4
Štěpitelnost g ŽKS [s]	ČSN EN 13075-1	225	233
Mísitelnost s filerem [s]	ČSN EN 13075-2	>300	
Doba výtoku (otvor 2 mm) [s]	ČSN EN 12846-1	21	25

Hodnota štěpitelnosti podle normy ČSN EN 13075-1 byla prováděna s referenčním filerem s obchodním názvem ŽKS. Podle systému specifikace spadají emulze do třídy pomaluštěpných emulzí třídy 5 a 6. Dle ČSN EN 13075-2 rovněž hodnota mísitelnosti s filerem spadá do třídy štěpitelnosti 6 (pomaluštěpná emulze).

Na emulzi byla provedena zkouška přilnavosti emulze ke kamenivu podle ČSN EN 13614. Zkouška byla provedena na referenčním kamenivu z lomu Olbramovice. Ulpění emulze na povrchu kameniva je vidět na obrázku 3-1.



Obr. 3-1 Stanovení přilnavosti emulze ke kamenivu [38]

Podle vyhodnocovacího z přílohy A normy EN 13614:2011 můžeme vyhodnotit přilnavost známkou 100% (stupeň balení), výborná přilnavost. Zkoušku je možno použít pro zkoušky přilnavosti k jakémukoli kamenivu, které bude během stavby použito. Kamenivo z lomu Olbramovice, je použito z důvodu reprodukovatelnosti výsledků a porovnání jednotlivých emulzí na stejném vzorku kameniva. Dobrá přilnavost asfaltové emulze ke kamenivu se projevuje i během zkoušky koheze.

Z výše uvedeného vyplývá, že použitá emulze splňuje požadavky na asfaltové emulze používané pro kalové vrstvy. Uvedeno v příloze 12-2. [30]

3.1.2 Syntetická emulze

Při návrhu směsí byla použita syntetická emulze vedená pod obchodním názvem Katebit Prokolor®, výrobce Paramo, a.s. Použitá syntetická emulze odpovídá svým chováním emulzi pomaluštěpné. Doba štěpení při mísitelnosti s filerem je stanovena na ≥ 180 sekund třída 5, ≥ 300 sekund třída 6 podle ČSN EN 13808. Výrobce deklaruje u svého výrobku vysokou stabilitu emulze proti předčasnému štěpení (ověřuje se zkouškou skladovatelnosti). Pojivo je barvitelné organickými i anorganickými pojiv. PH emulze je 6,3 (kationická emulze). Viskozita pojiva odpovídá vlastnostem konvenční emulze, u které je jako optimální hodnota uváděna dynamická viskozita 2000 mPa.s. [42], [4]

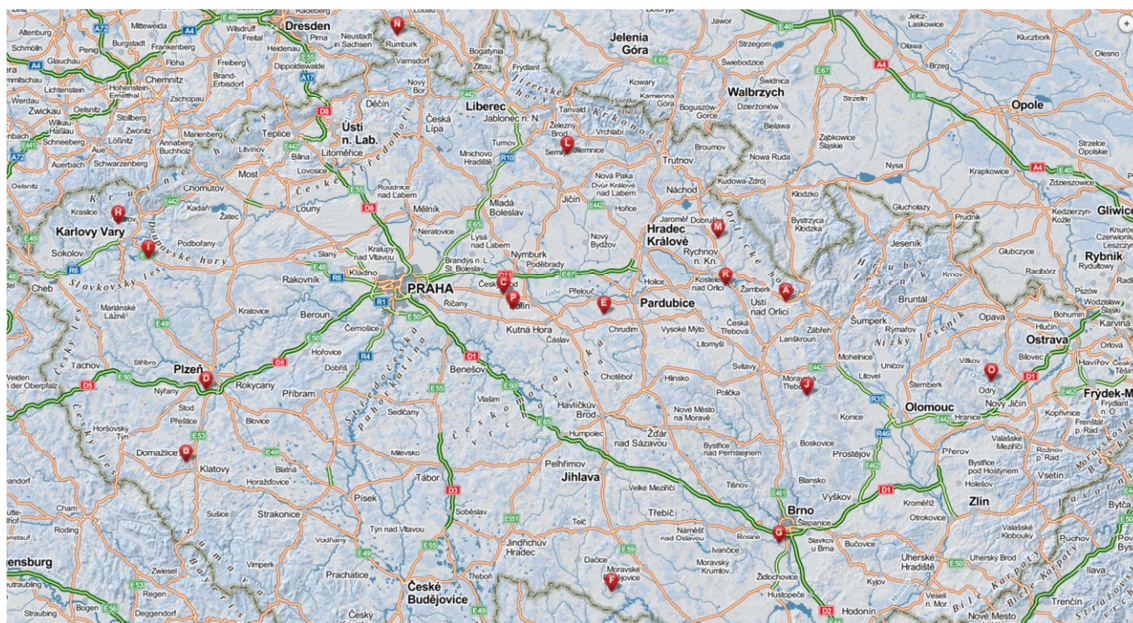
Barva samotné emulze je žlutého odstínu. Obrázek 3-2



Obr. 3-2 Syntetická emulze Katebit Prokolor

3.1.3 Kamenivo

Kamenivo pro zkoušky ověření použitelnosti v technologiích kalových zákrytů bylo vybráno z lomů napříč Českou Republikou. K tomuto výběru bylo přistoupeno z důvodu snížení nákladů na dopravu. Vybrané lomy se nacházejí ve všech částech České Republiky: Čechy, Morava i Slezsko. Vybrané lomy je vidět na obrázku 3-3. Rozhodující vlastnosti kameniv jsou popsány konkrétně u jednotlivých směsí.



Obr. 3-3 Rozmístění lomů vybraných pro zkoušky emulzních kalových krytů [40],[41]

3.1.4 Barviva

Jako barviva byly použity práškové pigmenty známé pod obchodním názvem Fepren®, výrobce Precheza, a.s.. Charakteristiky pigmentů jsou uvedeny v příloze 12-3.

Červené pigmenty řady TP

Jedná se o jemně mletý pigment s velmi dobrou barvivostí odolný vůči povětrnostním vlivům a chemikáliím, teplotní stálost barviva je až do 800 °C. Chemické složení barviva je definováno vzorcem Fe_2O_3 . [24]

Žluté pigmenty řady Y-710

Jedná se o jemně mletý okrový pigment, který je stálý na vzduchu, nerozpouští se v loužích, má dobrou povětrnostní odolnost. Teplotní stálost barviva je do 150 °C. Chemické složení barviva $\text{FeO}(\text{OH})$. [24]

Dále byly použity práškové pigmenty řad G820, zeleň s chemickým složením Cr_2O_3 . A pigmenty řady Pretiox SF, titanová běloba. [24]

3.2 Návrh směsí

Směs emulzního mikrokoberce se skládá ze dvou frakcí kameniva, směs emulzního kalového zákrytu zpravidla z jedné frakce o maximální velikosti zrna kameniva 4 mm a přídatného fileru. Návrh musí splňovat požadavky na výslednou čáru zrnitosti uvedené v tabulce 3-2. [30]

Tabulka 3-2 Čáry zrnitosti pro kalové směsi [30]

Označení síta [mm]	Propad zrn v procentech hmotnosti			
	Směs EKZ 0/4	Směs EMK 0/5	Směs EMK 0/8	Směs EMK 0/11
11.2	-	-	100	90
8	-	100	90-100	50-80
5.6	100	90-100	40-75	30-60
4	90-100	-	-	-
2	30-60	30-60	25-55	20-45
0.063	8-16	8-16	6-14	6-12

Navržená směs může být navržena s plynulou čárou zrnitosti nebo s přerušenou čárou zrnitosti. Norma ČSN EN 73 6130 stanovuje požadavky na zrnitosti jen na určitých sítích. Ostatní velikosti sítí nejsou pro návrh směsi rozhodující. To je rozdíl oproti metodice používané ve Slovenské republice, kde směsi dělí na směsi: hrubozrnné, střednězrnné a jemnozrnné a požadavky jsou stanoveny na sítích velikosti: 0,063;0.125;0.25;0.5;1.0;2.0;4.0;6.0;8.0 a 11mm. [5]

Obsah emulze ve směsi se navrhuje podle ČSN EN 73 6130, kdy obsah emulze musí splňovat požadavky na hodnoty obsahu asfaltu v kalové směsi, tabulka 3-3. [2], [30]

Tabulka 3-3 Složení stavební směsi [30]

Parametr	EKZ 0/4	EMK 0/5	EMK 0/8	EMK 0/11
Obsah asf. vyštěpené kalové směsi v % hm.	9.0-12.0	7.0-9.0	5.0-8.0	4.6-6.5
Minimální množství čerstvé kalové směsi v kg.m ⁻²	2.5-4.0	10	14	18

4 LABORATORNÍ ZKOUŠKY

4.1 Zkoušky štěpitelnosti

V současných předpisech, norma ČSN EN 73 6130 z platností od roku 2009, není tato zkouška popsána. Provádění zkoušky bylo dříve uvedeno v normě ČSN 73 6130 s platností od roku 1994.

Postup zkoušky podle normy ČSN 73 6130

Do připravené nádoby (kádinky) se přidá předem odvážené kamenivo, v normě bylo uvedeno 100 gramů. Poté se do směsi co nejrychleji za sebou přidá voda spolu se stabilizátorem (Pozn. Tuto operaci je možno upravit přidáním stabilizátoru přímo do vody, před smícháním s kamenivem.). Následně se směs zamíchá až do jejího zpěnění a poté se přidá celé množství emulze. Od tohoto okamžiku se měří čas počátku doby štěpení směsi. Na začátku je nutné směs rychle zamíchat za účelem co nejrychlejší homogenizace všech komponentů. Směs je nadále míchána, během této doby dochází ke změně konzistence, až do doby, kdy dojde k výraznému ztuhnutí směsi. Směs v době vyštěpení ztratila svou zpracovatelnost.

Doba štěpení se udává v sekundách. Při měření je nutné zaznamenat teplotu.

Pozn. V této normě byla uvedena jako ideální doba štěpení v rozmezí 50 – 90 sekund. V nové úpravě normy z roku 2009 je tato hodnota 90 – 300 sekund. Za optimální hodnotu se považuje doba štěpení v rozhraní 90 – 130 sekund. Doba štěpení blízká se 50 sekundám je nedostačující, štěpení může nastat již v rámu pokladače. [31], [6]

4.2 Zkoušky konsolidace

V současných předpisech, norma ČSN EN 73 6130 z platností od roku 2009, není tato zkouška popsána. Provádění zkoušky bylo dříve uvedeno v normě ČSN 73 6130 s platností od roku 1994.

Postup zkoušky

Z předchozí zkoušky se vyberou takové směsi, u kterých bylo dosaženo požadované doby štěpitelnosti, tzn. podle dnešních předpisů 90 – 300 sekund. Vzorek se připraví stejným způsobem jako pro zkoušku štěpitelnosti. Po zhomogenizování směsi a dostatečném promíchání v délce trvání 10 – 15 sekund se směs vylije do připravené zkušební formy, odpovídající použité frakci kameniva, která je umístěna na nepropustném podkladu. Čas od položení směsi do formy do jeho zatvrdnutí je zaznamenán do formuláře.

Pozn. Během zkoušek jsem uvažoval ukončení doby konsolidace dobou takzvaného úplného vyštěpení směsi, kdy na povrchu směsi dochází k vylučování pouze vody, bez viditelných známek přítomnosti asfaltového pojiva. V ten okamžik je konsolidace směsi ukončena. Indikace se provádí pomocí filtračního papíru.

V ČSN EN 73 6130 není tento pojem obsažen. Charakterizace doby konsolidace je zmíněna v normě ČSN EN 12274-4 – Kalové vrstvy – Zkušební metody – Část 4: Stanovení koheze směsi. Přesné znění: „Doba konsolidace je časový úsek po rozprostření směsi, po jehož uplynutí již kalovou vrstvu lze pojíždět.“ [34], [31]

4.3 Stanovení přilnavosti emulze ke kamenivu

Stanovení přilnavosti popisuje ČSN EN 13614 Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení přilnavosti asfaltových emulzí zkouškou ponoření do vody.

Podstata zkoušky spočívá v měření okamžité přilnavosti emulze ke kamenivu. Jedná se o kvalitativní posudek schopnosti pojiva obsaženém v asfaltové emulzi odolávat účinkům vody po obalení kameniva emulzí. Norma umožňuje měřit dva druhy přilnavosti:

- Okamžitá přilnavost
- Přilnavost po uplynutí času [35]

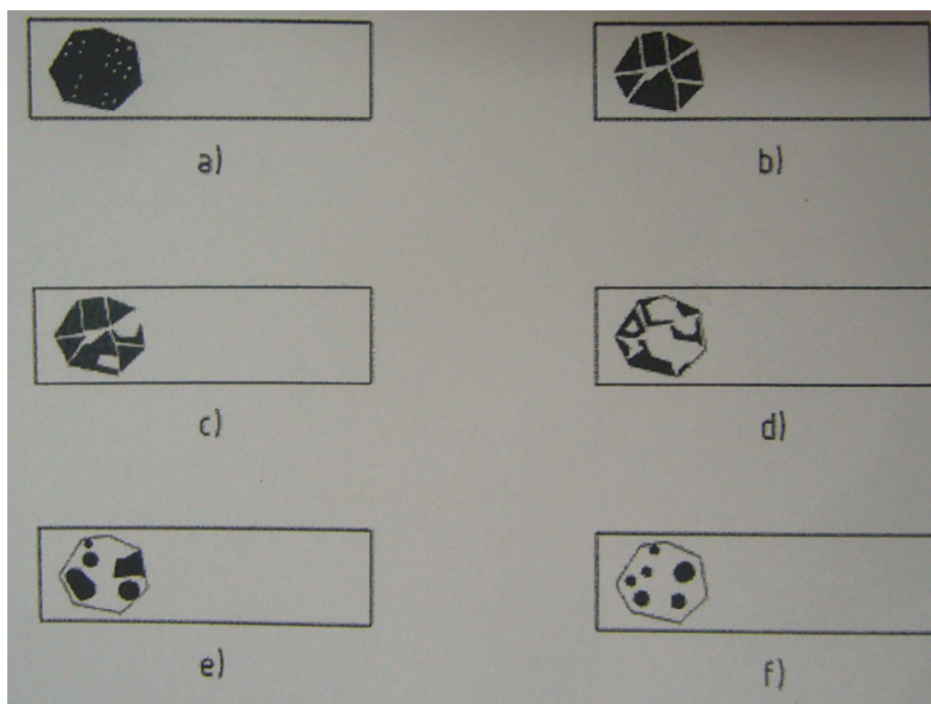
Charakteristiky vzorkového kameniva

Zkouška se provádí na referenčním kamenivu, které by mělo být co nejvíce světlé. Každá země EU používá svá referenční kameniva. V našem případě se jedná o

kamenivo z lomu Olbramovice. K účelu zkoušky můžeme použít kamenivo frakce 6,6/10 nebo 8/11. Kamenivo musí být před zkouškou vysušeno v sušárně po dobu 2 hodin za teploty 110 ± 5 °C. [35]

Podstata zkoušky – okamžitá přilnavost

Emulze se smíchá s kamenivem na kterém má být přilnavost měřena. Hmotnost kameniva při této zkoušce je 100 ± 5 gramů, navážené ve vlastní nádobě. Hmotnost emulze je stanovena na 150 ± 5 gramů, navážená ve vlastní nádobě. Poté se po dobu 60 ± 5 sekund smíchají oba komponenty a zatřepe se s nádobou za účelem odstranění bublinek, které mohou zabránit přilnutí emulze. Přebytečná emulze se opatrně vylíje. Poté se kamenivo promyje pod tekoucí vodou, dokud není tekoucí voda čirá. Následně kamenivo umístíme do nádoby a nalijeme do ní 300 ml vody pokojové teploty. Procento ulpěného pojiva na povrchu kameniva je zaznamenáno podle obrázku 4-1. [35]



Obr. 4-1 Návod na stanovení procentuálního pokrytí kameniva emulzí pro zkoušku přilnavosti [35]

- a) 100% pokrytí
- b) 90% pokrytí
- c) 75% pokrytí
- d) 50% pokrytí

e) <50% pokrytí

f) 0% pokrytí

Podstata zkoušky – přilnavost po uplynutí času

Zkouška je prováděna na referenčním kamenivu nebo na kamenivu, které bude použito během stavby.

Navážíme kamenivo hmotnosti 200 ± 5 gramů do nádoby a do další nádoby 10 ± 1 gramů emulze. Promícháme kamenivo s emulzí. Po promíchání by mělo nastat 100% pokrytí kameniva emulzí (vizuálně), pokud k tomu nedojde, postup opakujeme při zvýšení hmotnosti emulze na 20 ± 1 gramů. Směs rozprostřeme do průhledné nádoby (kamenivo přesouváme vidličkou, aby tam nebyla přebytečná emulze po jednotlivých zrníčkách) a vložíme do pece na 24 hodin s teplotou 60 ± 3 °C. Následně vložíme směs do nádoby a nalijeme 300 ml vody ohřáté na 60 ± 3 °C a vložíme zpět do pece na 24 hodin při teplotě ± 3 °C. Následně určíme procento ulpělého pojiva na povrchu kameniva.

Vyhodnocení

Stupeň ulpění pojiva se hodnotí podle obrázku 4-1, kdy se určuje povrch procentuálně pokryt pojivem. Při vyhodnocování je potřeba mít dobré světelné podmínky v laboratoři. [35]

4.4 Zkoušky opotřebení

Stanovení opotřebení popisuje norma ČSN EN 12274-5 Kalové vrstvy – Zkušební metody – Část 5: Stanovení opotřebení.

Během zkoušky se zjišťuje opotřebení směsi, které je vyjádřeno úbytkem hmotnosti způsobené abrazí směsi po provedené zkoušce. Podstatou zkoušky je abrazivní působení hlavy měřicího přístroje, která vykonává při svém pohybu planetový pohyb. Tento pohyb simuluje pojezdy dopravy. Během zkoušky je hlavice, na které je nasazena gumová hadice dané pevnosti (80 Shore) přitlačována k povrchu vzorku po dobu 5 minut. Během zkoušky je zkoušený vzorek ponořen ve vodě. [33]

Příprava vzorku

Kamenivo použité v kalové směsi a přísady použité do směsi (reaktivní filer) musejí být před zkouškou vysušeny v sušárně při teplotě $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ do dosažení konstantní hmotnosti. Předem vyrobená emulze se před smícháním komponentů ručně zhomogenizuje mícháním.

Před provedením zkoušky je nutné všechny materiály použité ve zkoušce nechat temperovat po dobu nejméně dvou hodin. Při teplotách uvedených v tabulce 4-1.

Tabulka 4-1 Temperovací teploty materiálu použité při zkoušce opotřebení [33]

Typ kalové směsi	Temperovací teplota [$^{\circ}\text{C}$]
Pomaluštěpná směs	Laboratorní teplota
Rychleštěpná směs	5 ± 3

Rychleštěpná směs je: „Kalová směs s dobou vyštěpení kratší nebo rovnou 30 min.“ [33]

Pomaluštěpná směs je: „Kalová směs s dobou vyštěpení delší než 30 min.“ [33]

Pozn. Dobou vyštěpení emulze je zde chápána ve skutečnosti doba konsolidace směsi. Vyštěpení emulze nastává v řádu desítek až stovek sekund. Doba konsolidace směsi nastává, kdy nastává vyštěpení směsi v celém rozsahu a z povrchu směsi je vylučována pouze čistá voda, tato doba trvá zpravidla desítky minut. V případě názvosloví by bylo vhodné sloučit názvosloví v ČSN EN 73 6130 a ČSN EN 12274-5, za účelem srozumitelnějšího výkladu.

Množství připravovaných komponentů (velikost vzorku) se řídí podle maximálního zrna kameniva, které bylo použito při návrhu. Pro směsi s maximální velikostí kameniva $D=8$ mm je předepsané množství kameniva a fileru $1500\pm 10\text{g}$. Pro maximální zrno kameniva $D=16$ mm je stanovené množství $3000\pm 10\text{g}$.

Pozn. Norma ČSN EN 73 6130 stanovuje maximální velikost hrubého kameniva na $D=11$ mm. Například v USA se používá maximální zrno kameniva zpravidla $D=9,5$ mm. [1], [30]

Emulze do směsi se přidává v množství odpovídající návrhu směsi, směs se míchá ručně pod dobu 45 ± 1 sekund. Norma umožňuje použití automatických mixérů. Po

zhomogenizovaní směsi se směs rozprostře do předem připravené formy. Velikost (výška) formy odpovídá maximální velikosti kameniva + 15% této velikosti by měla forma převyšovat. Formy jsou označeny písmeny A-D, přičemž A je nejmenší forma pro frakci D=5,6 mm. Forma musí být umístěna na nepropustném podkladu (lepenka). Směs se musí do formy rozprostřít tak, aby nedocházelo během této operace k segregaci směsi. Poté se vzorek umístí do sušárny, kde dochází k vytvrzení při konstantní teplotě 60 ± 5 °C do dosažení konstantní hmotnosti. [33]

Postup zkoušky

Po dosažení konstantní hmotnosti vzorku se nechá tento vzorek temperovat na laboratorní teplotu a dále se zaznamená hmotnost vzorku. Dále se zkušební těleso umístí do vodní lázně o teplotě 25 ± 2 °C na dobu 65 - 75 minut. Vzorek se upne do přístroje k podkladní desce. Poté se stroj zapne a hlava osazená hadicí předepsané tvrdosti začne vykonávat planetový pohyb po dobu 300 ± 2 sekund.

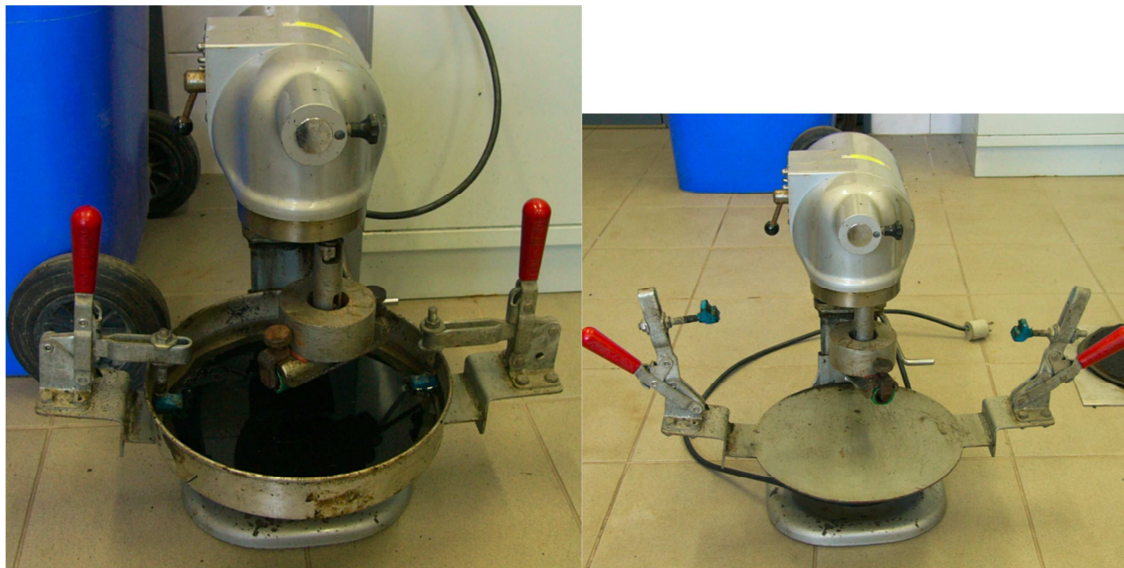
Po ukončení zkoušky se vzorek opláchne za účelem odstranění uvolněného materiálu a vzorek se vloží do sušárny na dobu 15 hodin při teplotě 60 ± 5 °C. Následně se zaznamená výsledná hmotnost zkušebního vzorku. Ztráta hmotnosti se vyjádří v gramech podle rovnice 1.0. Tato hodnota se vynásobí konverzním faktorem 32,9, aby se spočítal úbytek vzorku v g/m^2 . Zkouška je provedena na třech zkušebních vzorcích. Výsledkem zkoušky je střední hodnota z těchto měření. Zkoušecí zařízení pro zkoušku opotřebením je vidět na obrázku 4-2. [33]

$$L = W_a - W_b \quad \text{rovnice 1 [33]}$$

L je ztráta hmotnosti vzorku během zkoušky v gramech s přesností na 1 gram

W_a je hmotnost vzorku před zkouškou v gramech s přesností na 1 gram

W_b je hmotnost vzorku po zkoušce v gramech s přesností na 1 gram [33]



Obr. 4-2 Příklad přístroje pro zkoušení opotřebení Hobart [38]

4.5 Zkoušky koheze

Metodou zkoušky se zabývá norma ČSN EN 12274-4 Kalové vrstvy – Zkušební metody – Část 5: Stanovení koheze směsi.

Podstata zkoušky spočívá v měření soudržnosti směsi neboli koheze. Koheze je v případě této zkoušky vyjádřena odporem, který směr vyvozuje proti točení zkušební patky o 90° - 120° . Výsledkem měření je krouticí moment. [34]

Příprava vzorku

Kamenivo použité v kalové směsi a přísady použité do směsi (reaktivní filer) musejí být před zkouškou vysušeny v sušárně při teplotě $110 \pm 5^\circ\text{C}$ do dosažení konstantní hmotnosti. Předem vyrobená emulze se před smícháním komponentů ručně zhomogenizuje mícháním.

Materiály použité během zkoušky musejí být předem temperovány po dobu nejméně 2 hodin před zkouškou při teplotě $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

Komponenty směsi se navzájem nejdříve zhomogenizuje mícháním v kádince (kamenivo a přídatný filer). Následně se přidá voda v množství odpovídající návrhu a míchá se do doby, než je povrch kameniva dostatečně smáčen. Po navlhčení dojde k přidání emulze a míchání všech komponentů směsi po dobu 45 ± 1 sekund u

rychleštěpné emulze a 60 ± 1 až 180 ± 1 sekund u pomaluštěpné . Zhomogenizovaná směs se rozprostře do připravených kovových forem, velikosti forem odpovídají maximální velikosti kameniva, rozdělení na A-D. Během plnění formy se dbá, aby nedošlo k segregaci směsi. [34]

Postup zkoušky

Vzorek se umístí do přístroje a vystředí se pod neoprenovou patku. Poté se nachá patka přilehnout k povrchu vzorku za stanoveného tlaku 200 ± 4 kPa. Po přilehnutí se nasadí momentový klíč a otočí se jím o $90^\circ - 120^\circ$. Zaznamená se hodnota kroutícího momentu a čas. Měření koheze se provádí v časech podle normy v 15 min, 30 min, 90 min, 120 min po odlití směsi. Zkušební přístroj je vidět na obrázku 4-3. [34]



Obr. 4-3 Přístroj na stanovení doby koheze směsi [38]

Výsledné hodnoty se vynesou do grafu za účelem zjištění vývoje soudržnosti směsi v čase. [34]

4.6 Zkoušky ohladitelnosti PSV

Metodou zkoušky se zabývá norma ČSN EN 1097-8 Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 8: Stanovení hodnoty ohladitelnosti

Podstata zkoušky spočívá ve stanovení hodnoty ohladitelnosti (PSV) hrubého kameniva používaného pro povrchové vrstvy vozovek.

Zkouška simuluje ohlazování kameniva koly aut za stanovených podmínek, které se mají toto ohlazování přiblížit. Zkouška se provádí na kamenivu frakce 7.2/10. [36]

Příprava vzorku

Pro vyhodnocení hodnoty ohladitelnosti jednoho vzorku kameniva je nutné poskládat 4 vzorky, který každý obsahuje 36 – 46 zrn kameniva. Zrna kameniva se vkládají do formy tak, aby svou plochou stranou doléhaly na dno formy, a skládají se co nejtěsněji vedle sebe. Po vyskládání formy se mezery mezi kamenivem vyplní křemičitým pískem. Poté se forma vyplní lepidlem na bázi pryskyřice. Výsledné rozměry vzorku po vytvrdnutí jsou 90.6 ± 0.5 mm délky a 44.5 ± 0.5 mm šířky. Po vyjmutí vzorků z formy je nutné zkontrolovat povrch a vyřadit vzorky, kde je na povrchu pryskyřice, která by mohla zkreslit výsledky zkoušky. [36]

Postup zkoušky

Vzorky se uchytí po označení na povrch nosného kola, na kterém dochází ke zrychlenému ohlazování. Zkušební postup má dvě části. Během první části dochází k ohlazování vzorku s pneumatikou hrubou. Nosné kolo je během testu roztočeno na rychlost 320 ± 5 otáček/minuta. Během ohlazování je na povrch dávkován smírek v množství 27 ± 7 gramů spolu s vodou po dobu 180 ± 1 minut. Během druhé části se místo hrubého kola upevní jemné kolo a pokračuje se dalších 180 ± 1 minut. Dávkování smírku je 3 ± 1 gramu/minuta spolu s vodou, která má dvojnásobné dávkování, než dávkování smírkové moučky. Po ohlazení se na zkušebním kyvadle stanoví hodnota tření po ohlazení. Ohlazovací přístroj je vidět na obrázku 4-4 [36]

Vyhodnocení zkoušky

Pro vyhodnocení je nutné mít referenční kamenivo (4 vzorky), které bylo ohlazováno spolu se zkoušeným kamenivem. Výslednou hodnotu PSV tvoří průměr ze 4 vzorků.

Hodnoty PSV se počítají podle rovnice 2.



Obr. 4-4 Příklad přístroje na ohlazení a nosné kolo (vpravo) [38]

$$PSV = S + 52,5 - C.$$

rovnice 2 [36]

S – průměrná hodnota ohlazení 4 vzorků

C – průměrná hodnota ohlazení 4 vzorků referenčního kameniva

4.7 Zkoušky ohladitelnosti Wehner/Schulze

Princip zkoušky a popis zkušebního zařízení

V dnešní době nemá zkouška W/S oporu v evropských zkušebních silničních normách. Současně se však již připravuje v platnost norma EN 12697 - 49:2013. [37]

Hlavní části přístroje tvoří dvě rotační hlavy, obr. 4-5. Levá hlava slouží k simulování opotřebení vzorku a druhá (pravá) slouží k změření součinitele tření (μ) po zkoušce.

Jeden cyklus se skládá ze dvou hlavních částí: **ohlazování a měření**. Přičemž simulace pojezdu vozidel je prováděna pomocí třech konických pryžových kuželíků, obr. 4-6. [37]



Obr. 4-5 Zkušební přístroj Wehner/Schulze, laboratoř TU Vídeň [38]



Obr. 4-6 Detail ohlazovacích kuželíků, Wehner/ Schulze [38]

4.7.1 Ohlazovací část

Během první části testu (ohlazování) je každý z kuželíků nezávisle přitlačen k povrchu vzorku při velikosti kontaktního napětí 0,4 Nmm⁻² (4 bary), norma EN 12697-49:2013 uvádí statickou přitlačnou sílu 392 ± 3 N. Jde o běžný tlak, které vyvozuje pneumatika běžného vozidla. Běžné pneumatika vyvozuje tlak o hodnotě 0,25 Nmm⁻². Na obrázku 4-6 jsou rovněž viditelné drážky o rozměrech zhruba 2 mm hloubky a 2 mm šířky vzdálené od sebe 20 mm simulující vzorek reálné pneumatiky. [10][16]

Ohlazování probíhá při otáčení hlavy 500 ± 5 otáček za minutu (rychlost 17km/hod). Při styku kuželíku a povrchu vzorku dochází k prokluzu 0,5% až 1%. Při ohlazování se hadičkou umístěnou ve středu ohlazovací hlavy přivádí na povrch vzorku suspenze ve složení 5% křemičitého písku a 95% vody. Po skončení ohlazování je vzorek omyt vodou kvůli odstranění abrazivní suspenze před měřením, tento cyklus odpovídá 600 pojezdům a trvá 2 minuty. Zpravidla je počet pojezdů kuželíků stanoven na 90 000 cyklů. Počet pojezdů je možno v nastavení měnit. [37]



Obr. 4-7 Vzorek na zkoušku W/S, mezikruží, kde dochází k ohlazování vzorku [38]

Obrázek 4-7 zobrazuje pojížděné mezikruží, kde dochází během zkoušky

k simulování opotřebování.

Křemičitý filer

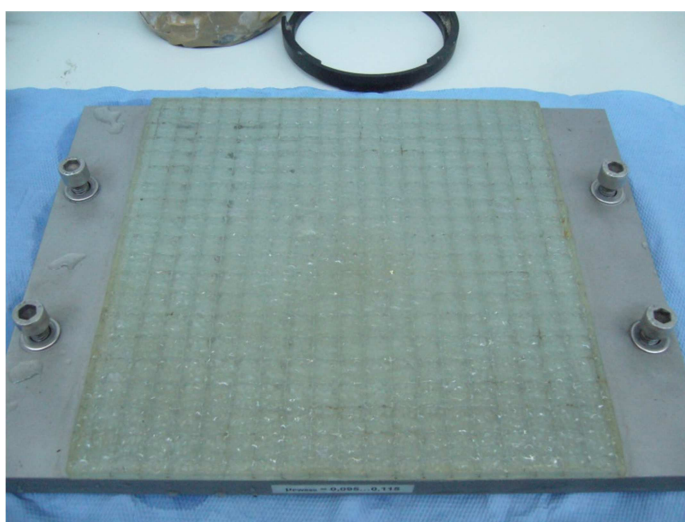
Použitá křemičitý písek od firmy Millisil W6, vyrábí firma Quarzwerke Frenchen. Suspenze obsahuje 60 ± 2 gramy písku na jeden litr vody.

4.7.2 Měřicí část zkoušky

Měření je provedeno pomocí měřicí hlavy, ke které jsou připevněny 3 pryžové patky obdélníkového tvaru o rozměrech: šířky $14,5 \pm 0,1$ mm a délky 30 ± 1 mm, obr 4-9. Požadovaná tvrdost: 65 Shore při teplotě 23°C. Požadovaná tvrdost se mění v závislosti na teplotě.

Před měřením zkušební vzorku dojde ke kontrole měřících patek, zda nejsou nadměrně opotřebený nebo zničeny. Zkušební sklo má předepsanou hodnotu μ_{ref} , která by měla být během testu naměřena, pokud se hodnota liší o více než 10%, od stanovené musí dojít k výměně měřících pryžových patek. Zkušební sklo je vidět na obrázku 4-8

Během standardního testu je měřicí hlava roztočena na 3000 ot/min (odpovídá tangenciální rychlosti 100 km/h). Před kontaktem mezi měřicí hlavou a vlastním vzorkem dojde k rozstříknutí vody na povrch vzorku, za účelem vzniku tenkého vodního filmu. [37]



Obr. 4-8 Zkušební sklo pro ověření nepoškození měřících patek [38]

Poté je měřicí hlava spuštěna při rychlosti 100km/h na vzorek přítlačnou statickou

silou 253 ± 3 N. Obvodová rychlost měřící hlavy se ze spouštěcí rychlosti 100km/h zpomaluje až na nulu. Při zpomalování je měřen torzní moment M , z kterého je následně spočtena hodnota μ_m (rovnice 1). [15]

$$\mu_m = \frac{M}{253 \times 0,9} \quad \text{Rovnice 3 [37]}$$

Při zpomalování měřící hlavy je také možnost získat křivku závislosti průběhu tření na rychlosti. Protokol z měření ohladitelnosti je uveden v přílohách 10-4 a 10-5. Hodnota upws (Polierwert nach Wehner Schulze) se stanovuje pro rychlost 60 km/h.



Obr. 4-9 Detail měřící hlavy a měřící patky [18]

Příprava vzorků

Zkušební tělesa pro zkoušku ohladitelnosti podle W/S se vytvářejí manuálním skládáním kameniva frakce 8/11 do hliníkové formy o průměru 225mm. Zrna by se měla pokládat rovnou plochou na dno formy, aby byl vzniklý povrch „rovný“ bez větších výstupků, které by mohly zkreslit výsledky zkoušky.

Po vyskládání vzorku se forma vysype pískem frakce 0/2-0/5 za účelem zabránění protečení lepidla mezi zrny. Část kameniva, na které bude nanášeno lepidlo (epoxidová pryskyřice) by měla být bez zbytku výplňového písku, aby nedocházelo vlivem nedokonalého spojení mezi lepidlem a kamenivem k vypadávání kameniva během zkoušky. Na kamenivo se nanášejí dvě vrstvy lepidla. Během tuhnutí musí zůstat vzorek

ve vodorovné poloze. Po zatuhnutí druhé vrstvy lepidla může dojít z oddělení zkušebního vzorku od formy. Na budoucím zkoušeném povrchu kameniva by nemělo být lepidlo, v případě že by proteklo skrz vrstvu výplňového písku, musí se odstranit z důvodu možného ovlivnění výsledku během měření. [15]

Výroba vzorku pro zkoušku ohladitelnosti podle W/S je vidět na obrázku 4-10.



Obr. 4-10 Příprava zkušebních těles pro zkoušku Wehner/Schulzce [38]

5 PŘEHLED PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

Celkem došlo k návrhu 13 směsí emulzních směsí mikrokoberce. V návrzích bylo použito třináct druhů kameniva z jednotlivých lomů rozmístěných po celém území České Republiky (obrázek 3-3). Navržené směsi měly navrženou křivku zrnitosti s plynulým průběhem i křivku s přerušeným průběhem zrnitosti. Ve směsích bylo použito RAP materiálu se záměrem ověření použití této technologie zařaditelné mezi takzvané technologie podporující udržitelný rozvoj silničního stavitelství (směs č. 11). Následně došlo k návrhům směsí s přidavkem barevných pigmentů a k porovnání jejich vlastností s konvenčními směsi (směs č. 12, 13).

Tabulka 5-1 Provedené zkoušky během vypracování diplomové práce

číslo směsi	Kamenivo	Hornina	Zrnitost	k. zrn.	Štěp.	Kons.	Koheze	Opotřebení		PS V	W/S
					[sec]	[min]	[lb.in]	55%	100%		
1	Bystřec	rula	0/8	s	29	-	-	-		-	-
2	Svrčovec	metadroba	0/4	s	100	19	21	6.8	10.8	-	-
3	Plaňany	mag. rula	0/5	s	81	-	-	-	-	-	-
4	Litice	spilit	0/4	s	122	29	21	0.51	10.14	-	-
5	Litice	spilit	0/8	p	119	29	21	0.54	1.25	-	-
6	Chrtníky	diabas	0/8	s	118	40	21	6.3	13.6	58	0.373
7	Police	rula	0/8	p	130	25	23	0.6	1.32	-	-
8	Želešice	amfibolit	0/8	s	39	-	-	-	-	-	0.199
9	Děpoltovice	čedič	0/5	s	114	108	-	-	-	-	-
10	Horní Tašovice	čedič	0/8	s	154	98	-	-	-	-	-
11	Litice + RAP	spilit + RAP	0/8	s	122	21	22	1.32	4.89	-	-
12	Červená s.	amfibolit droba	0/5	s	90	18	-	7.0	22		
13	Žlutá směs	amfibolit droba	0/5	s	99	18	-	Roz.	Roz.	-	-
	Chornice	droba	-	-	-	-	-	-	-	60	0.414
	Černá skála	pararula	-	-	-	-	-	-	-	57	0.387
	Košťálov	melafyr	-	-	-	-	-	-	-	56	0.317
	Masty	diorit	-	-	-	-	-	-	-	50	0.267
	Císařský	čedič	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14
	EMK I/32	amfibolit droba	0/8	p			23	0.3	1.7		0.46

Pozn. Hodnoty koheze směsi v tabulce 5-1 jsou uváděny při zkoušce po 60 minutách od konsolidace směsi. Drobné kamenivo je v diplomové práci uváděno jako kamenivo frakce 0/4, pokud není uvedeno jinak, hrubé kamenivo je kamenivo frakce 4/8 nebo vyšší.

Dále došlo k vytipování vhodného kameniva z hlediska hodnot ohladitelnosti PSV kameniva a porovnání této ohladitelnosti s hodnotou ohladitelnosti PWS (Poliert nach Wehner/Schulze) a zjištění vzájemné korelace mezi těmito dvěma měřeními. Na těchto kamenivech budou provedeny zkoušky emulzních kalových zákrytů provedeny v dalším výzkumu. Měření ohladitelnosti PWS bylo provedeno pouze na směsích č. 6 a č. 8., přičemž směs kameniva č. 8 je nevyhovující pro použití v emulzních mikrokobercích.

Na závěr došlo k ověření použití metody ohladitelnosti W/S na vzorku odebraném in-situ. Jednalo se o jádrový vývrt odebraný ze silnice I/32 konkrétně u obce Dymokury, kde obrusnou vrstvu komunikace tvoří jednovrstvý emulzní mikrokoberec. Zkouška typu emulzního mikrokoberce je uvedena v přílohách na konci diplomové práce.

5.1 Výsledky, štěpitelnost a konsolidace

Pro návrhy směsí mikrokoberců bylo zvoleno 11 kameniv. Návrhy se prováděly tak, aby navržené křivky zrnitosti vyhovovaly požadavkům normy ČSN EN 73 6130. Účelem zkoušek bylo tedy navrhnout směsi, které mají potencionální použití v praxi. Základní zkouška všech směsí byla zkouška štěpitelnosti emulzní kalové vrstvy. Podle zjištěných výsledků došlo dále k provedení zkoušky koheze dle ČSN EN 12274-3 a zkoušky opotřebení dle ČSN EN 12274-5.

V jednotlivých tabulkách jsou vždy uvedeny složení směsí. Poměr kameniva ve směsi se nemění. Obsah emulze ve směsi byl stanoven na 12% a obsah vody na 8%. Pouze ve směsi kameniva z lomu Želešice (směs č. 8) byl obsah vody ve směsi upraven. Při úpravě návrhu směsí se měnil pouze obsah přísad ovlivňující dobu štěpení (vápno, cement a stabilizátor štěpení). Tyto dílčí návrhy jsou popsány v tabulkách jako zkouška č. 1, č. 2 atd.

Směs č. 1, Bystřec

První směs č. 1 byla navržena z kameniva z lomu Bystřec, hornina rula s hodnotou

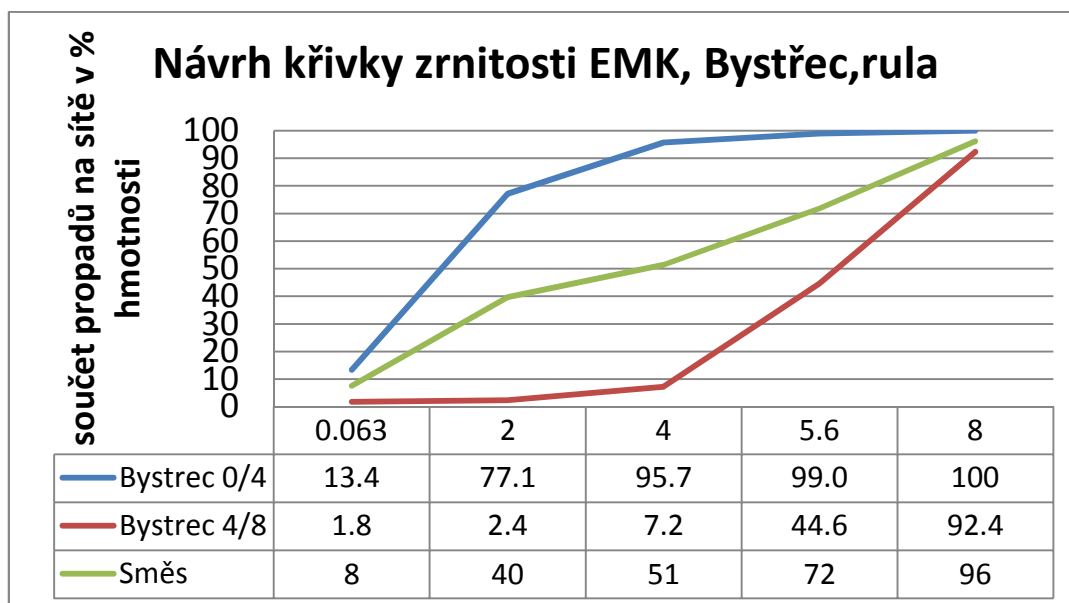
ohladitelnosti PSV 56. Lom se nachází v oblasti Jablonné nad Orlicí v Pardubickém kraji. Směs se skládala ze dvou frakcí kameniva 0/4 – drobné kamenivo a frakce 4/8 hrubé kamenivo. Podrobný návrh vidíme v tabulce 5-2, křivka zrnitosti směsi v grafu 5-1.

Při zkoušce č. 1 směsi kameniva Bystřec dojde po smíchání emulze s kamenivem k téměř okamžitému vyštěpení směsi, směs vyštěpí dříve, než může dojít k potřebnému promíchání směsi během šesti sekund. Při druhé zkoušce byla změněna použitá emulze z GRIP P 7 na GRIP P9. Emulze GRIP P9 obsahuje vyšší procento emulgátoru (C60BP6). U zkoušky č. 1 bylo vidět, že 8% vody ve směsi je nedostatečná dávka a nedojde k dostatečnému navlhčení kameniva. Proto se směs štěpí tak rychle.

Tabulka 5-2 Složení směsi č. 1, kamenivo z lomu Bystřec

zkouška č.	1	2	3
složení směsi (%) :			
Bystřec 0/4	50	50	50
Bystřec 4/8	50	50	50
EMULTECH GRIP P 7	12	GRIP P 9	12
voda	8	8	8
vápno			0.5
vlákno			
Stabiram MS 301 ředění 1:15			0.03
doba štěpení (sec) :	6	17	29
konzolidace (min) :			

Při porovnání zkoušky č. 1 a č. 2 je vidět, že dojde k prodloužení doby štěpení na 17 sekund vlivem vyššího celkového obsahu emulgátoru. I tato hodnota je však téměř 5 x nižší, než je požadavek normy ČSN EN 73 6130. Při návrhu č. 3 bylo navrženo přidání přísad prodlužující dobu štěpení. Bylo přidáno vápno v obsahu 0.5 % a přísada Stabiram v množství 0.03%. Přidání těchto přísad nepomohlo k tomu, aby směs dosáhla minimální požadované doby štěpení 90 sek. Směs kameniva z lomu Bystřec není vhodná pro použití technologie kalových krytů prováděných za studena z důvodů nesplnění požadavků na minimální dobu štěpení směsi.



Graf 5-1 Křivka zrnitosti EMK, Bystřec, rula

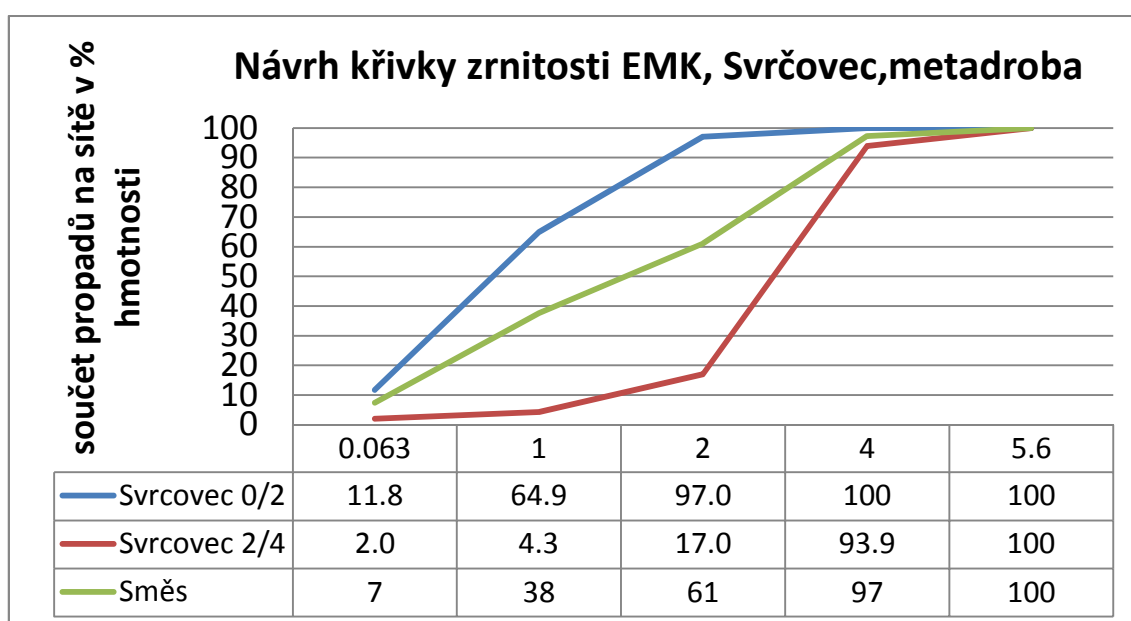
Směs č. 2, Svrčovec

Směs č. 2 byla navržena z kameniva z lomu Svrčovec, hornina metadroba s hodnotou ohladitelnosti PSV 57. Lom se nachází v oblasti Klatovy v Jihočeském kraji. Směs se skládala ze dvou frakcí kameniva drobného kameniva velikosti frakce 0/4 a frakce 2/4. Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5-3., křivka zrnitosti směsi v grafu 5-2.

Tabulka 5-3 Složení směsi č. 2, kamenivo z lomu Svrčovec

zkouška č.	1	2	3	4	5	6
složení směsi (%) :						
Svrčovec 0/4	55	55	55	55	55	55
Svrčovec 2/4	45	45	45	45	45	45
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12	12	12
voda	8	8	8	8	8	8
vápno		0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
vlákno						
Stabiram MS 301 ředění 1:15			0.01	0.04	0.02	0.05
doba štěpení (sec) :	35	43	48	73	51	100
konzolidace (min) :						19
koheze (10,20,30,60 min)- Ib.in.:						18,19,20,21
abraze (55 %) :						6.84
abraze (100 %) :						10.76

Základní směs pro zkoušku č. 1 je navržena s obsahem vody 8% a obsahem emulze Grip P9 12%. Při tomto návrhu vychází doba štěpení na 35 sek. Po přidání vápna v obsahu 0.2 % během zkoušky č. 2 dojde k prodloužení doby štěpení na 43 sek. Z návrhu č. 3 a č. 5 je možné pozorovat zanedbatelný vliv přísady vápna na dobu štěpení. Po zvýšení množství z 0,2% na 0,5% nedojde k nárůstu doby štěpení. Postupným přidáváním přísad prodlužující dobu štěpení se dosáhlo v návrhu č. 6 požadované hodnoty štěpitelnosti 100 sek. Následně došlo k provedení zkoušky konsolidace směsi podle návrhu č. 6 s hodnotou 19 min. Směs vyhovuje požadavkům na omezení silničního provozu u EMK do 20 minut.



Graf 5-2 Křivka zrnitosti EMK, Svrčovec, metadroba

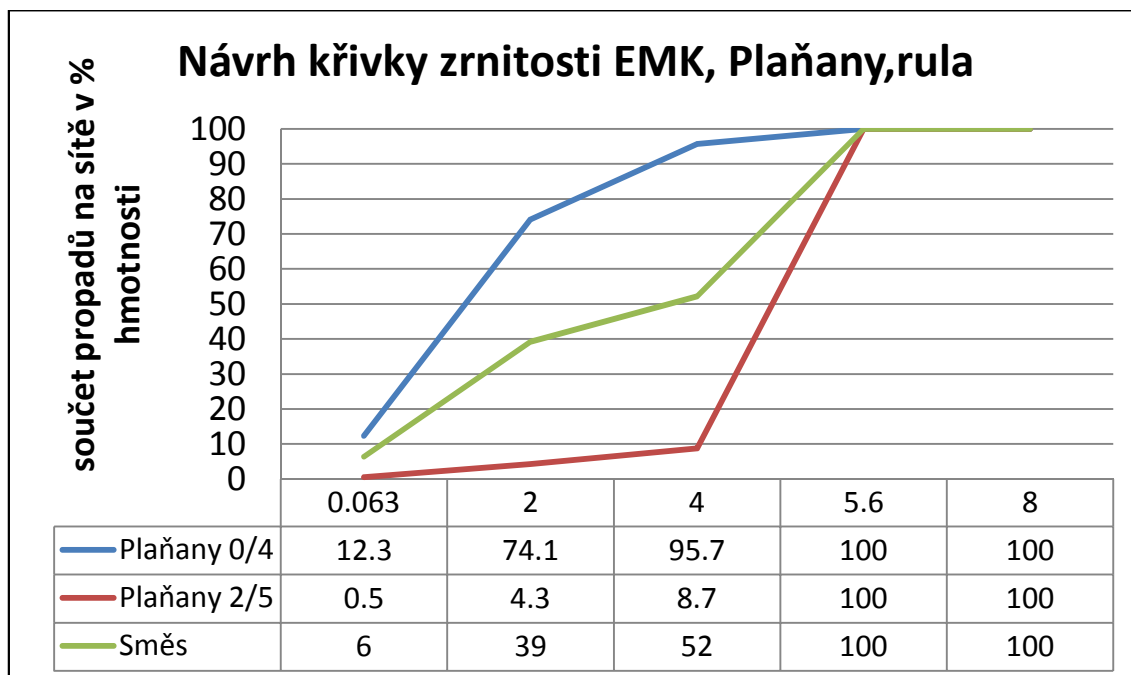
Směs č. 3, Plaňany

Návrh směsi č. 3 byl proveden z kameniva z lomu Plaňany, hornina magmatická rula s hodnotou ohladitelnosti PSV 50. Lom se nachází u obce Plaňany ve Středočeském kraji. Směs se skládala ze dvou frakcí kameniva drobného kameniva velikosti 0/4 a kameniva široké frakce 2/5. Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5.4, křivka zrnitosti směsi v grafu 5-3.

Tabulka 5-4 Složení směsi č. 3, kamenivo z lomu Plaňany

zkouška č.	1	2	3	4
složení směsi (%) :				
Plaňany 0/4	60	60	60	60
Plaňany 2/5	40	40	40	40
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12
voda	8	8	8	8
vápno		0.2	0.2	0.2
vlákno				
Stabiram MS 301 ředění 1:15			0.01	0.04
doba štěpení (sec) :	19	34	53	81
konzolidace (min) :				

Na tomto kamenivu byly provedeny celkem 3 úpravy základního návrhu. Kdy byl postupně přidáván stabilizátor Stabiram spolu s vápnem. Při žádném návrhu nebylo dosaženo požadované minimální doby štěpení, přestože přidáním 0,04% množství stabilizátoru dojde k prodloužení doby štěpení u návrhu č. 4 k 2.5x prodloužení doby štěpení oproti návrhu 2. Toto kamenivo je z hlediska doby štěpení nevhodné k použití v EMK, nízké hodnoty ohladitelnosti také nejsou vhodné z hlediska použití směsi z čistě tohoto kameniva.



Graf 5-3 Křivka zrnitosti EMK, Plaňany, magmatická rula

Směs č. 4 a č. 5, Litice

Návrh směsi č. 4 a č. 5 byl proveden z kameniva z lomu Litice, hornina spilit s hodnotou ohladitelnosti PSV 54. Lom se nachází u města Plzeň v Plzeňském kraji. Návrh směsi kameniva č. 4 obsahoval dvě frakce drobného kameniva 0/2 a 2/4. Směs č. 5 byla složena z kameniva frakce 0/2 a 4/8, jedná se o návrh s přetržitou křivku zrnitosti. Návrhy směsí jsou vidět v tabulce 5-5, křivky zrnitosti směsí v grafech 5-4 a 5-5.

Během zkoušky č. 1 a č. 2 ve směsi č. 4 můžeme pozorovat, že přidání vápna na dobu štěpení v množství 0,2% nemá žádný vliv a směs ztrácí zpracovatelnost po stejné době. Po přidání Stabiramu v množství 0.04% ve zkoušce č. 4 je dosaženo požadované doby štěpení a následně provedena zkouška konsolidace s výsledkem 29 min. Hodnota je vyšší než požadavek na obnovení 20 min., norma ČSN EN 73 6130 však umožňuje po dohodě s objednavatelem obnovení provozu až do jedné hodiny po pokládce. Z tohoto pohledu je navržena směs vyhovující s dostatečnou rezervou.

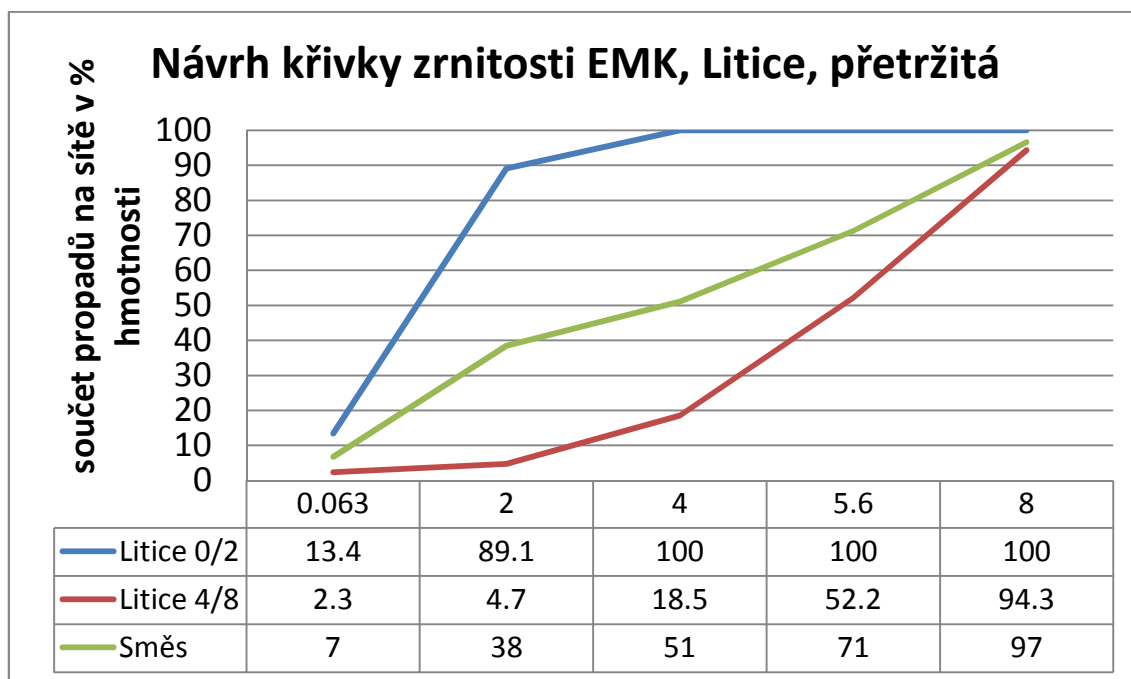
Tabulka 5-5 Složení směsí č. 5 a č. 6, kameniva z lomu Litice

zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8
složení směsi (%) :								
Litice 0/2	40	40	40	40				
Litice 2/4	60	60	60	60				
Litice 0/2					40	40	40	40
Litice 4/8					60	60	60	60
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12	12	12	12	12
voda	8	8	8	8	8	8	8	8
vápno		0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2
vlákno								
Stabiram ředění 1:15			0.01	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01
doba štěpení (sec) :	46	43	54	122	147	138	75	119
konzolidace (min) :				29				29
koheze (10,20,30,60)				17,18,19,21				17,18,19,21
abraze (55 %) :				0.51				0.54
abraze (100 %) :				10.14				1.25

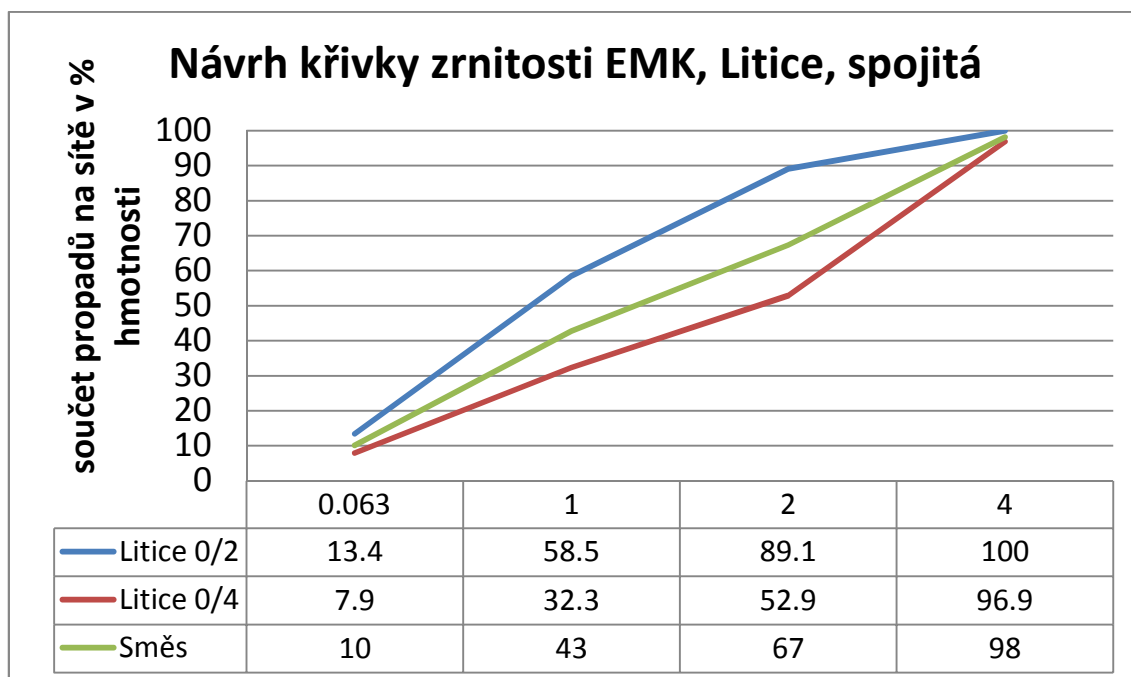
V druhém návrhu č. 5 s přetržitou čarou zrnitosti vycházely doby štěpitelnosti při

nižším obsahu retardéru a vápna vyšší. Při porovnání zkoušky 3 a 7 tento rozdíl činí 21 sek. Tento rozdíl je dán především tím, že směs č. 5 s přetržitou křivkou zrnitosti má menší měrný povrch kameniva, který má na štěpení zásadní vliv. Platí, že při vyšším měrném povrchu je doba štěpení kratší, protože jemné částice na sebe navazují více pojiva. Výsledné návrhy zkoušky č. 4 a č. 8 mají téměř identické doby štěpení. Směs číslo č. 5 je výhodnější z důvodu použití menšího množství retardéru Stabiram o 0,03%. Směs je tedy vhodnější pro praktické použití, protože je možné dále přidávat větší množství retardéru při pokládce, kdy je použita čerstvější (ještě teplá) emulze nebo vyhřáté kamenivo. Oba tyto vlivy zkracují výrazně dobu štěpení. [22] Doba konsolidace směsi vyšla stejně u směsi č. 4 i č. 5 29 min. Vzhledem k výsledkům zkoušek bylo přistoupeno u výsledných návrhů č. 4 a č. 5 k dalším zkouškám koheze a opotřebení.

Navržená směs č. 5 z kameniva litice s plynulou čarou zrnitosti 0/4 byla vybrána pro provedení zkušební pokládky.



Graf 5-4 Přetržitá křivka zrnitosti EMK, Lom litice, spilit



Graf 5-5 Křivka zrnitosti EMK, Lom litice, spilit

V návrzích křivek zrnitosti v grafech 5-4, 5-5 je vidět rozdíl v obsahu drobného kameniva velikosti do 2 mm. V návrhu s přetržitou křivkou je to 37% propadu. U směsi č. 5 frakce 0/4 složené ze dvou frakcí 0/2 a 0/4 je to 78% propadu.

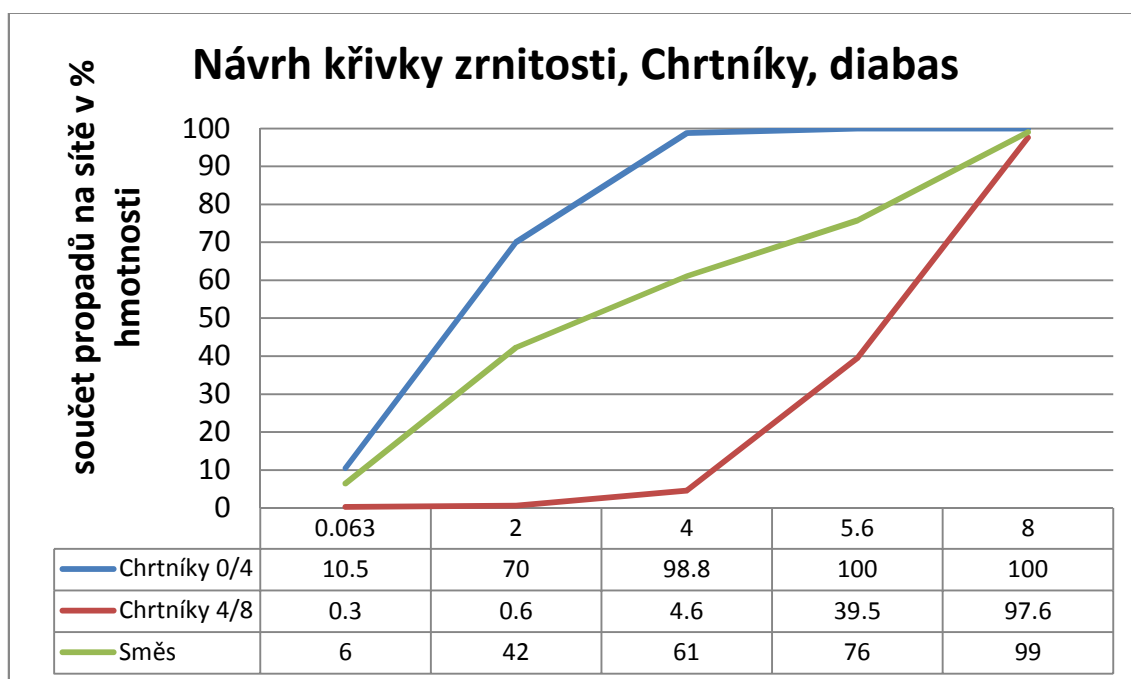
Směs č. 6, Chrtníky

Návrh směsi č. 6 byl proveden z kameniva z lomu Chrtníky, diabas s hodnotou ohladitelnosti PSV 58, tato hodnota byla naměřena i při vlastním měření, viz výsledky zkoušek ohladitelnosti – kapitola 6. Lom se nachází u obce Heřmanův Městec v Pardubickém kraji. Směs se skládala ze dvou frakcí kameniva, drobného kameniva velikosti 0/4 a hrubého kameniva 4/8. Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5-6., křivka zrnitosti směsi v grafu 5-6.

Na této směsi bylo provedeno celkem pět zkoušek. Návrhy č. 4 a č. 5 splňují požadavky normy na dobu štěpení. Z návrhu č. 3 a č. 5 je vidět lineární závislost mezi dobou štěpení a množstvím přísad, dvojnásobné množství přísad odpovídá zhruba dvojnásobné době štěpení.

Tabulka 5-6 Návrhy směsí z lomu Chrtníky

zkouška č.	1	2	3	4	5
složení směsi (%) :					
Chrtníky 0/4	60	60	60	60	60
Chrtníky 4/8	40	40	40	40	40
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12	12
voda	8	8	8	8	8
vápno		0.2	0.2	0.3	0.5
Stabiram ředění 1:15			0.01	0.03	0.02
doba štěpení (sec) :	56	53	64	110	118
konzolidace (min) :				40	40
koheze (10,20,30,60)					18,19,19,21
abraze (55 %) :					6.33
abraze (100 %) :					13.56



Graf 5-6 Křivka zrnitosti EMK, Chrtníky, diabas

Návrh č. 4 a č. 5 byl podroben zkoušce konsolidace. Výsledek 40 minut znamená nejdelší dobu konsolidace, která byla na všech směsích naměřena. Je vidět, že přísady, v tomto kamenivu, ovlivňující dobu štěpení nemají na dobu konsolidace vliv. Tato hodnota stále odpovídá požadavku normy na maximální dobu konsolidace do jedné

hodiny po domluvě s objednavatelem stavby. Směs EMK z tohoto kameniva je vhodná pro použití v praxi.

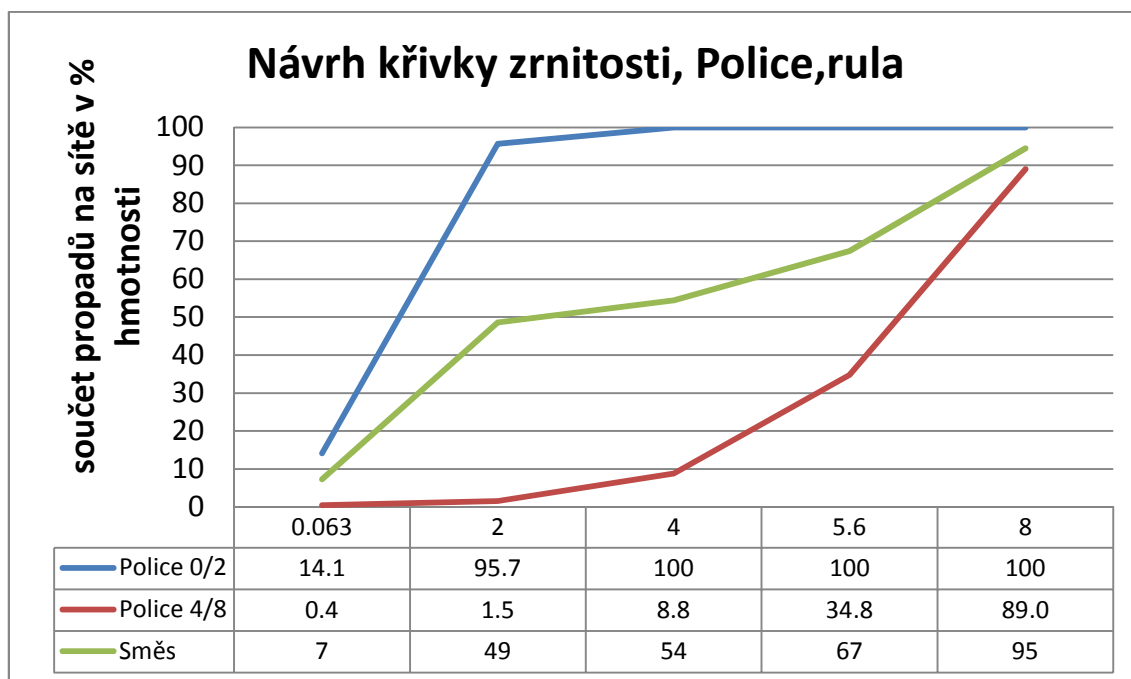
Směs č. 7, Police

Návrh směsi č. 7 byl proveden z kameniva z lomu Police, hornina rula s hodnotou ohladitelnosti PSV 46. Lom se nachází u města Moravské Budějovice v kraji Vysočina. Návrh směsi kameniva obsahoval dvě frakce kameniva, drobné frakce 0/2 a hrubé frakce 4/8. Tato směs má tedy přetržitou křivku zrnitosti. Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5-7. Křivka zrnitosti směsi je vidět v grafu 5-7.

Tabulka 5-7 Složení směsí z lomu Police

zkouška č.	1	2	3	4
složení směsi (%) :				
Police 0/2	50	50	50	50
Police 4/8	50	50	50	50
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12
voda	8	8	8	8
vápno	0.2	0.2	0.3	0.5
Stabiram ředění 1:15		0.01	0.02	0.01
doba štěpení (sec) :	74	81	116	130
konzolidace (min) :			45	25
koheze (10,20,30,60)				20,21,23,23
abraze (55 %) :				0.57
abraze (100 %) :				1.32

Návrhy č. 3 a č. 4 splňují požadavky normy na dobu štěpení. V těchto návrzích je také vidět jaký vliv má obsah přísad v kamenivu z tohoto lomu na dobu konsolidace. V našem případě v návrhu č. 4 dojde po zvýšení dávky vápna z 0,3% na 0,5% v návrhu č. 5 o rapidní snížení doby konsolidace o 20 minut. Návrh č. 5 byl podroben následně dalším zkouškám. Směs je vyhovující pro použití v EMK, pokud by bylo kamenivo smícháno s kamenivem s vyšší hodnotou ohladitelnosti PSV.



Graf 5-7 Křivka zrnitosti EMK, Police, rula

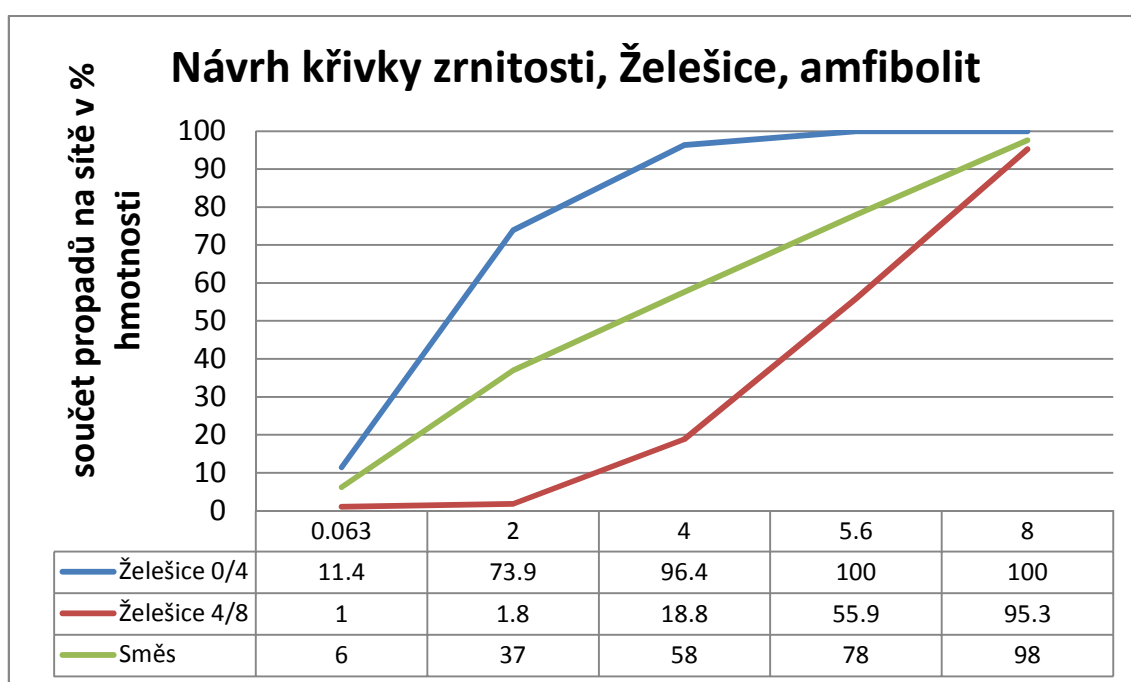
Směs č. 8, Želešice

Návrh směsi č. 8 byl proveden z kameniva z lomu Želešice, hornina amfibolit s hodnotou ohladitelnosti PSV 47. Lom se nachází na okraji města Brna v Jihomoravském kraji. Návrh směsi kameniva obsahoval dvě frakce, drobné kamenivo frakce 0/4 a hrubé kamenivo frakce 4/8. Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5-8., křivka zrnitosti směsi v grafu 5-8.

Tabulka 5-8 Složení směsí č. 8, kamenivo z lomu Želešice

zkouška č.	1	2	3	4
složení směsi (%) :				
Želešice 0/4	50	50	50	50
Želešice 4/8	50	50	50	50
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12
voda	8	10	10	8
vápno		0.2	0.2	0.3
Stabiram ředění 1:15			0.01	0.04
doba štěpení (sec) :	19	22	22	39
konzolidace (min) :				

Směs kameniva z lomu Želešice se štěpí po velmi krátké době a chování směsi je velmi podobné směsi z lomu Bystřec (rula). Obě směsi jsou složeny ze stejných frakcí kameniva drobného 0/4 a hrubého 4/8. Štěpení není možné prodloužit ani po připadání vysokého obsahu vápna a retardéru Stabiram. Tato směs je nevyhovující i z pohledu požadavku na normy ČSN EN 73 6130 na kamenivo a na jeho hodnoty ohladitelnosti. Kamenivo z tohoto lomu je nevhodné pro technologii EMK samostatně. Při použití v EMK by kamenivo muselo být smícháno s jiným druhem kameniva, které má vyšší hodnoty ohladitelnosti, splňující požadavky normy. Dále by bylo nutné provést takový návrh, aby se u směsi prodloužila doba štěpení na minimálně požadovaných 90 sekund.



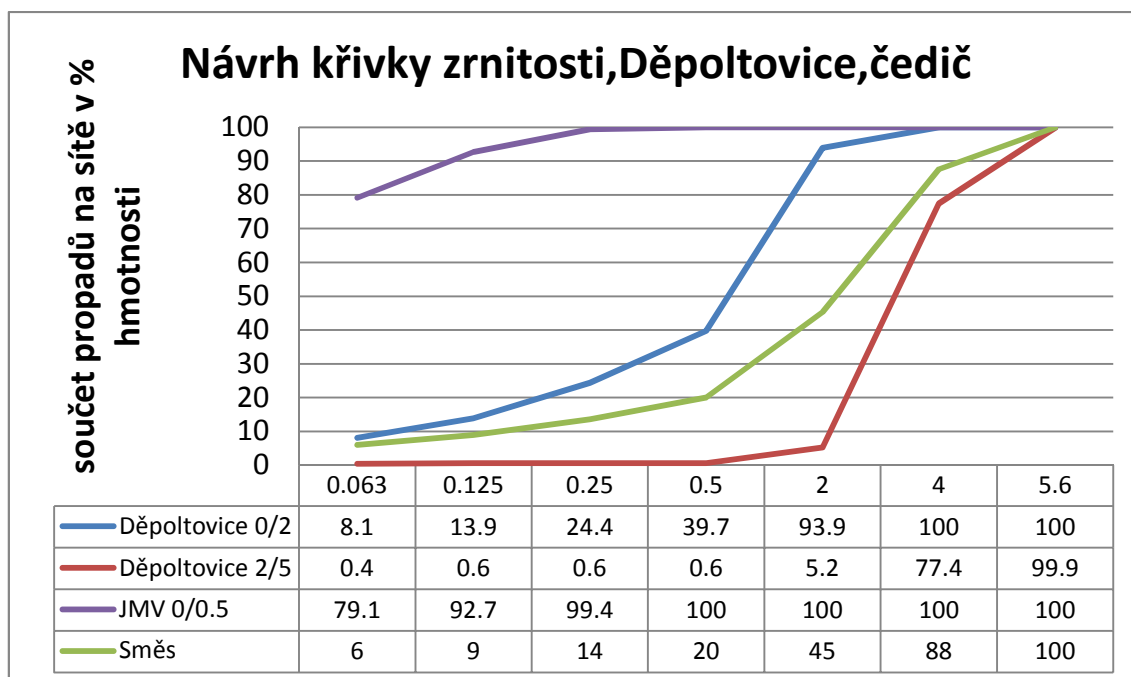
Graf 5-8 Křivka zrnitosti EMK, Želešice, amfibolit

Směs č. 9, Děpoltovice

Návrh směsi č. 9 byl proveden z kameniva z lomu Děpoltovice, hornina čedič s hodnotou ohladitelnosti PSV 50. Lom se nachází na okraji obce Děpoltovice v Karlovarském kraji. Návrh směsi kameniva obsahoval dvě frakce, drobné kamenivo frakce 0/2 a kamenivo frakce 2/5. Pro doplnění jemných částic $D \leq 0.063 \text{ mm}$ byl přidán do směsi jemně mletý vápenec (JMV). Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5-9., křivka zrnitosti směsi v grafu 5-9.

Tabulka 5-9 Složení směsí č. 9, kamenivo z lomu Děpolovice

zkouška č.	1	2	3	4
složení směsi (%) :				
Děpolovice 0/2	42	42	42	42
Děpolovice 2/5	55	55	55	55
JMV Vrchlabí 0/0.5	3	3	3	3
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12
voda	8	8	8	8
vápno		0.2	0.5	0.5
Stabiram MS 301				0.04
doba štěpení (sec) :	22	38	51	114
konzolidace (min) :				108



Graf 5-9 Křivka zrnitosti EMK, Děpolovice, čedič

V návrhu č. 4 bylo docíleno doby štěpení splňující požadavky normy po přidání 0.5% procent vápna a 0.04% Stabiramu. Následně bylo přistoupeno u tohoto návrhu k provedení zkoušky konzolidace směsi. Výsledek zkoušky konzolidace 108 minut je nejdelší doba konzolidace, která byla během zkoušek naměřena. Hodnota přesahuje maximální povolený limit na dobu konzolidace o 48 minut. Směs s příměsí JMV (jemně mletý vápenec) je pro použití v EMK nevhodná z důvodu dlouhé doby konzolidace.

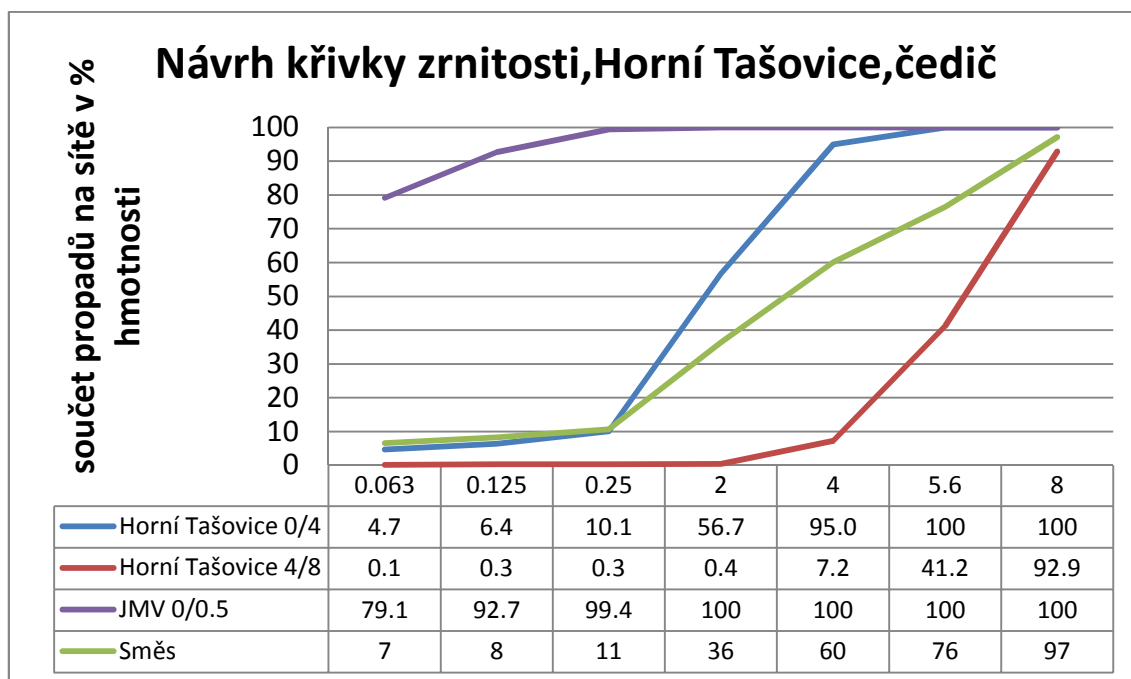
Směs č. 10, Horní Tašovice

Návrh směsi č. 10 byl proveden z kameniva z lomu Horní Tašovice, hornina čedič s hodnotou ohladitelnosti PSV 53. Lom se nachází na okraji obce Horní Tašovice v Karlovarském kraji. Návrh směsi kameniva obsahoval dvě frakce, drobné kamenivo frakce 0/4 a hrubé kamenivo frakce 4/8. Pro doplnění jemných částic $D \leq 0.063\text{mm}$ byl přidán do směsi jemně mletý vápenec (JMV). Podrobný návrh směsi vidíme v tabulce 5-10, křivka zrnitosti směsi v grafu 5-10.

Tabulka 5-10 Složení směsí č. 10, kamenivo z lomu Horní Tašovice

zkouška č.	1
složení směsi (%) :	
Horní Tašovice 0/4	55
Horní Tašovice 4/8	40
JMV Vrchlabí	5
EMULTECH GRIP P 9	12
voda	8
vápno	
Stabiram MS 301	
dobu štěpení (sec) :	154
konzolidace (min) :	98

Tato směs vyhovuje požadavkům na dobu štěpitelnosti bez použití přísad. Z tohoto důvodu se jedná o ideální návrh. Pro zvýšení koheze směsi je však vhodné použít ve směsi minimální množství vápna. Hodnota doby konsolidace 98 minut je nevyhovující. Tato směs potvrdila nevhodnost přídavku jemně mletého vápence do směsi EMK z důvodu prodloužení doby konsolidace směsí.



Graf 5-10 Křivka zrnitosti EMK, Horní Tašovice, čedič

Směs č. 11, Litice a RAP

Návrh směsi č. 11. 8 se skládal z kameniva ve zkoušce č. 1 a č. 2 z drobného kameniva z lomu Litice frakce 0/2 v zastoupení 15% a RAP frakce 0/8 v zastoupení 85%. V dalších zkouškách došlo k úpravě křivky zrnitosti a změny poměrů jednotlivých frakcí. Výsledný návrh směsi kameniva obsahoval tři frakce, drobné kamenivo frakce 0/2, hrubé kamenivo frakce 4/8 a RAP Lom Litice se nachází města Plzeň v Plzeňském kraji. Návrhy směsí jsou vidět v tabulce 5-11, křivky zrnitosti v grafu 5-11 a grafu 5-12.

Výchozí návrh vycházel ze zkušenosti z Francie, kde došlo v letech 2002 na komunikaci RN 11 a v roce 2004 na komunikaci RD 6. Popsáno v teoretické části, kapitola 2.1.2 Recyklovaný asfalt (RAP)

Námi navržená směs s RAP (reclaimed asphalt) byl v 85% zastoupen RAP a v 15% kamenivo z lomu Litice. Návrh musí být proveden tak, aby i v případě použití RAP, vyhovovala křivka zrnitosti ČSN EN 73 6130. Směs připravená pro zkoušku č. 1 je vidět na obrázku 5-1

Tabulka 5-11 Směs č. 11, kamenivo z lomu Litice a RAP

zkouška č.	1	2	3	4	5	6	7	8
složení směsi (%) :								
recyklát	85	85	30	30	30	30	30	30
Litice 0/2			30	30	30	30	30	30
Litice 4/8	15	15	40	40	40	40	40	40
EMULTECH GRIP P 9	12	12	12	12	12	12	12	12
voda	8	8	8	8	8	8	8	8
cement SC 70		0.5						
vápno				0.2	0.3	0.3		0.1
Stabiram ředění 1:15						0.01	0.01	0.01
doba štěpení (sec) :	762	300	90	89	98	122	140	122
konzolidace (min) :		49				19		21
koheze (10,20,30,60)								18,20,21,22
abraze (55 %) :								1.32
abraze (100 %) :								4.89

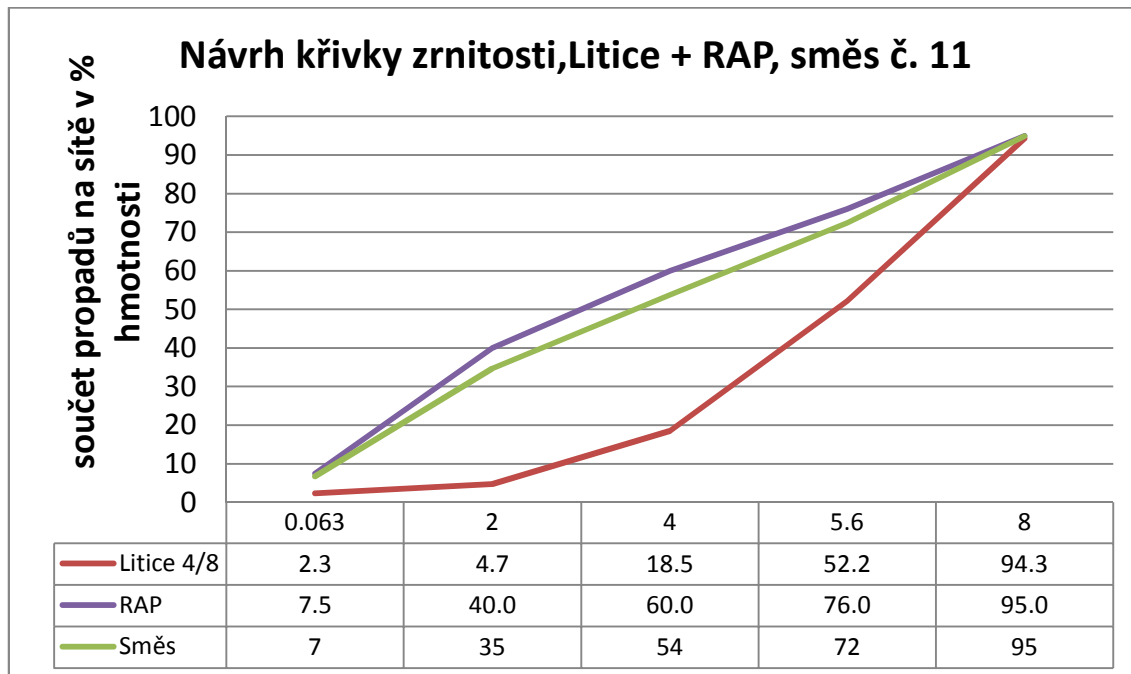


Obr. 5-1 Směs č. 1, RAP 85% a litice 15%, vpravo směs pro zkoušku konsolidace [38]

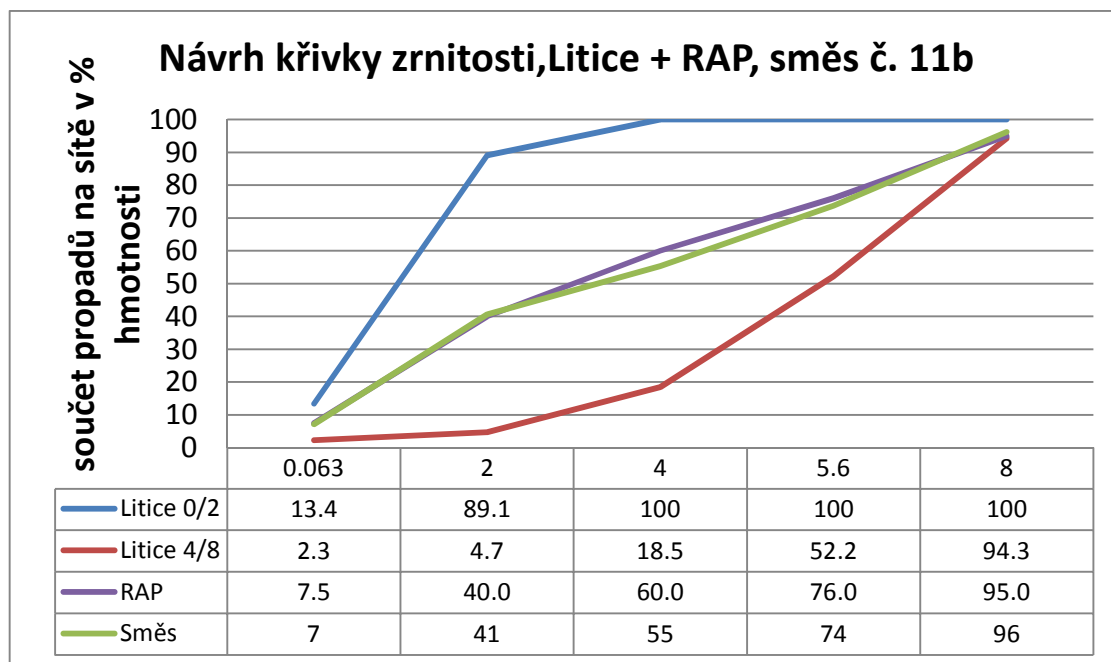
Štěpení směsi při zkoušce č. 1 nastalo po 760 vteřinách. Tato hodnota přesahuje maximální povolenou dobu štěpení 300 sekund více než dvojnásobně. Proto byl u zkoušky č. 2 přidán cement za účelem zkrácení doby štěpení. Výsledek 300 sekund je na hranici povolené v normě a i doba konsolidace směsi je s porovnáním s předchozími směsi vysoká. Z toho důvodu došlo k úpravě křivky zrnitosti a změna poměru

jednotlivých frakcí kameniva. V těchto zkouškách byl RAP zastoupen 30%.

Doby konsolidace u zkoušek č. 6. a č. 8 patří v porovnání s dalšíma směsmi k nejrychlejším.



Graf 5-11 Křivka zrnitosti EMK, Litice, čedič, RAP



Graf 5-12 Křivka zrnitosti EMK, Litice, čedič, RAP

U směsi s RAP je hůř rozeznatelná doba vyštěpení směsi a i počátek konsolidace. Přestože se směs zdá být již vyštěpení stále má určitou zpracovatelnost, přechod mezi těmito dvěma fázemi je pomalejší než u jiných směsí. Přestože jsou křivky zrnitosti téměř totožné u obou směsí, u směsi č. 11 dochází ke štěpení pomaleji, protože emulze reaguje jinak s kamenivem, které je obaleno asfaltovým pojivem (RAP), než s přírodním kamenivem. RAP má pravděpodobně stejný náboj jako asfaltová emulze.

U směsi s přídavkem RAP nedochází k takové úspoře pojiva, jako například při použití tohoto materiálu ve směsi asfaltového betonu, protože tento materiál se chová při styku s emulzí stejně jako kamenivo. Ke štěpení dochází na povrchu zrn. Pojivo použité v RAP má vliv v případě, kdy odebíráme jádrové vývrty a následně provádíme kontrolní zkoušky (například stanovení penetrace jehlou). Při této zkoušce se již po rozpuštění vzorku, kdy se smíchá pojivo z emulze s pojivem z RAP, projeví vlastnosti pojiva RAP.

Při použití RAP je vždy důležité znát křivku zrnitosti (různí výrobci používají různé drtičky – kamenivo má jinou vnitřní zrnitost frakce) a druh asfaltového pojiva. Proto je nutné příslušné zkoušky provést na daném RAP.

Úplné vyštěpení směsi (doba konsolidace) je u směsi s RAP hůř rozeznatelná, protože emulze nereaguje stejně na jednotlivých zrnech a dochází k nerovnoměrnému štěpení, proto je přechod mezi nezkonsolidovanou a zkonsolidovanou směsí pomalejší

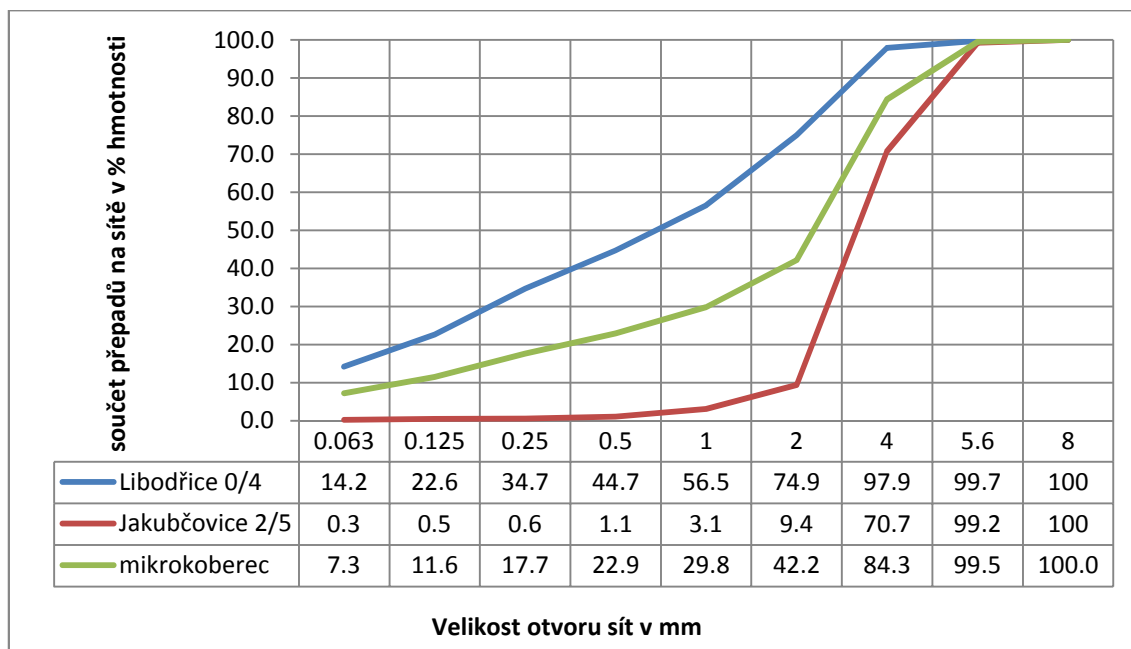
5.1.1 Barevné směsi, kationaktivní emulze na bázi asfaltu

Základní návrh směs byl totožný se směsmi používanými v praxi. Křivka zrnitosti je znázorněna v grafu 5-13. Při návrzích byly použity barevné pigmenty výrobce Precheza, a.s. Návrh křivky zrnitosti odpovídá normě ČSN EN 73 6130. Kamenivo ve směsi se skládá ze dvou frakcí, 50% směsi kameniva tvoří kamenivo z lomu Libodřice frakce 0/4 (amfibolit) a 50% tvoří kamenivo z lomu Jakubčovice frakce 2/5 (droba). Naměřené výsledky jsou vidět v tabulce 5-12.

Štěpení směsi bez použití barevných pigmentů odpovídá 240 sek., splňuje požadavek na dobu štěpení podle ČSN EN 73 6130 v rozmezí 90-300 sek. Doba konsolidace směsi je 30 minut.

Tabulka 5-12 Návrhy směsí s použitím barevných práškových pigmentů

zkouška č.	1	2	3	4	5	6
složení směsi (%) :	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5
Libodřice 0 / 4	50	50	50	50	50	50
Jakubčovice 2 / 5	50	50	50	50	50	50
EMULTECH GRIP P 9	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
voda	8	8	8	8	8	10
vápno	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
vlákno	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
stabiram						0.01
původní červené		3				
červené TP 200			3			
zelené G 820				3		
červené TP 303					3	
žluté Y 710						3
doba štěpení (sec) :	240	224	215	210	210	99
konzolidace (min) :	30	22	23	20	22	18
abraze (55 %) :					7.04	rozpadá se
abraze (100 %) :					21.98	rozpadá se



Graf 5-13 Návržená křivka zrnitosti pro mikrokoberec s přísadou barevných pigmentů

Přídavek obsahu barevných pigmentů odpovídal 3% hmotnosti ve směsi a pro všechny odstíny byl stejný. Doba štěpení u barviv TP200 (červená), G820 (zelená), TP303 (červená) se průměrně snížila o 12% oproti původní hodnotě 240 sek. Pouze u směsi se žlutým barvivem Y710 bylo nutné použít ratardér Stabiram k prodloužení doby štěpení na normou požadované rozmezí a bylo nutno opravit procentuální obsah vody ze směsi na 10%. Použité množství vody neodpovídá požadavku normy ČSN EN 73 6130, která stanovuje maximální množství na 8%. Rovněž doba konsolidace se snížila v průměru o 20% oproti původní směsi. Doby konsolidace a štěpení „barevných“ směsí se změnilo příznivě. Zejména doby konsolidace 20minut jsou příznivější z důvodu dřívějšího uvolnění provozu po pokládce.

Na obrázku 5-2 vidíme tělesa pro zkoušku konsolidace směsi před konsolidací směsi. Na obrázku 5-3 jsou stejné směsi po konsolidaci.



Obr. 5-2 Směsi s přídavkem žlutého pigmentu Y710 a červeného TP 200 (před konsolidací) [38]



Obr. 5-3 Směsi s přídavkem žlutého pigmentu Y710 a červeného TP 200 (po konsolidaci) [38]

Směsi už nemají tak výraznou barvu. Fotka na obrázku 5-3 byla focena s několikadenním zpožděním. Barvivo se špatně zapravuje do směsi. Po konsolidaci ztrácí výrazně barvu, můžeme vidět ostrůvky nespojeného barviva.

Návrhy č. 5 a č. 6 byly vybrány ke zkoušce opotřebení.

5.1.2 Závěr v oblasti zkoušek štěpitelnost a konsolidace

Z celkového počtu navržených směsí (celkem 13) včetně dvou směsí s přidavkem barevných pigmentů (směsi 12 a 13), jedné směsi s přidavkem RAP (směs11) nakonec vyhovělo normovým požadavkům 7 směsí. Výsledky zkoušek těchto směsí je vidět v tabulce 5-13 a grafu 5-14

Všechny vybrané směsi splňují kritérium na dobu štěpení směsi, která má být podle ČSN EN 73 6130 v rozmezí 90-300 sek. Požadavek na konsolidaci EMK je stanoven podle znovuotevření úseku dopravě stanoven na 20 minut. Tomuto požadavku vyhovují směsi z kameniva Svrčovec, Litice, Litice s přidavkem RAP a směsi s červeným pigmentem z kameniva z lomů Libodřice a Jakubčovice.

Tabulka 5-13 Směsi splňující normové požadavky (štěpení a konsolidace) na použití v EMK

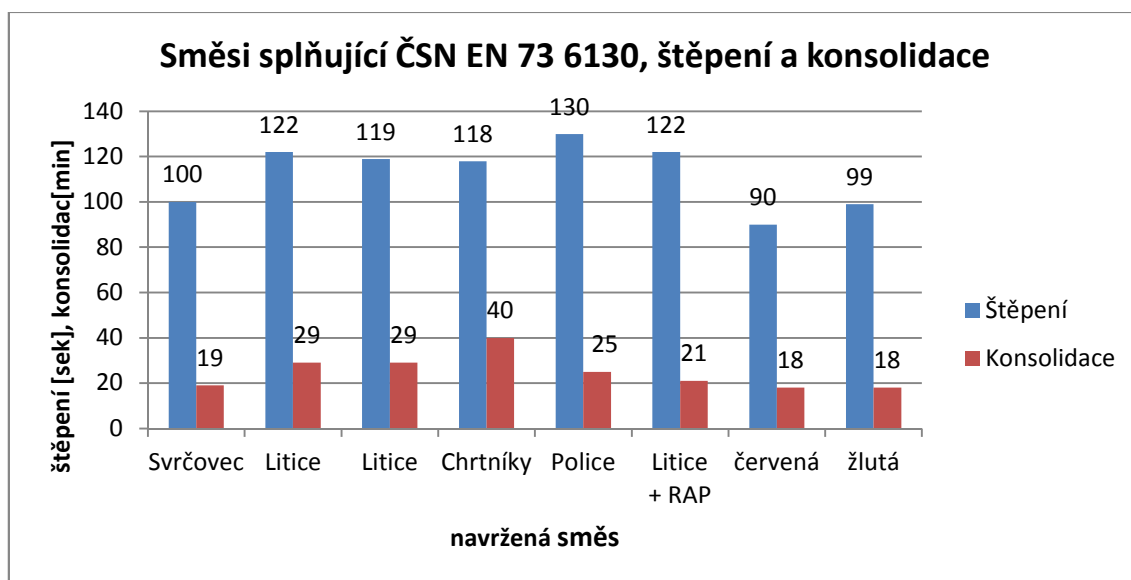
Číslo smě	Kamenivo	Hornina	Zrnitost	Křivka zrn.	Štěp.	Konsol.	Koheze	Opotřebení	
					[sec]	[min]	[lb.in]	[55%]	[100%]
2	Svrčovec	metadroba	0/4	s	100	19	21	6.8	10.8
4	Litice	spilit	0/4	s	122	29	21	0.51	10.14
5	Litice	spilit	0/8	p	119	29	21	0.54	1.25
6	Chrtníky	diabas	0/8	s	118	40	21	6.3	13.6
7	Police	rula	0/8	p	130	25	23	0.6	1.32
11	Litice + RAP	spilit + RAP	0/8	s	122	21	22	1.32	4.89
12	červená	amfibolit +droba	0/5	s	90	18	-	7	22
13	žlutá	amfibolit +droba	0/5	s	99	18	-	rozpadá	rozpadá

Pozn. Zrnitost *s* znamená křivka s plynulou čarou zrnitosti, *p* přerušená č. zrnitosti

Směsi z kameniva z lomů Litice tento požadavek překračují o 9 minut a o 5 minut v případě lomu Police. Nejvyšší dobu konsolidace má směs navržená z kameniva

z lomu Chrtníky a to 40 minut. Tyto doby konsolidace směsí jsou však nadále uplatnitelné v silničním stavitelství, protože v normě ČSN EN 73 6130 je uvedena jako maximální doba uvedení do provozu jedna hodina po domluvě mezi objednavatelem stavby a zhotovitelem.

U některých směsí nemá vápno na dobu štěpitelnosti vliv nebo jeho nepřítomnost dobu štěpení dokonce prodlouží (směs č. 1). Toto je dáno chemickou reakcí mezi komponenty směsí. Ne všechny kameniva mají stejné chemické složení, protože jsou rozdílného původu a skládají se z různých minerálů, platí i pro RAP. I v těchto případech se doporučuje vápno v minimálním množství přidávat z důvodu zvýšení soudržnosti směsi, kterou právě přítomnost vápna zvyšuje.



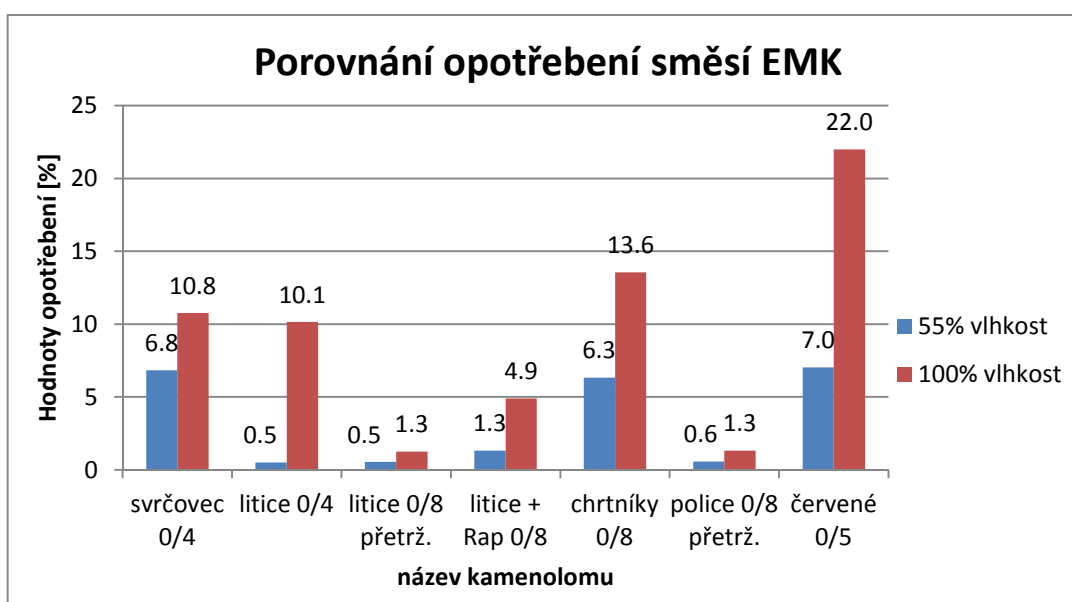
Graf 5-14 Porovnání časů štěpení a konsolidace směsí splňující normové požadavky

Při zkouškách štěpitelnosti některých směsí kameniva ve frakci s vysokým podílem drobného kameniva $D \leq 2\text{mm}$ bylo vidět, že navlhčení kameniva nebylo v takové míře, v jaké by mělo být. Po nalití emulze do kameniva dochází proto k rychlejšímu vyštěpení. V některých směsích by bylo vhodné zvýšit tedy procentuální zastoupení vody ve směsi z 8% na 9% nebo až na 10%. DOT Maine, York, Georgia umožňuje pro návrh směsi použít až 10%, Oklahoma 9% a Kansas, Minnesota dokonce podle požadavku technologa. Z tohoto důvodu by bylo vhodné upravit maximální povolené množství vody ve směsi, které udává ČSN EN 73 6130 [1], [30]

5.2 Výsledky zkoušek stanovení opotřebení

Z naměřených hodnot vyplývá, že pokud je vzorek po dobu svého zrání (16hod.) vystaven v prostředí se 100% vlhkostí tak se opotřebení zvyšuje několásobně oproti prostředí s 55% vlhkostí. V tomto je rozdíl ve vlastním měření oproti normě ČSN EN 12274-5 Stanovení opotřebení, protože norma uvádí postup vytvrzení vložením zkušebního vzorku do pece při teplotě 60°C do dosažení konstantní hmotnosti. Při vlastním měření jsou tedy na směs kladeny přísnější nároky, zejména při zrání vzorku v prostředí se 100% vlhkostí. Tyto podmínky mají za účel simulovat co nejméně příznivé podmínky, které mohou po pokládce nastat a to je dešť. Postup uvedený v normě jde směrem spíše opačným. Výsledky zkoušek opotřebení jsou zobrazeny v grafu 5-15

Norma ČSN EN 12274-5 Stanovení opotřebení, podle které se provádí vlastní zkouška, neuvádí žádné konkrétní hodnoty na maximální opotřebení směsi (ztrátu kameniva), výsledky se zapisují hodnotou ztráty hmotnosti po zkoušce v gramech, popřípadě po přepočtu v g/m². ČSN EN 73 6130 stanovuje v odstavci 7.5.1 technologický úlet kameniva v celkovém množství 10% použitého kameniva. [30]



Graf 5-15 Porovnání hodnot opotřebení navržených směsí

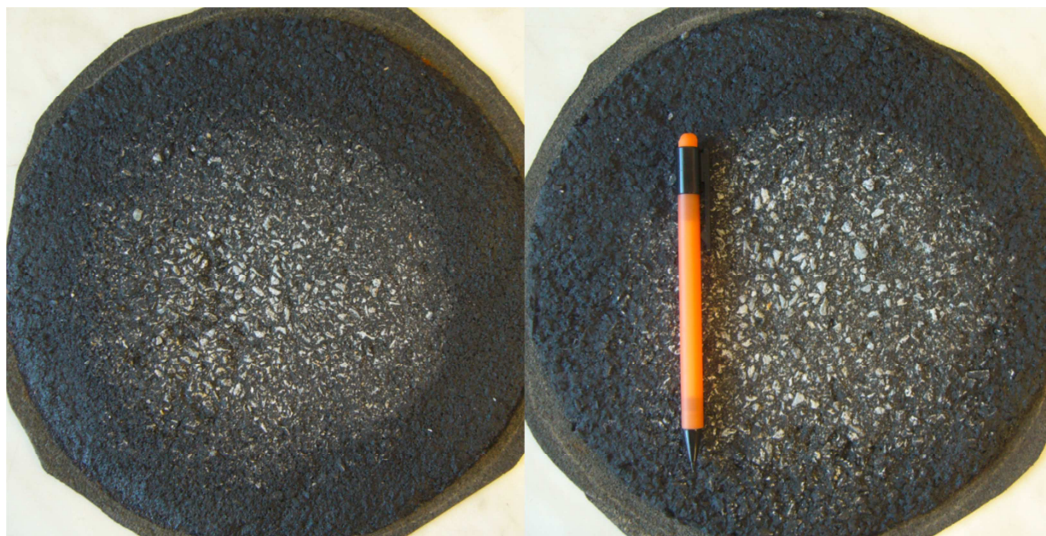
Z výsledných směsí mají nejmenší hodnotu opotřebení směsi s navrženou přetržitou čarou zrnitosti směs 5 z kameniva lomu Litice frakce 0/8 a směs č. 7

z kameniva z lomu Police frakce 0/8. U těchto směsí je rozdíl mezi hodnotami opotřebení zkušebních vzorků temperovaných v prostředí s 55% vlhkostí a 100% vlhkostí dvojnásobný ale obě hodnoty jsou extrémně nízké 1.3 gramu za 100% vlhkosti a značí velmi dobrou odolnost těchto směsí proti opotřebení i za nepříznivých klimatických podmínek. Vzorky po zkoušce opotřebení jsou vidět na obrázku 5-4. Těleso vlevo bylo temperováno v prostředí s 55% vlhkostí, těleso vpravo při 100% vlhkosti. Na obou tělesech je vidět, že opotřebení směsi je zanedbatelné, povrch zůstal zcela kompaktní.



Obr. 5-4 Zkušební tělesa po zkoušce opotřebení, směs č. 7, Police, přetržitá křivka zrnitosti [38]

Směs č. 4, kamenivo z lomu Litice, navržené frakce 0/4 a plynulé křivky zrnitosti má rovněž velmi nízké hodnoty opotřebení při temperování v 55% vlhkosti srovnatelné se směsí č. 5 s přetržitou čarou zrnitosti (0.5 gramu). Rozdíl nastává až při temperování vzorku při 100%, kdy je nárůst opotřebení u směsi č. 4 desetinásobný na hodnotu 10.1 gramu. Vzorky po zkoušce opotřebení jsou vidět na obrázku 5-5



Obr. 5-5 Zkušební tělesa po zkoušce opotřebení, směs č. 5, Litice, plynulá křivka zrnitosti [38]

Na tělese vlevo temperovaném při 55% vlhkosti je vidět úbytek směsi v malém množství 0.54 gramu. Na těleso vpravo, temperované v 100% vlhkosti, jsou již vidět lokální ztráty hmoty, celková ztráta 10.14 gramů je stále akceptovatelná hodnota.

Směsi č. 2 Svrčovec 0/4 a č. 4 Chrtníky 0/8 se spojitou čarou zrnitosti vykazují zhruba dvojnásobné zvýšení opotřebení během temperování vzorku v 100% vlhkosti. Vzorky směsi č. 6 jsou vidět na obrázku 5-6. Vzorek vlevo, temperovaný v 100% vlhkosti, vykazoval největší úbytek materiálu, v porovnání s ostatními směsi bez užití barevných pigmentů, ze směsi 13.6 gramu.



Obr. 5-6 Zkušební tělesa po zkoušce opotřebení, směs č. 6, Chrtníky, plyn. křivka zrnitosti [38]

Směs s přídavkem R materiálu č. 11 rovněž vykazuje dobré hodnoty opotřebení při 100 % pouze 4,9 gramu. Směs má nejnižší hodnoty opotřebení při 55% i 100% vlhkosti než zbývající navržené směsi se spojitou křivkou zrnitosti.

Směsi č. 12 a 13 jsou navrženy ze dvou frakcí kameniva z lomu Libodřice a Jakubčovice s výslednou zrnitostí 0/5. Do obou směsí bylo přidáno barvivo, barva červená práškový pigment na bázi železa s označením TP 200 a žlutý s označením Y-710. Směs s přídavkem pigmentu TP200 vykazuje při 55% přibližně stejné hodnoty opotřebení jako směs z lomu Svrčovec a Chrtníky. Při temperaci ve 100% je nárůst opotřebení třináásobný a činí 22 gramů - nejvyšší hodnota. Tuto směs bych nedoporučil použít při pokládce z výhledem nepříznivých klimatických jevů. Porovnání opotřebení směsi 12 při vlhkosti 55% a 100% je vidět na obrázku 5-7. Na obrázku vpravo je vidět zřetelný úbytek materiálu, došlo k výraznému poškození vzorku a vylamování kameniva ze směsi. Hodnoty ztráty hmoty do 25 gramů z hmotnosti jsou stále akceptovatelné.



Obr. 5-7 Směs 4. 12 s pigmentem TP 200, temperování 55% a 100% vlhkost (vpravo) [38]

U směsi č. 13 nastala úplná degradace zkušební vzorku. Vzorek se rozpadl během vlastní zkoušky jak při 55% tak i při 100% vlhkosti, obr. 5-8. Vpravo připravené komponenty pro výrobu zkušební tělesa na zkoušku opotřebení, před smícháním s emulzí.



Obr. 5-8 Směs š. 13 s přidavkem žlutého pigmentu, podmínky temperování 55% a 100% vlhkost [38]

5.2.1 Závěr v oblasti zkoušek opotřebení

Během zkoušek bylo zjištěno, že směsi s navrženou přetržitou čarou zrnitosti vykazují, lepší odolnost proti opotřebení směsi. Tento rozdíl se nejvíce projeví při temperaci vzorku v prostředí 100% vlhkosti.

Dále na opotřebení směsi má výrazný vliv přidavek barevného pigmentu. U směsí byl zaznamenán výrazný nárůst opotřebení při temperaci 100% vlhkosti. Ztráta hmotnosti je u směsi s červeným barvivem téměř dvojnásobná oproti směsím bez barviva a činí 22 gramů. Žluté barvivo je pro použití v EMK naprosto nevhodné, během zkoušky dojde k rozpadu směsi, jak je vidět na obr. 5-8 Barva se nespojí s emulzí, což je možná příčina rozpadu vzorku. Barvivo komponenty spíše odděluje. Směsi s přidavkem barevných pigmentů se v praxi používají spíše na komunikacích s nižší intenzitou provozu, kde nedochází k takovému zatěžování vrstvy.

5.3 Výsledky zkoušek stanovení koheze

Podrobné výsledky koheze směsí jsou zobrazeny v tabulce 5-14 a grafu 5-16

Tabulka 5-14 Výsledky koheze směsí

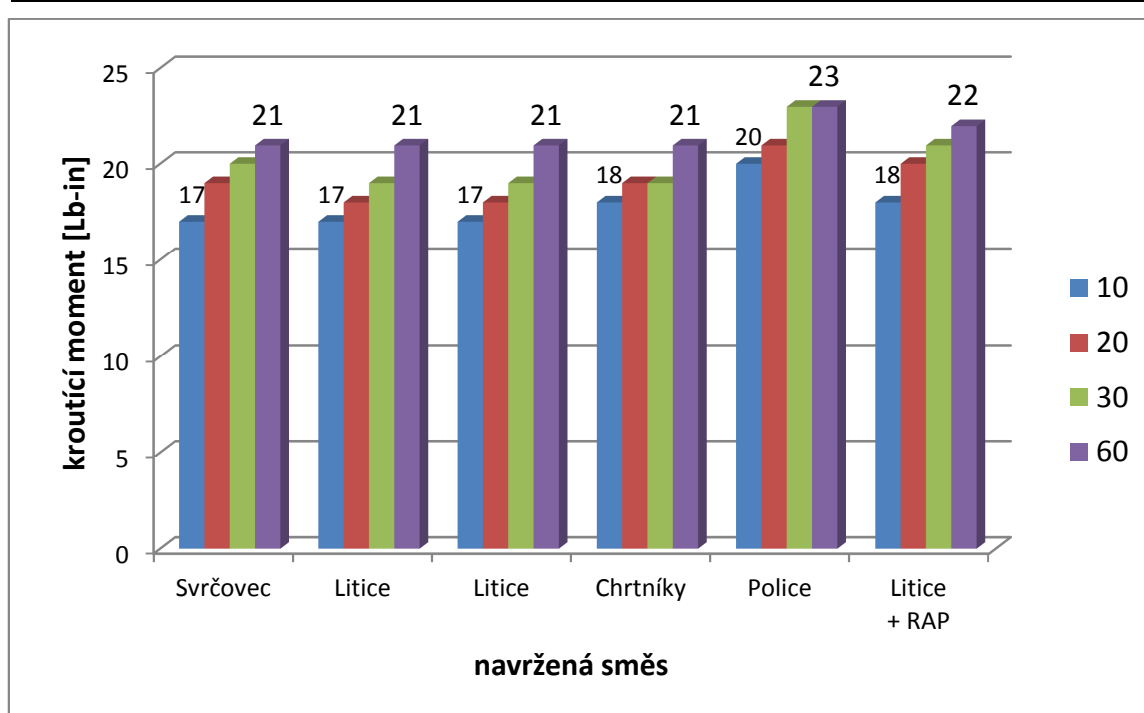
kamenivo	10	20	30	60
Svrčovec	17	19	20	21
Litice	17	18	19	21
Litice	17	18	19	21
Chrtníky	18	19	19	21
Police	20	21	23	23
Litice + RAP	18	20	21	22

Pozn. Koheze je uvedena v jednotkách Lb – in. 1 Lb – in odpovídá 0.113 Nm. [27]

Z naměřených výsledků vyplývá, že hodnoty krouticího momentu (koheze směsí) rostou s přibývajícím časem u všech navržených směsí. Počáteční hodnoty koheze jsou u všech směsí téměř totožné, jediný rozdíl byl shledán u směsi vyrobené z kameniva Police, kde je vysoká počáteční hodnota koheze 20 Lb-in. Směsi z kameniva z lomů Svrčovec, Litice, Chrtníky mají stejnou dobu koheze po 60 minutách od konsolidace. Kamenivo z lomu litice s přídavkem RAP dosáhlo hodnoty 22 Lb-in.

Nejlepší hodnotu vykazalo kamenivo z lomu Police s hodnotou 23 Lb-in a to již po 30 minutách. Požadavky na hodnoty koheze směsí nejsou v normě ČSN EN 73 6130 stanoveny. Požadované hodnoty si stanovuje sám zhotovitel.

Aby mohlo dojít k porovnání výsledků je vždy nutné, aby zkoušky prováděl jeden zkušený pracovník.



Graf 5-16 Porovnání koheze jednotlivých směsí

5.4 Barevné směsi, emulze Katebit Prokolor®

První návrh směsi byl proveden z kameniva Jakubčovice frakce 2/5 a kameniva Libodřice frakce 0/4, vápna a oxidu železa v zelené barvě s výrobním označením G820. Návrh křivky zrnitosti, obsah vody a přísad odpovídá směsi používané firmou Eurovia a.s. v praxi. Celkem bylo provedeno 9 návrhů směsí s různými přísadami a s úpravami křivek zrnitosti. Navržené směsi jsou popsány v tabulce 5-15.

Směs 1

Při použití frakce drobného kameniva $D \leq 2$ mm v procentuálním zastoupení 42.1% propadu dojde při styku emulze a kameniva k okamžitému vyštěpení emulze a směs je okamžitě po smíchání nezpracovatelná. V navržené směsi bylo použito 8% vody. Vzhledem k použité frakci 0/5, kde je zastoupení jemných částic (≤ 0.063) 7.25% , bylo množství vody odpovídající a došlo k dostatečnému navlhčení kameniva. Směs je při použití 1% práškového barviva dostatečně probarvena. Vyštěpená směs je vidět na obrázku 5-6.

Tabulka 5-15 Návrhy směsí s použitím syntetické emulze Katebit, PH 6.3

	číslo směsi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frakce	0 - 5	1 - 5	1 - 5	2 - 5	2 - 5	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4
Libodřice	50	50	50			100	100	100	100
Jakubčovice	50	50	50	100	100				
emulze Katebit	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	10
voda	8	8	8	5	4	3			
vápno	0.15	0.15	0.15		0.2				
vlákno	0.1	0.1	0.1						
stabiram			0.05					0.1	0.1
barv. G 820	1	1	1	1	1		1		
cem. SC 70									0.15
Štěpení	ihned	ihned	ihned	neštěpí	neštěpí	neštěpí	neštěpí	neštěpí	ihned



Obr. 5-9 Směs 1 po vyštěpení [38]

Směs 2

Došlo k úpravě křivky zrnitosti s vyloučením drobného kameniva o velikosti $D \leq 1\text{mm}$. Obsah vody v navržené směsi byl 8%. Obsah vody je v této směsi možno snížit z důvodu chybějící frakce 0/1. Směs vyštěpila okamžitě po smíchání komponentů. Při použití frakce 1/5 je výsledná směs zřetelně zelenější, to je dáno důsledkem menšího celkového měrného povrchu kameniva.

Směs 3

Do směsi byla přidána přísada regulující dobu štěpení Stabiram v množství 0,05%, který je používán ve směsích s pojivem na bázi asfaltu k prodloužení doby štěpení. Rychlost štěpení nebyla vůbec ovlivněna. Ke štěpení dojde okamžitě. Při styku emulze s vlákny tyto vlákna na sebe vážou emulzi a dochází k vytváření shluků okolo vláken. Proto není vhodné vlákna při použití této emulze do směsi přidávat.

Směs 4

Další návrh směsi byl z frakce kameniva 2/5 Jakubčovice. V návrhu nebyly použity vlákna ani přísady zpomalující dobu štěpení Stabiram nebo vápno. V tomto případě jsme zvolili snížit dávku vody v emulzi z 8% na 5% z důvodu chybějící frakce drobného kameniva $D \leq 2$ mm. Při tomto snížení stále dochází k dostatečnému navlhčení kameniva a i nadále je možné obsah vody snižovat. Po smíchání emulze s navrženou směsí nedochází ke štěpení emulze. Po smíchání kameniva a emulze nedošlo k vyštěpení směsi a za stálého míchání potřebného k rozlišení vyštěpení směsi (zpracovatelnosti) vznikla lepkavá pěna.



Obr. 5-10 Směs 4, nevyštěpená směs [38]

Směs bylo možno promíchávat i po uplynutí doby 30 minut. Je možné, že k vyštěpení emulze došlo na povrchu jednotlivých zrn kameniva a nedošlo ke spojení, jak se tomu děje při použití emulze na bázi asfaltových pojiv.

K výrazné změně konzistence nedojde ani po následném přidání vápna (přidáno 10g) a ani po přidání jemného kameniva frakce 0/1 v hmotnosti 45g. Z toho lze usuzovat, že zásadní vliv na štěpení směsi má prvotní návrh (chemická reakce) a následné přidání přísad po zamíchání komponentů nemá na štěpitelnost vliv.

Směs 6,7,8

Další návrh směřoval k postupnému snižování obsahu vody ve směsi. Postupně se došlo k návrhu směsi složené z kameniva frakce 1/4, a 1 gramu barviva. Tím bylo dokázáno, že voda ve směsi nemá na štěpitelnost žádný vliv, protože i v tomto případě dojde k dostatečnému obalení kameniva emulzí a ani tak nedojde ke štěpení.

Směs 9

Přidáním 0.15% cementu SC 70 dojde k okamžitému vyštěpení emulze.

Úprava PH syntetické emulze

V dalším návrhu bylo přistoupeno ke snížení PH emulze přidáním kyseliny chlorovodíkové, výsledná kyselost emulze PH=3,6. V návrzích bylo ustoupeno od použití vody, dále jsou zkoušky prováděny na jedné frakci kameniva k zajištění porovnatelnosti jednotlivých návrhů. Navržené směsi jsou v tabulce 5-16.

Tabulka 5-16 Návrhy směsi s použitím syntetické emulze Katebit, PH 3.6

	číslo směsi						
	10	11	12	13	14	15	16
Frakce	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4
Libodřice	100	100	100	100	100	100	100
emulze Katebit	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
vápno							
vlákno							
stabiram						0.1	0.5
barvivo G 820		0.1			0.5	0.5	0.5
barvivo TP 200			0.1				
barvivo FS				0.1			
Štěpení	neštěpí	neštěpí	ihned	neštěpí	neštěpí	neštěpí	neštěpí

Změna kyselosti neměla na dobu štěpení zřetelný vliv, to je zřejmé při porovnání směsi č. 6 a č 10, ani v jednom případě nedojde k vyštěpení.

Zajímavé se jeví porovnání **směsí 11,12,13**, kde bylo použito stejné množství

jednotlivých práškových pigmentů. Pigmenty G820 (zelený) a FS (bílý) neměly na chování směsi žádný vliv a při použití pigmentu TP 200 (červený) došlo k okamžitému vyštěpení směsi. Na obrázku 5-11 je znázorněno porovnání chování směsi vyštěpená červená-nevyštěpená žlutá.



Obr. 5-11 Porovnání směsí 12 – pigment TP200 a 13 – pigment FS (vlevo)

Směs 15,16

Ověření vlivu přísady Stabiramu, přísada nemá na dobu štěpení žádný vliv. Nevíme jaké další stabilizátory a chemické přísady byly při návrhu pracovníky firmy Paramo, a.s. použity proto nemůžeme provést dostatečně uspokojivý návrh.

Další návrhy spočívaly v navyšování procentuálního zastoupení jemného kameniva za ověření předpokladu vlivu měrného povrchu kameniva na rychlost štěpení. Návrhy zobrazeny v tabulce 5-17.

Směs 17,18

Došlo ke změně návrhu křivky zrnitosti směsi navýšením podílu jemných částic. Ani tato úprava nevedla k lepším výsledkům. Směs opět nevyštěpila. A při míchání vznikala lepkavá pěna

Směsi 19,20,21

Vliv na štěpitelnost směsi má i nepatrné množství jemných částic. Směs 21 obsahovala pouze 0,5 % hmotnosti frakce 0/0.25 a přesto směs okamžitě vyštěpila.

Tabulka 5-17 Návrhy směsi s použitím syntetické emulze Katebit, PH 3.6

	Použité fr.	číslo směsi				
		17	18	19	20	21
Frakce		0,5 - 4	0,25 - 4	0 - 4	0 - 4	0 - 4
Libodřice	0-4	100	100			
Libodřice	0 - 0,25			5	2	0.5
Libodřice	0,25 - 4			95	98	99.5
emulze Katebit		12.6	12.6	12.6	12.6	12.6
vápno						
vlákno						
stabiram						
barvivo G 820			0.1	0.1	0.1	0.1
Štěpení		neštěpí	neštěpí	ihned	ihned	ihned

5.4.1 Závěry v oblasti použití syntetické emulze

Z předchozích zkoušek vyplývají pouze dva nevyhovující výsledky, směs nevyštěpí vůbec a to ani po delším časovém horizontu (30 minut) nebo dojde k okamžitému vyštěpení, nedojde ke spojení komponentů směsi. V obou případech je zřejmá nepoužitelnost směsi k praktickému použití. K dalšímu postupu by bylo nutné znát chemické složení syntetické emulze Katebit Prokolor, aby bylo možno provést kvalifikovanější návrh. Žádný s postupů známý při použití emulze na bázi asfaltu nefungoval, ať už se jednalo o přidání přísad regulující dobu štěpení, změna návrhu křivky zrnitosti nebo změna obsahu vody ve směsi.

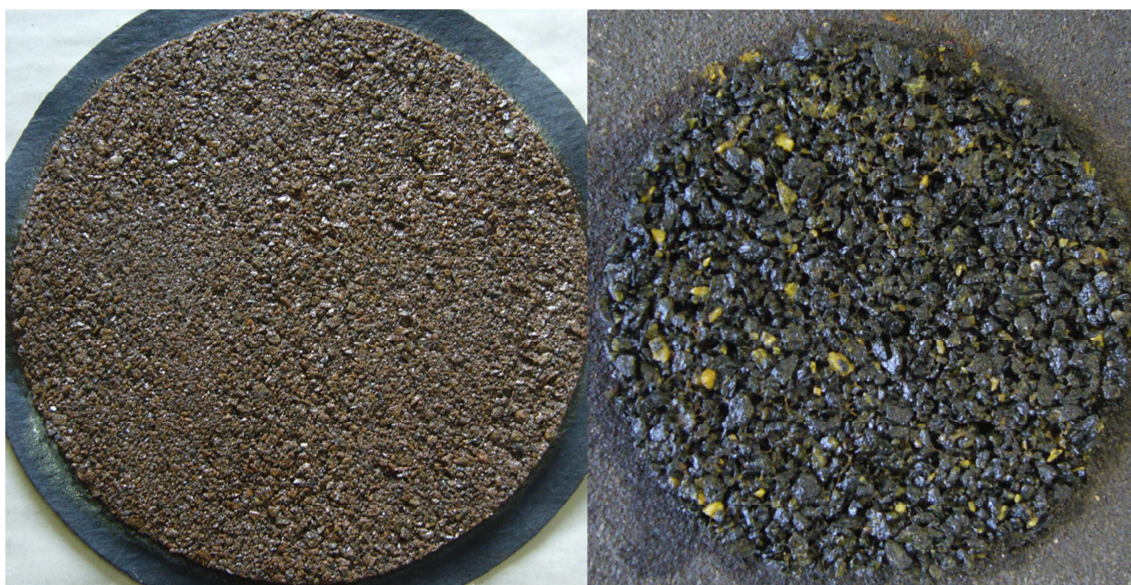
Na obrázku 5-12 je vidět zásadní rozdíl mezi směsmi bez použití pigmentů. Směs firmy Paramo, a.s. je odstínu červeno-hnědého, směs je zkonsolidovaná, kompaktní a vytvrzená. Směs vlastního návrhu bez barviv se jeví spíše jako černá. Směs je měkká a nevytvrzená povrch je stále po 24 hodinách lepkavý.

Poznatky k použití syntetické emulze:

- Voda ve směsi nemá vliv na chování
- Použití syntetických vláken nevhodné (dochází k vázání emulze a tvoření shluků zabraňující promíchání směsi)
- Nebyl prokázán vliv retardéru Stabiram na chování směsi
- Zásadní vliv na štěpení emulze má použití jemných částic kameniva

- Dodatečné přidání jemného částic kameniva štěpení směsi již neovlivní

U směsi je dále problematické definovat, kdy je směs již nezpracovatelná. U klasických emulzí je tato fáze jasně zřetelná při míchání směsi, kdy dochází k postupnému nárůstu odporu při míchání, až směs nejde míchat vůbec, nemá zpracovatelnost. U syntetické emulze k tomuto nedochází. Směsi, jež se nevyštěpí ihned po smíchání komponentů po delší době (desítky minut) vytvoří na povrchu krustu. Po znovu zamíchání má směs opět určitou zpracovatelnost.



Obr. 5-12 Porovnání bezbarvých směsí, vlevo směs Paramo, a.s., vpravo vlastní návrh

Další zjištěný problém v případě syntetické emulze nastává při zkoušce konsolidace. Při použití asfaltové emulze, se po rozprostření směsi na nepropustný poklad do kroužku, stanoví doba konsolidace podle doby oddělování jednotlivých fází emulze. Příkladá se filtrační papírek k povrchu směsi. Ukončení konsolidace nastává ve chvíli, kdy na papírku neulpívá žádné kamenivo s pojivem ani pojivo samotné, pouze voda. V případě syntetických emulzí by bylo nutné stanovit metodu, jak tuto hodnotu určit jiným způsobem. Při štěpení syntetické emulze se z povrchu vzorku žádná voda neuvolňuje.

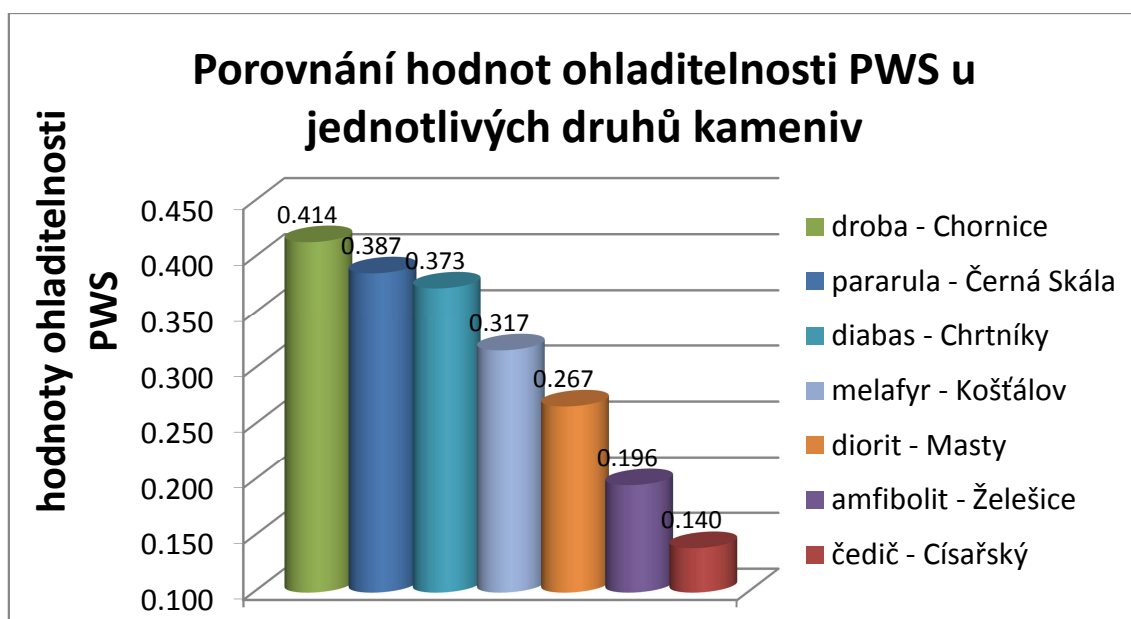
Směs po 24 hodinách se jeví jako zkonsolidovaná. Směs je stále měkká a na povrchu lepkavá, obrázek 5-12. Provedení zkoušky koheze podle ČSN EN 12274-4 není možné. Při otočení momentovým klíčem by došlo k vytržení směsi a celé její degradaci. Podobné je to u zkoušky opotřebení.

Závěrem k syntetické emulzi Katebit Prokolor® lze říci, že do směsi emulzního mikrokoberce se musejí přidat další přísady (tvrdidla, přísady ovlivňující dobu štěpení), které umožní návrh směsi podle ČSN EN 73 6130. Bez známého chemického složení jsme nebyli schopni tohoto dosáhnout. Námí navržené směsi byly pro použití v praxi nefunkční. Firmě Paramo, a.s. se podařilo docílit návrhu směsi, kde byly provedeny zkouška opotřebení, a výsledek se zdál být uspokojivý, bohužel opět nevíme po jaké době byla zkouška provedena a za jakých podmínek byly vzorky před zkouškou temperovány, viz kapitola 4.2. Bližší charakteristiky, zejména doba štěpení a konsolidace, která je pro použití v praxi rozhodující, nám nebyly sděleny. Zde popsané vzorky emulzní směsi s použitím syntetické emulze jsou pouze laboratorně vyrobené vzorky, směs se nevyrábí průmyslově.

6 ZKOUŠKY STANOVENÍ OHLADITELNOSTI

Cílem zkoušek bylo ověřit korelaci mezi hodnotami PWS a hodnotami PSV ohladitelnosti. Měření bylo zaměřeno na kameniva, která mají potencionální použití při provádění technologie mikrokoberců. Pro měření bylo zvoleno celkem 7 kameniv různého původu. Ve vzorcích jsou zastoupeny všechny typy horniny podle jejich vzniku. Dělí se na základní kategorie: usazené (sedimentované), přeměněné (metamorfované) a vyvřelé (magmatické). Vlastní měření ohladitelnosti podle Wehner/Schulze bylo provedeno v laboratoři Technické Univerzity ve Vídni. Kamenivo bylo pojížděno standardně 90 000 pojezdy. Srovnávací měření hodnot ohladitelnosti PSV bylo provedeno v silniční laboratoři VUT Brno.

Výsledky zkoušek ohladitelnosti jsou zobrazeny v grafu 6-1.



Graf 6-1 Porovnání hodnot ohladitelnosti PWS

Při porovnání ohlazení vzorků jsou rozdíly rozpoznatelné pouhým okem, obr 6-1. Na obrázku vlevo vidíme čedič z lomu Císařský. Ohlazené kamenivo po obvodu se zřetelně leskne. Hodnoty ohladitelnosti podle Wehner/Schulze má toto kamenivo

nejnižší. Hodnota ohlazení (průměr ze dvou měření) 0.140 PWS je téměř o 3x nižší, než hodnota 0.414, která byla naměřena na kamenivu z lomu Chornice – droba, na obrázku vpravo, kde je ohlazení minimální. Při použití kameniva, z lomu Císařský, menší frakce hodnota ohladitelnosti sice vzroste z důvodu více třecích hran menšího kameniva i přesto je toto kamenivo do obrusných vrstev nevhodné při použití samotné z důvodu vysoké ohladitelnosti.



Obr. 6-1 Porovnání stupně ohlazení čediče Císařský (vlevo) a droby Chornice (vpravo) [38]

Stanovení ohladitelnost vzorku EMK odebraného z komunikace I/32

Jeden ze vzorků byl odebrán z komunikace I/32, Poděbrady – Jičín. Obrusná vrstva byla zhotovena technologií emulzního kalového zákrytu. Jednalo se o jednovrstvý emulzní mikrokoberec s obchodním názvem Gripfibre® s přetržitou křivkou zrnitosti. Složení směsi mikrokoberce bylo navrženo s přetržitou křivkou zrnitosti ze dvou frakcí kameniva. Drobné kamenivo frakce $D \leq 2$ mm tvořil amfibolit (Libodřice) a hrubé kamenivo frakce 4/8 tvořila Droba (Jakubčovice). Zkouška typu mikrokoberce je uvedena v příloze

Rozměry vývrtu odpovídají rozměrům těles složených z kameniva v laboratoři tedy 225 mm v průměru. Na vrtání je nutno použít atypický rozměr korunky 225 mm, při použití vzorku menšího průměru by nedošlo k ohlazení mezikruží a vzorky by nebylo ani možné do zkušebního přístroje upevnit.

Na obrázku 6-2 je znázorněn postup upevnění do formy. Postup čítá celkem šest fází. V první fázi je vzorek (z jádrového vývrtu nebo ze skládaného kameniva) položen na podložku ohlazovanou stranou dolů. Ve fázi dvě a tři je po obvodu a na dolní podstavu připevněna guma za účelem dokonalého přilnutí dalších částí formy při

vystředování vzorku. Ve fázi čtyři se přikládá kovová kruhová deska na spodní podstavu vzorku. Při fázi pět se přikládají bočnice. Při fázi šest dojde k přiložení spodní podstavy formy. V této podstavě jsou instalovány čtyři rektifikační šrouby, které postupným utahováním doléhají na kruhovou desku instalovanou ve fázi čtyři a vyrovnávají tím pozici vzorku vůči podložce. Po dostatečném utahení je vzorek vystředěn a připraven pro podstoupení ohlazování.



Obr. 6-2 Postup uložení vzorku do formy W/S [38]

Foto z odběru vzorku ze silnice I/32 je vidět na obrázku 6-3 a 6-4.

Na obrázku 6-4 vidíme odvrtný vzorek. Před vlastní zkouškou je nutné vzorek uříznout na tloušťku 3 cm až 5 cm z důvodu upevnění do přístroje.



Obr. 6-3 Odběr jádrového vývrtu pro zkoušku Wehner/Schulze [38]



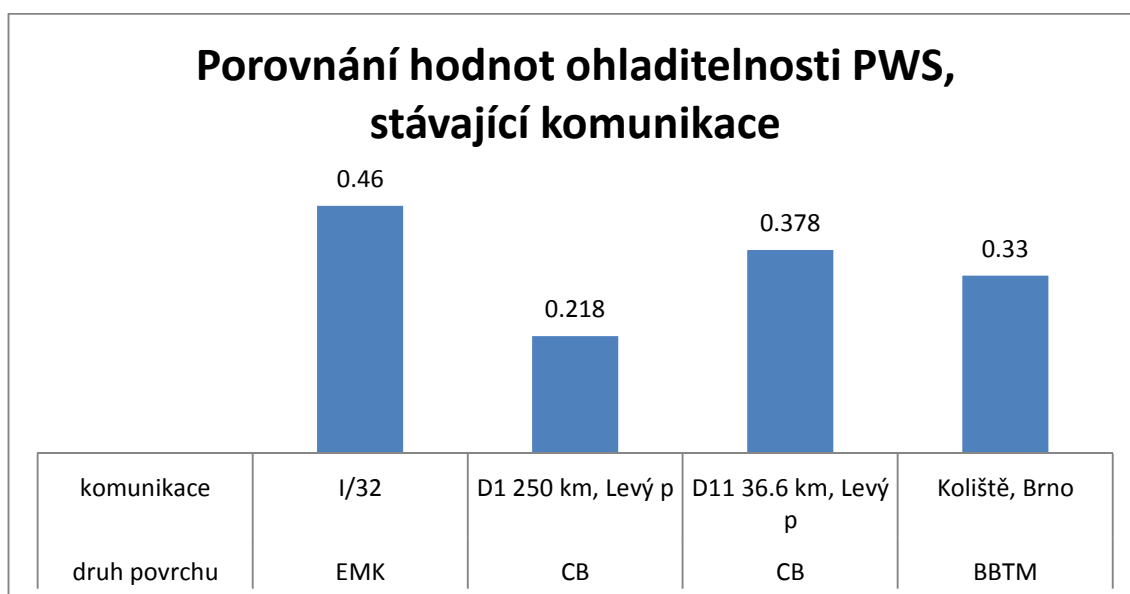
Obr. 6-4 Odběry vzorku pro zkoušku ohladitelnosti Wehner/Schulze [38]

Naměřená hodnota ohladitelnosti PWS (průměr ze 2 měření) byla 0.460 PWS. Jedná se o velmi vysokou hodnotu ohladitelnosti v porovnání s dalšími obrusnými vrstvami (graf 6-2). Směs se skládá se dvou druhů kameniv. Drobné kamenivo frakce $D \leq 2$ mm byl použit amfibolit z lomu Libodřice. Hodnota ohladitelnosti PSV 54. [21] Jako hrubé kamenivo byla použita droba z lomu Jakubčovice. Hodnota ohladitelnosti 61 PSV. [41]. Na obrázku je vidět ohlazený vzorek po 90 000 cyklech. Z naměřených výsledků lze usoudit, že požadavky hodnot ohladitelnosti PSV na kamenivo by v některých případech nemusely být tak přísné s ohledem na další faktory (textura povrchu, význam komunikace...). V emulzních kalových vrstvách v normě ČSN EN 73 6130 je stanoven požadavek na deklarovanou hodnotu ohladitelnosti 54 PSV u kameniva $D > 4$ mm. Zde je prostor pro dotaz, jak se zmíněné měření provedeno. V normě ČSN EN 1097 – 8 –PSV se uvádí, že velikost kameniva pro zkoušku ohladitelnosti PSV je velikost kameniva 7.2 mm – 10 mm. Při použití menšího kameniva dojde k nárůstu hodnoty PSV z důvodu většího počtu hran ve vzorku. Vliv velikosti kameniva na hodnotu ohladitelnosti PWS byl prokázán během výzkumu na VUT Brno. Největší hodnoty ohladitelnosti vykazoval písek. [23]



Obr. 6-5 Vzorek EMK po provedení zkoušky ohladitelnosti Wehner/Schulze [38]

Z důvodu vhodné makrotextury, použitého kameniva, a tím pádem nízké hodnotě ohladitelnosti, jsou proto emulzní mikrokoberce výhodné použít na úsecích, kde je nutné zvýšit součinitel tření f_p .



Graf 6-2 Porovnání hodnot ohladitelnosti vzorků odebraných z jádrových vývrtů [28]

Například se jedná o cementobetonové kryty dálnic, kde byla použita k vytvoření makrotextury technologie vlečené juty. Porovnání makrotextury cementobetonového

povrchu a emulzního mikrokoberce je vidět na obrázku 9-4.



Obr. 6-6 Porovnání makrotextury EMK a CB s povrch. úpravou taženou Jutou [38]

Na obrázku 6-3 vpravo vidíme makrotexturu cementobetonového krytu z dálnice D1. Vzorek byl odebrán na 214 km. Tento povrch má nezřetelnou makrotexturu. Takovýto povrch je zároveň nevhodný kvůli nebezpečí vzniku aquaplaningu, na povrchu se při dešti vytvoří vodní film, zabraňující styku pneumatiky s vozovkou.

Vždy je u měření nutno uvést úsek odebrání vzorku, dopravní zatížení a stáří obrusné vrstvy. Proto jsou hodnoty v grafu 6-2 pouze orientační uvedené pro představení jakých hodnot ohladitelnosti PWS mohou jednotlivé povrchy dosahovat. Během dalších měření by bylo vhodné vytipovat úseky s podobnými parametry a měření ohladitelnosti porovnávat každý rok aspoň po dobu 5let.

6.1 Porovnání zkoušek ohladitelnosti W/S a PSV

Cílem těchto měření bylo ověřit závislost mezi hodnotou ohladitelnosti PWS získané z měření na přístroji Wehner/Schulzce a hodnotou ohladitelnosti PSV podle ČSN EN 1097-8. Další část testu spočívala v porovnání hodnot ohladitelnosti PSV získaných ze zkoušek typu kameniva ITT (Initial Type Testing) a vlastních zkoušek. Hodnoty ohladitelnosti se liší podle druhu horniny. Stejně horniny mají i jiné fyzikální vlastnosti, vždy záleží na konkrétním lomu, kde byla hornina vytěžena. V jednotlivých lomech se mohou také vlastnosti kameniva lišit podle toho v jaké části lomu (etáži) došlo k vytěžení konkrétního vzorku. V tabulce 6-1 jsou podrobně rozepsány výsledky zkoušek. Hodnoty ohladitelnosti kameniva PSV z ITT jsou získány ze zkoušek typu

dohledatelné na stránkách www.euroviakamenolomy.cz. Hodnoty PSV kameniva z lomu Císařský a Želešice jsou hodnoty uvedené v katalogu lomů v České Republice z roku 1998.

Tabulka 6-1 Porovnání hodnot ohladitelnosti PWS a PSV

č. vzorku	LOM		druh kameniva	μm	μFAP	průměr	rozdíl	ITT PSV	naměřená PSV
1	Černá Skála	I	pararula	0.388	0.394	0.387	0.01	53	57
2	Černá Skála	II	pararula	0.373	0.380				
3	Císařský	I	čedič	0.118	0.129	0.140	0.02	51	-
4	Císařský	II	čedič	0.139	0.151				
5	Chornice	I	droba	0.416	0.426	0.414	0.02	58	60
6	Chornice	II	droba	0.394	0.403				
7	Zelesice	I	amfibolit	0.187	0.196	0.199	0.01	47	-
8	Zelesice	II	amfibolit		0.201				
9	Chrtníky	I	diabas	0.366	0.373	0.373	-	58	58
10	Masty	I	diorit	0.256	0.267	0.267	-	53	50
11	Košťálov	I	melafyr	0.308	0.317	0.317	-	56	56
12	Mikrokoberec	I	I/32	0.438	0.448	0.460	0.03	-	-
13	Mikrokoberec	II	I/32	0.463	0.473				

Z naměřených výsledků hodnot ohladitelnosti PSV v grafu 6-3 jsou vidět rozdíly mezi ohladitelností různých druhů kameniva. Největší rozdíl mezi hodnotou ze zkoušky typu a vlastním měření zaznamenala pararula z lomu Černá Skála. Vzorky kameniva na zkoušku ohladitelnosti jsou zobrazeny na obrázku 6-7.

Černá Skála

Rozdíl činí 4 jednotky. Tento rozdíl může být dán charakterem horniny, jedná se o přeměněnou horninu, vzniklou ze sedimentů a složení jednotlivých minerálů může být velmi variabilní. Za předpokladu lineární závislosti mezi hodnotami ohladitelnosti PWS a PSV odpovídá v tomto případě PSV 57 více skutečnosti, které odpovídá hodnota PWS 0.387, protože se více přibližuje lineární spojnici trendu hodnot PSV a PWS uvedené

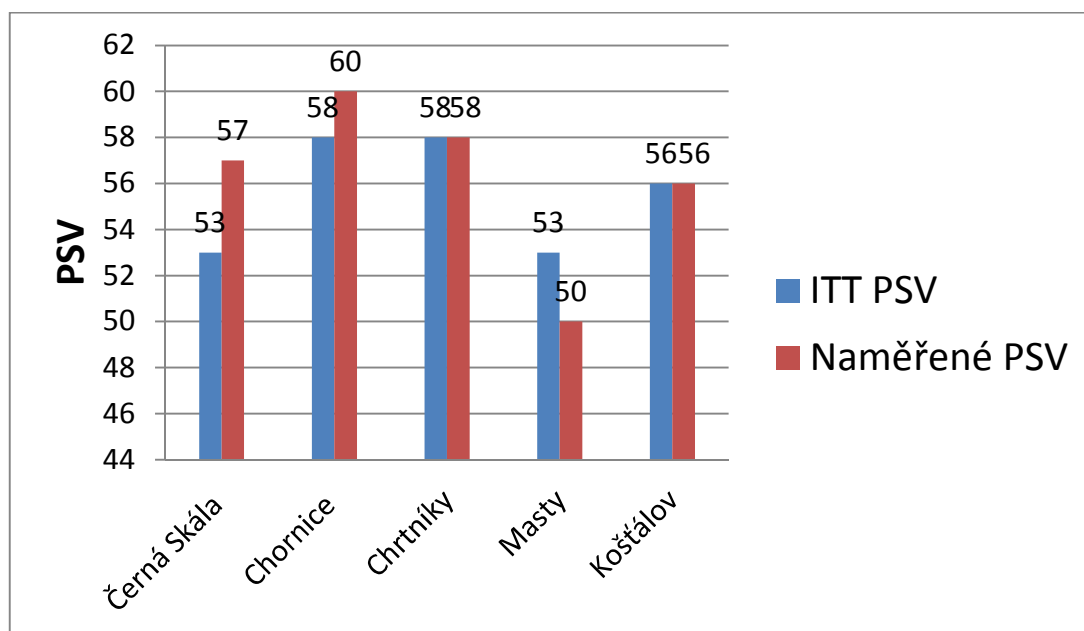
v grafu 9-2. Hodnota PWS 0.387 je v tomto případě velmi přesná, protože rozdíl mezi vzorkem I a II činí pouze 0.01.

Chornice

Sedimentární hornina. Ve vlastním měření vykazovala hornina hodnotu PSV 60, ve zkoušce typu 58 PSV. Tento rozdíl může být způsoben odběrem vzorků z různých etáží v lomu. Kamenivo je vhodné do směsi EMK. Vysoké hodnoty ohladitelnosti tohoto kameniva lze využít ve směsích, kde bude použito jako druhé kamenivo takové, které má nižší hodnoty ohladitelnosti.

Chrtníky

Jedná se o vyvřelou horninu diabas. Hodnoty ohladitelnosti z vlastního měření a zkoušek typu ITT se shodují. Hodnota 58 PSV odpovídá hodnotě 0.373 PWS a výsledky potvrzují lineární závislost.



Graf 6-3 Porovnání hodnot ohladitelnosti PSV z vlastního měření a zkoušky typu ITT

Masty

Kamenivo z lomu Masty je vyvřelá hornina diorit. Hodnoty PSV z vlastního měření jsou o 3 jednotky nižší než hodnoty z ITT. U tohoto kameniva bylo nejvýrazněji poznat opotřebení po fázi ohlazení. Povrch kameniva je na dotyk hladký. Povrch je ve srovnání s dalšími vzorky lesklý. Výsledky ohladitelnosti tohoto kameniva jsou jediné, kde byla

výsledná ohladitelnost nižší než ohladitelnost deklarovaná ve zkoušce typu. Porovnání stupně ohlazení (mikrotextury) vidíme na obrázku 6-8.

Košťálov

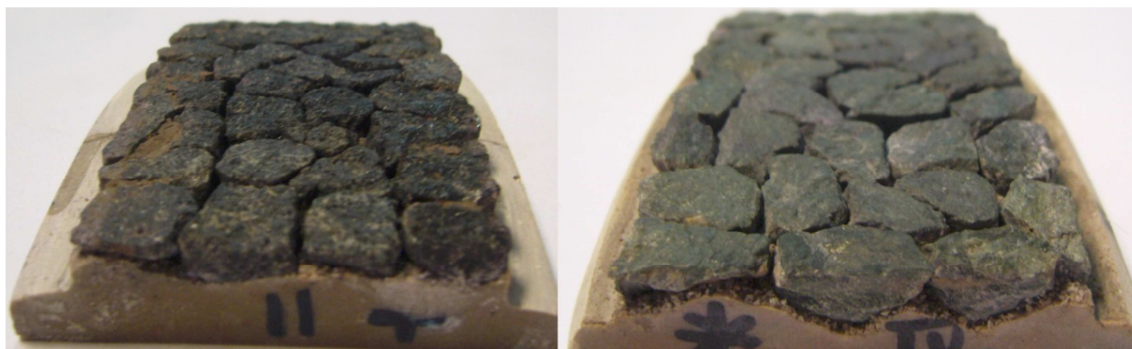
Vyvřelá hornina melafyr. Vlastní měření se shoduje s výsledky zkoušek typu ITT.

Z naměřených výsledků je zřejmé, že všechny kameniva vyjma kameniva z lomu Masty (diorit) vyhovují požadavku na hodnoty ohladitelnosti uvedené v normě ČSN EN 73 6130, která stanovuje požadavek $PSV \geq 56$ pro kamenivo velikosti $8 \text{ mm} \leq D \leq 11 \text{ mm}$. [30]

Na obrázku 6-8 vidíme zřetelný rozdíl mezi ohlazením různého druhu kameniva. Kamenivo z lomu Masty (diorit) je ohlazené téměř do hladka, mikrotextura během ohlazení výrazně mizí. Kamenivo z lomu Košťálov (malafyr) má i po ohlazení na dotek drsnější povrch. Mezi těmito dvěma kamenivy je rozdíl 6 jednotek PSV ve prospěch Košťálova 56 PSV oproti Masty 50 PSV.

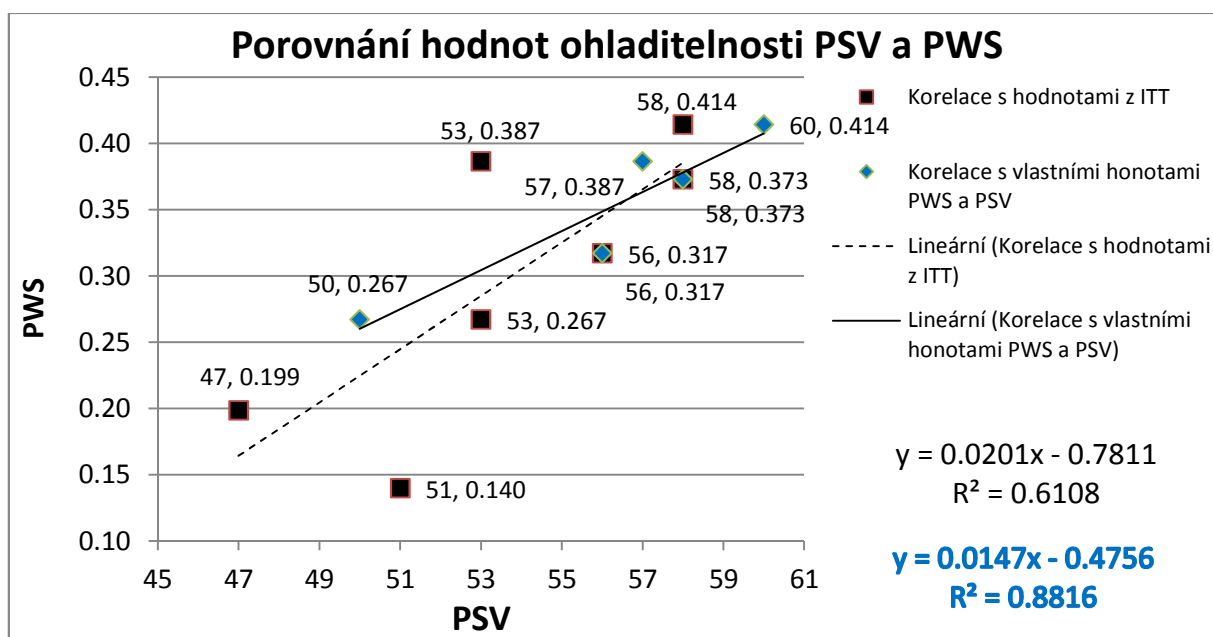


Obr. 6-7 Vzorčky, PSV, zleva Chornice, Chrtníky, Černá Skála, Košťálov a Masty [38]



Obr. 6-8 Porovnání ohlazení kameniva Košťálov (vlevo) PSV 56 a Masty PSV 50 [38]

Vlastní naměřené hodnoty ohladitelnosti uvedené v grafu potvrzuje lineární závislost zkoušek mezi sebou. Spolehlivost R této korelace při vlastním měření dosahuje 88%. Jedná se o stejnou přesnost, jako bylo dosaženo na TU Berlín při použití kameniva frakce 8/11, přesnost R činila pro 88 vzorků kameniva 87%. [15] Rozdíl oproti závislosti hodnot ze zkoušek typu činí 27%, kde hodnota spolehlivosti R je 61%.



Graf 6-4 Porovnání hodnot ohladitelnosti PWS a PSV

Největší odchylku vykazuje kamenivo z lomu Císařský (čedič) s hodnotou uvedenou v katalogu lomů pro Českou Republiku PSV 51. Při přepočtu PSV podle zjištěné korelace během vlastního měření se spolehlivostí 88% by odpovídala hodnota ohladitelnosti PSV 42. Při změně této hodnoty při porovnání závislostí, dojde zhruba

k zvýšení přesnosti o 20%. Je zřejmé, že kamenivo lomu Císařský není vhodné pro použití v obrusných vrstvách vozovek a ani použití v technologii emulzních kalových zákrytů pokud by bylo použito samotné bez smíchání s kamenivem s vyšší hodnotou ohladitelnosti (typicky droba).

Pokud bychom hodnotu ohladitelnosti PSV považovali při návrhu směsi jako rozhodující faktor pro predikci odolnosti proti smyku (skid resistance), tak by každá dodávka kameniva musela být podrobena zkouškám, aby byly potvrzeny hodnoty, které daná dodávka má. Jak je vidět z naměřených výsledků, hodnoty ohladitelnosti jsou značně variabilní, protože horniny mají proměnlivé zastoupení minerálů a u některých i jiný stupeň přeměny. Rozdíl na kamenivu z lomu Černá skála činí 4 jednotky PSV.

Výhody přístroje Wehner/Schulze

- Během zkoušky Wehner/schulze můžeme testovat vzorky odebrané přímo z vozovky, kdy mají zrna kameniva typické rozložení pro danou směs.
- W/S umožňuje testovat ohladitelnost u směsí připravených laboratorně.
- W/S zkouška má lepší podmínky pro potencionální predikci protismykových vlastností než zkouška PSV [11]

Zavedení zkoušky ohladitelnosti Wehner/Schulze jako alternativy ke zkoušce ohladitelnosti PSV by bylo vhodné zejména k výhodě měření rozmanitějšího spektra velikosti kameniv, které se dají testovat. V normách ČSN EN 73 6130 a ČSN EN 12273 jsou stanoveny požadavky na deklarovanou hodnotu ohladitelnosti kameniva frakce $4 \leq D \leq 8$ mm. Které není podle normy ČSN EN 1097 – 8 dovoleno ohlazovat. Zkouška W/S umožňuje testovat jakékoli frakce kameniva kde $D \leq 11$ mm. [30] [32]

7 ZKUŠEBNÍ POKLÁDKA

Pro zkušební pokládky byla zvolena směs č. 5, kamenivo z lomu Litice. Složení směsi bylo ze 40% kamenivo frakce 0/2 a z 60% frakce 2/4. Doba štěpení směsi 122 sekund a doba konsolidace 29 minut.

Zkušební pokládka byla provedena v areálu firmy Eurovia, c.s. v Kolíně.



Obr. 7-1 Provádění zkušební pokládky [38]

Směs bude sledována v průběhu času a poté dojde k vyhodnocení, zda je vhodná pro použití i na běžných komunikacích.



Obr. 7-2 Provádění zkušební pokládky [38]

8 ZÁVĚR

V teoretické části práce byly popsány nové trendy a technologie v oblasti používání emulzních kalových krytů. Hlavní část byla věnována barevným povrchům, speciálnímu použití technologie v systému Flexiplast®, zásady pokládky mikrokoberců a výroba polymerem modifikované asfaltové emulze.

V praktické části byly provedeny zkoušky štěpitelnosti, konsolidace, koheze, opotřebení, ohladitelnosti PSV, ohladitelnosti PWS a zkoušky asfaltové emulze. Tyto zkoušky byly prováděny za účelem nového návrhu směsi kameniva splňující požadavky normy ČSN EN 73 6130 a ČSN EN 12273 na použití v emulzních mikrokobercích.

Celkem bylo navrženo 13 směsí kameniva. Bylo ověřeno použití RAP materiálu ve směsi a použití barevných pigmentů. Dále bylo vyhodnoceno chování těchto komponentů a jejich vliv na vlastnosti kalové směsi.

Kameniva, která mají potencionální využití v technologii s ohledem na jejich ohladitelnost, byly podrobeny zkouškám ohladitelnosti PSV a PWS a bylo provedeno porovnání těchto zkoušek.

Během zkoušek štěpitelnosti se ukázalo, že u některých směsí s vysokým podílem drobného kameniva $D \leq 2$ mm nedojde při použití maximálního množství vody, stanoveném na 8%, k dostatečnému navlhčení. Proto bych navrhol úpravu požadavku v normě ČSN EN 73 6130. Množství vody ve směsi bych doporučil, aby si určovala laboratoř, která provádí návrh. Podobný systém využívá například DOT (Department of Transportation) ve státě Minnesota USA. [1]

Pro srozumitelnější pochopení pojmů štěpení emulze a konsolidace bych uvedl v normách tykající se emulzních kalových zákrytů jednotné označení pro tyto termíny. V současných normách je výklad těchto pojmů značně nesrozumitelný.

Štěpení směsi nastává po smíchání asfaltové emulze a dalších složek směsi (kameniva a přísad). Štěpení trvá do té doby, než směs během míchání ztratí svou zpracovatelnost, řádově desítky vteřin. Tato doba se uvádí jako doba štěpení směsi.

Konsolidace je proces, který začíná současně s počátkem štěpení směsi. Uváděna

doba konsolidace je stav, kdy dojde k úplnému vyštěpení směsi v celém rozsahu. Tato fáze se pozná podle toho, že na povrchu kameniva směsi je již vylučována pouze čistá voda. Tento proces trvá řádově desítky minut a je označován jako doba konsolidace.

Při použití syntetické emulze Katebit Prokolor® se nám nepodařilo provést návrh splňující požadavky normy. Bez známého chemického složení emulze nebyl možný provést tento návrh.

Z provedených zkoušek navržených směsí (které splňují normové požadavky na dobu štěpení) vyplývá, že nejmenší úbytek materiálu po zkoušce opotřebení vykazují směsi s přetržitou křivkou zrnitosti složené z frakcí kameniva 0/2 + 4/8. Směsi s přísádkem barevných pigmentů vykazují vyšší opotřebení při temperaci směsi ve 100% vlhkosti (při použití pigmentu červeného TP 200) oproti směsi bez přísádků barviva. Pigment žlutý Y 710 není vhodný. Barvivo se nespojí s emulzí, během zkoušky se směs rozpadá. Směs s RAP materiálem má nejlepší hodnoty opotřebení v porovnání se směsmi s plynulou křivkou zrnitosti.

Při porovnání ohladitelnosti zkoušek byla prokázána lineární závislost mezi hodnotami PSV a PWS. Při porovnávacích zkouškách vyplynulo, že některé hodnoty ohladitelnosti kameniva udávané v ITT (lom Císařský) neodpovídají naměřeným hodnotám. Rozdíl po přepočtu činil 8 jednotek PSV.

Během testů ohladitelnosti PWS byly prokázány vynikající hodnoty u technologie emulzních kalových zákrytů s porovnáním s vrstvami BBTM a CB krytů.

9 LITERATURA

- [1] GRANSBERG, Douglas D. *Microsurfacing: A Synthesis of Highway Practice*. 1. vyd. Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2010, 172 s. ISBN 978-030-9143-196. Dostupné z: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_411.pdf
- [2] HARRIGAN, Edward. NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. *Recommended use of reclaimed asphalt pavement in the superpave mix design method: guidelines: this nchrp digest describes findings of nchrp project 9-12, "incorporation of reclaimed asphalt pavement in the superpave system," conducted by rebecca mcdaniel of the north central superpave center at purdue university, west lafayette, indiana, with the assistance of r. michael anderson of the asphalt institute, lexington, kentucky. the digest is based upon appendix d of the contractor's final report.* [online]. 2001, č. 1, s. 17 [cit. 2013-12-15]. NCHRP Project 9-12. Dostupné z: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rrd_253.pdf
- [3] SYNDICATES DES FABRICANTS D'EMULSIONS ROUTIERES DE BITUME, *Bitumen emulsions, general information applications*, Printed by Montreuil Offset in France-March 1991, 247 s.
- [4] GRÜNNER, Karol. *Asfaltové emulzie pri výstavbe a údržbe ciest*. 1. vyd. Harmanec: Bitunova, 2007, 151 s. ISBN 978-80-969771-5-4. ČSN EN 73 6130 (červen 2009). *Stavba vozovek-Kalové vrstvy*
- [5] GSCHWENDT, Ivan. *Vozovky: obnova, zesilování a rekonstrukce*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004, 166 s. ISBN 80-807-6005-5. ČSN EN 12597. (srpen 2001). *Asfalty a asfaltová pojiva – Terminologie*
- [6] DELFOSSE, Frédéric a Samir SOLIMAN. Performance Assesment of microsurfacing with reclaimed asphalt (RAP). In: *Performance Assesment of microsurfacing with reclaimed asphalt (RAP)* [online]. 2010. vyd. Lyon, 2010 [cit. 2013-03-03]. DOI: 7th ISSA World Congress, Lyon. Dostupné z: http://www.slurry.org/index.php/news-a-publications/papers-aamp-presentations-mainmenu-46/doc_download/350-performance-assessment-of-microsurfacing-with-reclaimed-asphalt-rap-pdf
- [7] DELFOSSE, Frederic, Matthieu CHATILLON a Daniel PRUD'HOMME. NOVANCE, Eurovia. *Synthetic binder essentially made of materials from renewable resources, in particular of vegetable origin, and applications therefore in road construction* [patent]. United States of America. Patent Application Publication, US 2012/0302672 A1. Uděleno November 29. 2012.
- [8] TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. *Alternative Binders for Sustainable Asphalt Pavements*. January 22, 2012 Washington, D.C., 2012, 84 s. Transportation Research Circular E-C165.

[9] CRESSWELL, Derren. MINERAL INDUSTRY RESEARCH ORGANISATION (MIRO). *Characterisation of Mineral Wastes, Resources and Processing technologies - Integrated waste management for the production of construction material: Manufactured Aggregates* [online]. 2007 [cit. 2013-03-15]. DEFRA project Code WRT_177/WRO115.

[10] WOODBRIDGE, M E, A DUNFORD a P G ROE. *Wehner-Schulze machine: First UK experiences with a new test for polishing resistance in aggregates. Wehner-Schulze machine*. 2006, Project Report PPR 144 – Wokingham: TRL Limited, Paper reference PCN002.

[11] ARAMPAMOORTHY, Haran a John PATRICK. Comparison of the Wehner - Schulze and PSV test for estimating the polishing resistance of new zealand chip seal aggregate. 2011, s. 11.

[12] DO, M.-T., Z. TANG, M. KANE a F. DE LARRAD. LCPC, France. *Laboratory test method for the prediction of the evolution of road-skid resistance with traffic*. s. 12.

[13] DO, Minh-Tan. Relationship between microtexture and skid resistance. *Bulletin Des Laboratoires des ponts et chaussées - 255*. 2005, s. 20. REF. 4566 - PP. 117-136.

[14] DAŠKOVÁ, Jaroslava. The experience with wehner/schulze procedure in 1 the czech republic. In: SIIV Roma MMXII - 5th International Congres, s. 10.

[15] DAŠKOVÁ, Jaroslava. *Stanovení ohladitelnosti kameniva zařízením wehner/schulze* . sborník Juniorstav, 2011. Příspěvek na konferenci. Vysoké učení technické v Brně.

[16] HALÁSKOVÁ, Jaroslava. *Zkušenosti s měřícím zařízením wehner/schulze*. sborník Juniorstav, 2009. Příspěvek na konferenci. Vysoké učení technické v Brně.

[17] DENEUVILLERS, Christine. Renewable Carbon-based binder techniques. In: SSA 48th Annual Convention, 2010, s. 33.

[18] VIVIER, Mourice. ENTERPRISE JEAN LEFEBVRE. *Gripfibre AF: Another way to solve cracking problem*. 1992.

[19] NAZER, Amin Salvador, Osvaldo PAVEZ a Freddy ROJAS. Use of copper slag in cement mortar. [online]. 2012 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672012000100012&script=sci_arttext

[20] FIEDLER, Jiří, Petr BUREŠ, Jiří KAŠPAR a Zdeněk KOMÍNEK. *Zkušenosti s realizací technologií omezujících šíření trhlin k povrchu vozovky: Technologie k omezení šíření trhlin*. In: [online]. 2011. vyd. Konference Asfaltové vozovky, 2011, 2011 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: http://www.asfaltove-vozovky.cz/av2011/data/tema3_varaus.pdf

[21] Spécial Émulsions. *Le magazine de l'experience Bitume de Total en Europe*. 2006, s. 21. DOI: N° 5 September.

[22] KOUDELKA, T. *Mikrokoberce za studena*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební Ústav pozemních komunikací, 2012. 75 s., 8 s. příloh. Bakalářská práce.

[23] IŠTVÁNKOVÁ, Veronika. *Využití a aplikace vedlejších energetických produktů*

(VEP) v silničním stavitelství. Brno, 2012. 59 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební.

[24] PRECHEZA, a.s. *Základní typy železitých pigmentů Fepren* [online]. 2014 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.precheza.cz/fepren-zakladni-typy/>

[25] Charakteristika emulze – Emulvia Grip P, *prospekt závodu Emulze Kolín, Eurovia CS, a.s.* Návrh provedla Eurovia Services, s. r. o.

[26] *Flexiplast: crack inhibitor system*. Eurovia, Vinci group. [online]. [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: http://www.eurovia.com/media/151304/flexiplast_a4_gb_bd.pdf

[27] VÁVRA, Václav. MASARYKOVA UNIVERZITA, Brno. *Základní rozdělení hornin* [online]. Přírodovědecká fakulta MU [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: http://atlas.horniny.sci.muni.cz/horniny_obecne.html

[28] Hodnoty ohladitelnosti PWS získané během výzkumu na VUT v Brně

[29] POHONATECHNIKA. *Převod jednotek* [online]. 2014 [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.pohonnatechnika.cz/skola/prevod-jednotek>

[30] ČSN EN 73 6130, (červen 2009), *Stavba vozovek-Kalové vrstvy*

[31] ČSN 73 6130, (červenec 1994), *Stavba vozovek-Kalové vrstvy*

[32] ČSN EN 12273, (duben 2009), *Kalové vrstvy – Specifikace*

[33] ČSN EN 12274-5, leden (2004), *Kalové vrstvy – Zkušební metody – Část 5: Stanovení Opořebení*

[34] ČSN EN 12274-4, leden (2004), *Kalové vrstvy – Zkušební metody – Část 4: Stanovení koheze směsi.*

[35] ČSN EN 13614, srpen (2011), *Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení přilnavosti asfaltových emulzí zkouškou ponořením do vody*

[36] ČSN EN 1097-8, listopad (2000), *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 8: Stanovení hodnoty ohladitelnosti*

[37] FprEN 12697-49:2013. *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt: Part 49: Determination of friction after polishing*. 2013, 18 s. Formal Vote.

[38] Fotoarchiv Tomáš Koudelka

[39] Fotoarchiv, Eurovia, a.s.

[40] www.mapy.cz

[41] www.euroviakamenolomy.cz

[42] Informace od Ing. Jiří Plitz, Paramo, a.s.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

FHWA	Federal Highway Administration
ITT	Initial Type Testing
RAP	Reclaimed Pavement
ISSA	International Slurry Surfacing
DOT	Department of Transportation
MTAG	Maintenance Technical Advisory Guide
PSV	Polishing Stone Value
PWS	Poliert nach Wehner Schulze
μ_{FAP}	Single result of friction
μ_m	Friction coefficient at 60 km/h
μ_{ref}	Known value of the Laboratory Skid Resistance of the control plate
M	Measured moment

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 12-1 Charakteristiky emulze Emulvia Grip P [25]	122
Příloha 12-2 Vlastnosti asfaltové kationaktivní emulze pro kalové vrstvy [30]	122
Příloha 12-3 Kvalitativní parametry použitých barevných pigmentů [24].....	123
Příloha 12-4 Záznam z měření ohladitelnosti Wehner/Schulzce, Želešice 4/8	124
Příloha 12-5 Záznam z měření ohladitelnosti Wehner/Schulzce, Želešice 8/11	125

12 PŘÍLOHY

Příloha 12-1 Charakteristiky emulze Emulvia Grip P [25]

Vlastnost		Hodnota	Zkouška dle
Obsah pojiva	%	52-62	ČSN EN 1428
Štěpitelnost	-	170-230	ČSN EN 130075-1
Doba výtoku 2 mm při 40 °C	s	15-45	ČSN EN 12846
Zbytek na sítu 0,5	%	≤ 0,05	ČSN EN 1429
Zbytek na sítu 0,5 po sedmi dnech skladování	%	≤ 0,05	ČSN EN 1429
Bod měknutí zpětně získaného pojiva	°C	≥ 50	ČSN EN 130074 ČSN EN 1427
Koheze kyvadlem J/cm ² zpětně získaného pojiva		≥ 0,7	ČSN EN 13588
Přilnavost ponořením do vody Metoda kamenivem	%	≥ 75	ČSN EN 13614

Příloha 12-2 Vlastnosti asfaltové kationaktivní emulze pro kalové vrstvy [30]

Parametr	Postup	Hodnocení
Vzhled	Vizuálně	Kapalina hnědé až tmavohnědé barvy bez viditelných vloček vyštěpeného asfaltu
Minimální obsah asfaltu v emulzi pro EKZ, v % hmotnosti emulze	ČSN EN 13808	53
Minimální obsah asfaltu v emulzi pro EMK, v % hmotnosti emulze ³⁾	ČSN EN 13808	58
Zbytek na síti 0,5 mm po 7 dnech, v hmotnosti emulze	ČSN EN 1429	maximálně 0,5
Přilnavost emulze ke kamenivu ¹⁾	ČSN EN 13614	vyhovuje
Průměrná velikost střední částice, μm _{max.} ²⁾	Mikroskopem	10
Doba výtoku v C2 při 40 °C, v s ²⁾	ČSN EN 12846	15 až 45
Doba výtoku v C4 při 40 °C, v s ²⁾	ČSN EN 12846	3 až 8

Kyselost emulze pH ²⁾ (potenciometricky)	ČSN EN 12850	1,1 až 6,5
Koheze - zkouška kyvadlem pro modifikované asfaltové emulze (EMK) v J/cm ²	ČSN EN 13588	minimálně 0,7
¹⁾ Zkouší se na hrubém kamenivu frakce 8/11 z téže lokality jako kamenivo použité pro EKZ ²⁾ Hodnoty jsou pouze informativní. Variantu metody je nutné volit v závislosti na skutečné viskozitě asfaltové emulze ³⁾ Základní asfaltové pojivo musí splňovat ustanovení ČSN EN 14023		

Příloha 12-3 Kvalitativní parametry použitých barevných pigmentů [24]

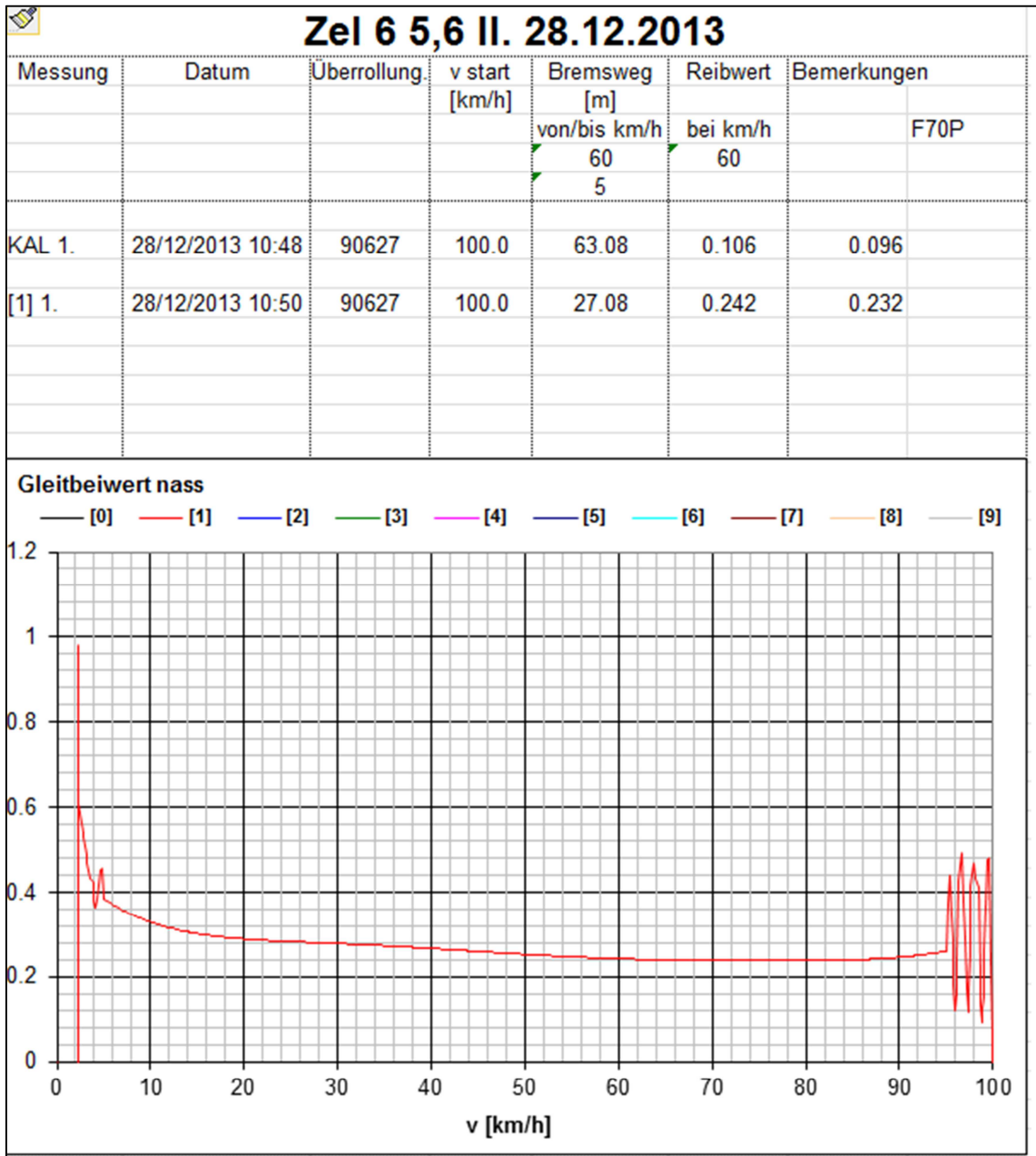
PRAŠKOVÉ PIGMENTY

Tabulka 1: Železité pigmenty FEPREN® – typické kvalitativní parametry.

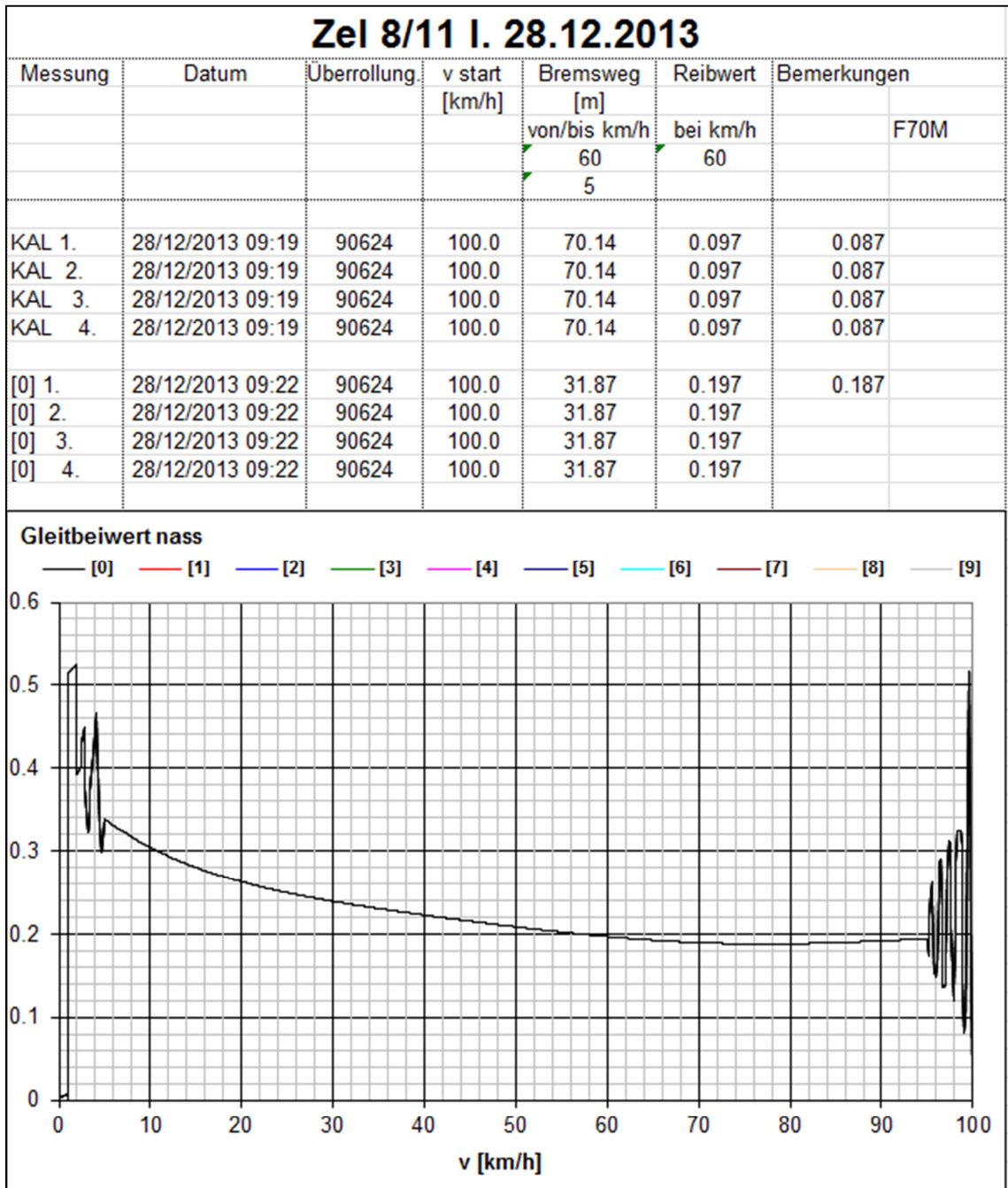
	typ	obsah Fe ₂ O ₃ [%]	spotřeba vody [g/100g]	spotřeba oleje [g/100g]	sypná hmotnost [kg/m ³]	setřesná hmotnost [kg/m ³]	zbytek na síti 45μm [%]	tepelná stabilita [°C]	měrná vodivost [μS/cm]
červeně alpha Fe ₂ O ₃	TP-303*	98	26,2	21	640	1 285	0,01	600	500
	TP-200*	97	24,8	22	600	1 220	0,03	600	500
	TP-100	95	26,7	19	700	1 280	0,05	600	700
	TP-333	97	26,0	24	650	1 280	0,04	600	600
	TD-202	97	26,0	21	500	1 115	0,01	600	250
hnědě alpha - Fe ₂ O ₃ + Fe ₃ O ₄	SHD-416	97	26,3	20	710	1 370	0,08	110	450
	SHD-430	97	26,9	20	620	1 280	0,08	110	450
	HM-470 A	95	26,2	-	750	1 180	0,50	110	1 500
žlutě FeOOH	Y-710*	87	50,3	35	190	465	0,05	160	500
černě FeO, Fe ₂ O ₃	B-610	97	25,3	19	570	1 250	0,17	110	500
	BP-510 A*	93	26,6	-	960	1 300	0,50	110	2 000
zeleň Cr ₂ O ₃	G-820	98 (Cr ₂ O ₃)	-	20	-	-	0,45	-	300

*Splňuje B kategorii dle ČSN EN 12878 - pigmenty pro ocelí vyztužený beton.

Příloha 12-4 Záznam z měření ohladitelnosti Wehner/Schulzce, Želešice 4/8



Příloha 12-5 Záznam z měření ohladitelnosti Wehner/Schulzce, Želešice 8/11



ZPRÁVA

č.j: 56 / 10 / L

Gripfibre typu EMK 0/8

obalovaná směs kladená za studena obsahující vlákna
TKP kapitola 28. Mikrokoberce prováděné za studena (MD)
TPr 151 Mikrokoberce za studena (EUROVIA CS)
ČSN 73 6130

Zkoušky typu
Výrobní předpis
KE320110

Jméno a adresa zákazníka :
EUROVIA CS, a.s.
Závod Emulze Kolín
Plynárenská 889
280 02 Kolín 4

Hradec Králové
4.8.2010

A. VLASTNOSTI VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ

A.1. KAMENIVO

číslo vzorku			08/882	10/785	
původ			Jakubčovice	Libodřice	
hornina			droba	amfibolit	
frakce			4 / 8	0 / 2	
zrnitost					
propad v % sítem mm					
16					
11,2			100		
8			90,7		
5,6			24,5		
4			11,6	100	
2			3,1	94,9	
1			1,8	66,3	
0,5			1,5	51,3	
0,25			1,4	39,6	
0,125			1,3	25,7	
0,063			1,0	15,8	
propad 2D	%		100	100	
propad 1,4D	%		100	---	
propad D	%		90,7	94,9	
propad D/1,4	%		24,5	---	
propad d	%		11,6	---	
propad d/2	%		3,1	---	
jemné částice	%		1,0	15,8	
methylenová modř MB _F			---	1,7	
frakce 0/0,125	g		---	-0,06	
ztráta sušením MZ _{NV}	%		---	---	
ztráta sušením NV _K	%		---	---	
Ekvivalent písku				68	
objemová hmotnost ρ _a	kg/m ³		2711	3055	
tvarový index SI	%		28	---	
přílnavost emulze Emulvia Grip P (C60BP6) ke kamenivu Jakubčovice 8/16 – 97% dobrá (ČSN 73 6161)					

A.2. ASFALTOVÁ EMULZE

Emulvia Grip P (dle ČSN EN 13808 - C60BP6)

		číslo vzorku 10/158	specifikace dle ČSN EN 13808
obsah asfaltu	%	61,3	58 – 62
obsah olejového destilátu	%	0	≤2
zbytek na sítu 0,5mm	%	0,029	≤0,5
zbytek na sítu 0,5mm	7 dní	0,04	≤0,5
skladovatelnost	%		
doba výtoku při 40°C, otvor 2mm	s	32	15 - 45
štěpitelnost pískem	g	230	170 - 230

B. Zkoušky typu

emulzní kalové směsi speciální EMK 0/8 přetříté zrnitosti s obsahem umělých vláken typu Gripfibre, dle TKP kapitola 28 (MD), TPr 151 (EUROVIA CS) a ČSN 73 6130, určené pro opravy, údržbu a prodloužení životnosti pro vozovky všech tříd dopravního zatížení, kladené jako mikrokobec v min. množství 16 kg/m².

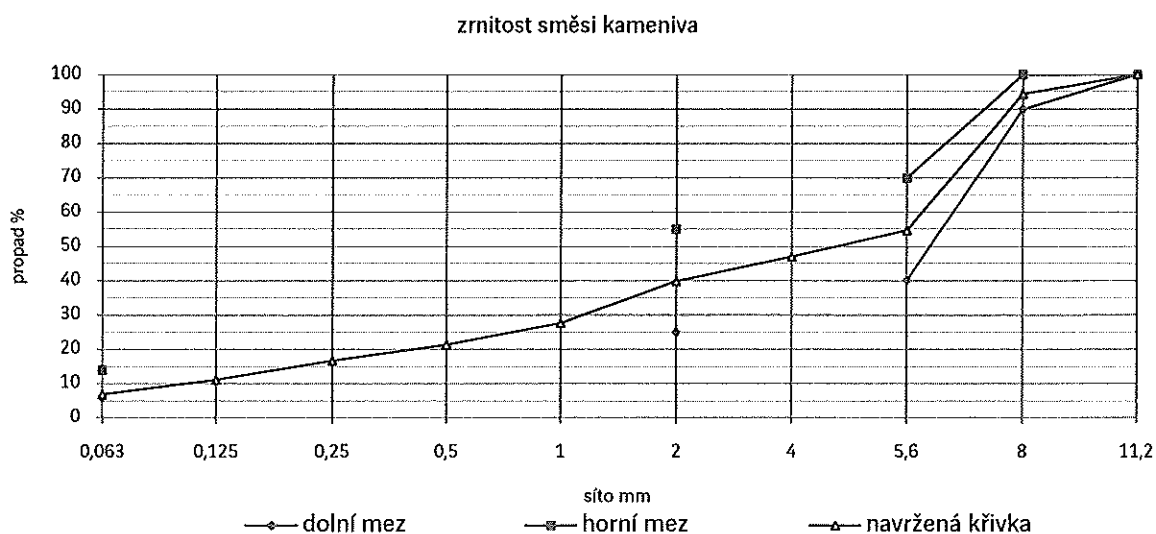
B.1 Složení směsi kameniva

40 % DDK 0/2 Libodřice
 60 % HDK 4/8 Jakubčovice

objemová hmotnost směsi kameniva..... $\rho_a = 2849 \text{ kg/m}^3$

B.2 Zrnitost směsi kameniva

síto velikost mm	směs propad v % hm.	specifikace dle TKP 28 propad v % hm.
11,2	100	100
8	94,4	90 - 100
5,6	54,7	40 - 70
4	47,0	
2	39,8	25 - 55
1	27,6	
0,5	21,4	
0,25	16,7	
0,125	11,1	
0,063	6,9	6 - 14



B.3 Složení a vlastnosti kalové směsi

složení směsi		návrh	specifikace
směs kameniva	%	100	
Emulvia Grip P (9)	%	12,0	
voda celkem	%	6,0	
Stabiram MS 301	%	---	
CaO	%	0,2	
vlákna PAC/2, 1dtex/4mm	%	0,1	
emulzní kalová směs			
objemová hmotnost směsi kameniva	kg/m ³	2849	
objemová hmotnost směsi	kg/m ³	2653	
koeficient α		0,930	
koeficient sytosti		4,2	3,5 - 4,75
zbytkový asfalt	% ve směsi	6,4	5,4 - 7,8
štěpení	s	160	90 - 180
konzolidace	min	19	≤30
koheze			
10 min	kg.cm	19	≥15
20 min	kg.cm	20	≥18
30 min	kg.cm	20	≥20
60 min	kg.cm	23	≥23
abraze			
18°C,55% vlhk.	%	0,3	≤5
18°C,100% vlhk.	%	1,7	≤25

C. Výrobní předpis číslo **KE320110**

C.1 Dávkování

40	% DDK	0/2	Libodřice
60	% HDK	4/8	Jakubčovice
12	% asfaltová emulze C60BP6		Emulvia Grip P
6	% voda	pitná	
0,2	% CaO	tř.l, velmi jemný	Prachovice
0,1	% vlákna	PAC/2,1/4mm	polyakrylonitril

C.2 Povolené tolerance

zbytkový asfalt: 5,8 – 7,0 %
v případě potřeby, zvláště při pokládce při vysokých teplotách je možno pro prodloužení doby štěpení směsi přidávat zpomalovač Stabiram MS 301, v max. množství 0,03%

C.3 Podmínky pokládky

Mikrokoberec pokládáný za studena se klade na suchý nebo vlhký povrch při minimální teplotě vzduchu +10°C, přičemž za posledních 24 hod. nesmí teplota klesnout pod +5°C. Teplota podkladu musí být větší než +5°C, s tendencí stoupat. Hrozí-li nebezpečí mrazu do 24 hodin po pokládce, je nutno práce zastavit. Úpravu nelze provádět za deště, resp. je-li na povrchu souvislý vodní film.

C.4 Výrobní předpis

Výrobní předpis má závaznou platnost za předpokladu dodržení předepsaných a normových podmínek.

Prohlášení :

Zpráva číslo 56/10/L smí být reprodukována pouze jako celek, s písemným souhlasem laboratoře.

Ing.Komínek Z.
vedoucí laboratoře