

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Recyklace za studena na místě

Lukáš Skýva

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Skýva**
Osobní číslo: **D13384**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Název tématu: **Recyklace za studena na místě**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V rámci bakalářské práce zpracujte problematiku recyklace vozovek, proveďte popis a analýzu používaných metod. Podrobně se zaměřte na recyklaci za studena na místě a to z hlediska legislativy, technologie provádění a porovnání se zahraničím.

- Úvod
- Stanovení cílů
- Analýza současného stavu
- Recyklace za studena na místě na konkrétní realizované stavbě - popis provádění a srovnání s technickými podmínkami
- Závěr a doporučení

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

(1) TP 208, Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek na místě za studena.

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2009

(2) TP 209, Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek na místě za horka.

MINISTERSTVO DOPRAVY ČR 2009

(3) JAN ZAJÍČEK A KOLEKTIV, Technologie stavby vozovek. 1.vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2014. 394 s. ISBN 978-80-87438-59-6

(4) Interní materiály, firmy SAT, s.r.o.

(5) Interní materiály, firmy Frekomos, s.r.o.

(6) Interní materiály, firmy BAL TOM, s.r.o.

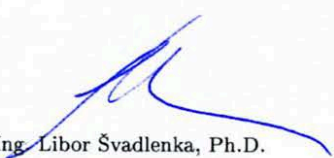
Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Lopour, Ph.D.

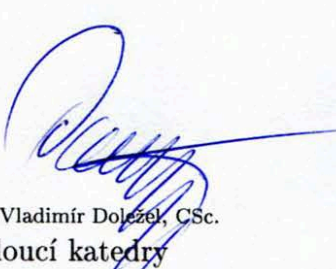
Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2017**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Vladimír Dolžal, CSc.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 26. 2. 2017

Lukáš Skýva

Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Lopouroví, Ph.D. za cenné připomínky a čas, který mi věnoval při tvorbě této bakalářské práce.

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na technologii recyklace vozovek pozemních komunikací za studena na místě se zaměřením na celkovou recyklaci vozovkových vrstev. Ve druhé části práce je představena aplikace technologie recyklace na modernizaci dálnice D1.

KLÍČOVÁ SLOVA

recyklace za studena, celková recyklace na místě za studena, recyklace za studena na místě, dehet, recyklace

TITLE

Cold in-Place Recycling

ANNOTATION

Bachelor's thesis focuses on technology cold in-place recycling of flexible pavements, especially on the technologies full depth reclamation. The second part of the thesis introduces the application of recycling technology to the example of the modernization of the D1 motorway.

KEYWORDS

cold recycling, full depth reclamation, cold in-place recycling, tar, recycling

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 ZÁKLADNÍ TERMÍNY, JEDNOTLIVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY RECYKLOVANÝCH VRSTEV	12
1.1 Recyklace za studena	12
1.2 Recyklace za horka	14
2 STANOVENÍ CÍLŮ	16
3 RECYKLACE KONSTRUKČNÍCH VRSTEV NETUHÝCH VOZOVEK ZA STUDENA NA MÍSTĚ	17
3.1 Základní termíny a definice	18
3.2 Užití recyklovaných vrstev ve vozovce	19
3.3 Diagnostický průzkum	20
3.4 Vstupní materiály	20
3.5 Směsi recyklované za studena na místě	23
3.6 Průkazní zkoušky recyklovaných směsí.....	25
3.7 Postup provádění recyklace za studena na místě	25
3.8 Kontrolní zkoušky.....	33
4 RECYKLACE ZA STUDENA V ZAHRANIČÍ	37
5 FINANČNÍ SROVNÁNÍ MODELOVÉHO PŘÍKLADU VRSTVY RECYKLACE ZA STUDENA S VÝMĚNOU KONSTRUKČNÍ VRSTVY ZE ŠD	39
6 RECYKLACE ZA STUDENA NA MÍSTĚ, MODERNIZACE DÁLNICE D1	42
6.1 Dálnice D1 a důvody pro modernizaci.....	42
6.2 Recyklace za studena – projekt vs. realizace	42
6.3 Průkazní zkouška recyklace stmelených vrstev za studena	44
6.4 Příprava pro recyklaci za studena na místě při modernizaci D1	45
6.5 Recyklace vrstvy za studena na místě (Hvězdonice – Ostředek).....	46
6.6 Kontrolní zkoušky (Hvězdonice – Ostředek).....	48

ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	49
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
SEZNAM PŘÍLOH.....	54

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Recyklace za studena v mobilním míchacím centru KMA 200. Foto autor	12
Obrázek 2 - Recyklace za studena na místě recyklérem WR 2000. Foto autor.....	13
Obrázek 3 - Šaržová obalovna ABA 100–340 Unibatch [6]	14
Obrázek 4 - Kontinuální obalovna ACT 140 Contiquick [6]	14
Obrázek 5 - Recyklace za horka na místě Remixerem RX 4500 [12]	15
Obrázek 6 - Recyklovaná nestmelená směs [13]	23
Obrázek 7 - Recyklovaná stmelená směs frakce 0/63 [13].....	24
Obrázek 8 - Dávkování cementu dávkovačem DSP 240 na podvozku Tatra 815. Foto autor .	26
Obrázek 9 - Recyklace s kombinovaným pojivem, Recyklér WR 2500. Foto autor.....	27
Obrázek 10 - Urovnání recyklované vrstvy grejdrem HBM 190 TA3. Foto autor	28
Obrázek 11 - Hutnění recyklované vrstvy tahačovým válcem HAMM 3520. Foto autor.....	28
Obrázek 12 - Vyrovnání příčného profilu rozfrézováním a reprofilací. Schéma autor	30
Obrázek 13 - Vyrovnání podélného profilu rozfrézováním a reprofilací. Schéma autor	31
Obrázek 14 - Strojní sestava pro recyklaci za studena s recyklérem WR 4200 [17].....	38
Obrázek 15 - Segmentace CB krytu strojem BTZ. Foto autor	43
Obrázek 16 - Frézování cementové stabilizace do stanovených výšek frézou W2000 [12]	45
Obrázek 17 - Dávkování cementu CEM II B-S 32,5 R [12].....	46
Obrázek 18 - Recyklace dvěma strojními sestavami [12]	47
Obrázek 19 - Urovnání a zhutnění vrstvy dvěma sestavami strojů [12].....	47

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Technologické procesy recyklace za studena [1]	17
Tabulka 2 - Užití recyklovaných vrstev bez použití pojiva [1]	19
Tabulka 3 - Užití recyklovaných vrstev s použitím pojiva [1]	19
Tabulka 4 - Požadavky na recyklované nestmelené směsi [1]	23
Tabulka 5 - Požadavky na recyklované stmelené směsi [1]	24
Tabulka 6 - Kontrolní zkoušky recyklovaných nestmelených směsí [1].....	33
Tabulka 7 - Kontrolní zkoušky recyklovaných stmelených směsí [1].....	34
Tabulka 8 - Kontrolní zkoušky nestmelených recyklovaných vrstev [1]	35
Tabulka 9 - Kontrolní zk. stmelených recyklovaných vrstev – geometrické vlastnosti [1]	35
Tabulka 10 - Kontrolní zk. stmelených recyklovaných vrstev – mechanické vlastnosti [1]	36
Tabulka 11 - Model A – výměna podkladní vrstvy za novou ŠD. Tabulka autor	39
Tabulka 12 - Model B – provedení recyklace za studena na místě. Tabulka autor	40

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ZTKP	– Zvláštní technické a kvalitativní podmínky
ŠD	– Štěrkodrt'
MZK	– Mechanicky zpevněné kamenivo (minerální beton)
SC, (SC C _{3/4})	– Směs stmelená cementem, s udáním pevnosti betonu v tlaku
SH	– Směs stmelená hydraulickými pojivy
ACL	– Asfaltový beton pro ložní vrstvy
ACP+	– Asfaltový beton pro podkladní vrstvy
PM	– Penetrační makadam
GPR	– Vícekanálový georadar pro monitoring poruch pozemních komunikací
FWD	– Falling Weight Deflectometer – rázová zatěžovací zkouška
TDZ	– Třída dopravního zatížení
CBR	– Zkouška poměru únosnosti zemin
RS 0/32 C	– Recyklovaná, cementem stmelená směs frakce 0/32

TERMINOLOGIE

Recyklace: znovupoužití materiálu

Recyklace za studena: technologie recyklace konstrukčních vrstev vozovek pozemních komunikací

Recyklace za horka: technologie recyklace asfaltobetonových vrstev vozovek pozemních komunikací, kdy k recyklaci je nutné vrstvu ohřát na pracovní teplotu

Recyklace na místě: technologie recyklací vozovek prováděných in situ, bez nutnosti přepravy materiálu do recyklačních center

Recyklace v centru: recyklace materiálu probíhá v recyklačních centrech, kde je situováno recyklační zařízení, ke kterému je recyklovaný materiál nutné dopravit

Dehet, silniční dehty: směsi černouhelné smoly s vysokovroucími, nebo nízkovroucími dehtovými a pyrolýzními oleji; od roku 1999 je jeho používání v silničním stavitelství zakázáno; pouze tehdy, dochází-li ke zpracování dehtového recyklátu na místě, se nejedná o nakládání s nebezpečným odpadem podle zákona č. 185/2001 Sb.

ÚVOD

Recyklace v širším slova smyslu je způsob nakládání s odpadem, jeho znovupoužití. V případě dopravního stavitelství by při jakékoliv technologii opravy vozovky, která by nevyužívala materiál původní konstrukce, docházelo k značnému vzniku odpadu, jenž by končil na skládkách, v lepším případě by pak docházelo k využívání vytěženého materiálu z konstrukcí vozovek pro podřadné účely.

Na technologie recyklací v dopravním stavitelství je však nutno nahlížet spíše jako na způsob, který vzniku odpadů zabraňuje. Nabízí se celá řada technologií, které jsou schopny kvalitně, rychle, levně, a navíc ekologicky zajistit dosažení požadovaných parametrů pro příslušné konstrukční vrstvy vozovek pozemních komunikací.

Recyklace stavebních materiálů je jedním z důležitých nástrojů pro zachování udržitelného rozvoje a překlenutí rozporu mezi ekonomickým růstem a ochranou životního prostředí. Při správném způsobu použití jsou recyklované materiály v mnoha případech stejně hodnotné jako materiály standardní. Využívání recyklovaných materiálů správným způsobem tedy není na úkor kvality stavebního díla. [1]

Recyklaci vozovek je v ČR pozornost věnována postupně od druhé poloviny osmdesátých let, kdy se začaly uplatňovat první výkonné silniční frézy a byly realizovány první úseky, u kterých vznikal frézovaný materiál. V zahraničí je samozřejmě technologie recyklace vozovek starší. Rozvoj recyklace za horka v Německu a ve Francii lze datovat sedmdesátými lety minulého století, technologie recyklace za studena, respektive principy využití obalení kameniva vhodným pojivem na bázi asfaltu bez potřeby jeho obvyklého ohřevu, jsou známé již z počátku šedesátých let minulého století. Prvními průkopníky v tomto ohledu byly pěnoasfaltové směsi, jejichž výroba sice na počátku byla energeticky značně neefektivní (v důsledku využití páry namísto tlakové vody), postupným rozvojem více jak dvou desetiletí nicméně vedla k postupné standardizaci zcela nových principů, které se dále obohatily o aplikace s asfaltovými emulzemi. [2]

1 ZÁKLADNÍ TERMÍNY, JEDNOTLIVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY RECYKLOVANÝCH VRSTEV

Recyklace, v případě dopravního stavitelství, je technologický proces, při němž dochází ke znovupoužití původního materiálu vozovky pro účely vytvoření nové recyklované vrstvy.

1.1 Recyklace za studena

Recyklací za studena rozumíme soubor technologií, které ať už s použitím dalších komponent, či bez nich, využívají pro vytvoření recyklované vrstvy převážně recyklované kamenivo, které není při zpracování příslušným technologickým zařízením ohříváno. V závislosti na vstupních materiálech a použitém pojivu je pak výsledná vrstva vyrobená technologiemi za studena nestmelená, nebo stmelená. V případě nestmelených vrstev je recyklovaná vrstva parametry srovnatelná, jako by byla tvořena ŠD, nebo MZK, v případě stmelených vrstev pak jako SC, SH, SC C_{3/4}, ACL, ACP+.

1.1.1 Recyklace za studena v centru

je technologický proces zhotovení recyklované vrstvy převážně z recyklovaného kameniva, které se před dovezením na stavbu upravuje mícháním v centru. [1]



Obrázek 1 - Recyklace za studena v mobilním míchacím centru KMA 200. Foto autor

Například mobilní míchací centrum KMA 200 (viz Obrázek 1), pro recyklaci za studena, umožňuje smíchání dvou frakcí kameniva, nebo R-materiálu, přesné dávkování záměsové vody, počítačem řízené dávkování asfaltové emulze, nebo pěnoasfaltu, a dávkování cementu pomocí kontinuální váhy. Recyklovaná směs, vyrobená dle průkazní zkoušky, je od míchacího centra nákladními vozidly dopravena k finišeru a uložena jako recyklovaná vrstva dle požadavku investora. Hutnění probíhá pomocí tandemových silničních válců.

1.1.2 Recyklace za studena na místě

je technologický proces, při kterém se zhotoví recyklovaná vrstva rozpojením a úpravou staré vrstvy recyklačním zařízením přímo na místě za studena. [1]



Obrázek 2 - Recyklace za studena na místě recyklérem WR 2000. Foto autor

Požadovaná recyklovaná vrstva je vyrobena z části, nebo úplně z materiálu, který je součástí opravované poškozené vozovky pozemní komunikace. S výhodou lze pracovat i s materiálem obsahujícím dehet, a to bez zvláštních opatření. Materiál původní poškozené konstrukční vrstvy, nebo více vrstev, je frézovacím zařízením recykléru rozfrézován, a zároveň dle požadavků průkazní zkoušky v míchacím bubnu doplněn o potřebné komponenty (záměsová voda, kamenivo) a pojiva (cement, hydraulická silniční pojiva, pěnoasfalt, asfaltová emulze). Vznikne tak homogenizovaná směs, která je v závislosti na použitém zařízení rozporstřena a následně zhutněna tandemovými, nebo tahačovými silničními válci.

1.2 Recyklace za horka

Recyklace za horka je soubor technologií, které za použití ohřevu recyklované směsi na předepsanou teplotu, při současném doplnění potřebných komponent, vyrobí směs novou, která je následně využita pro asfaltové vrstvy netuhých vozovek pozemních komunikací.

1.2.1 Recyklace asfaltových směsí za horka na obalovně

R-materiál je vybouraná nebo vyfrézovaná asfaltová směs, která se dále upravuje drcením a tříděním. [5]



Obrázek 3 - Šaržová obalovna ABA 100–340 Unibatch [6]

Tato vhodně upravená směs je pak v požadovaném množství dávkována do míchačky šaržové obalovny (viz Obrázek 3), předehřívána v paralelním bubnu šaržové obalovny, nebo metodou Drum-mix dávkována souběžně s proudem horkého vzduchu do kontinuální obalovny (viz Obrázek 4).



Obrázek 4 - Kontinuální obalovna ACT 140 Contiquick [6]

1.2.2 Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek za horka na místě

Recyklace za horka na místě je metoda opravy asfaltových vozovek (obrusné, ložní nebo podkladní asfaltové vrstvy), která spočívá v ohřátí asfaltové směsi vrstvy určené k recyklaci, jejím rozpojení, promíchání s přidávanými materiály (změkčující přísady, asfaltové pojivo, kamenivo nebo asfaltová směs), zpětném položení a zhutnění. [3]



Obrázek 5 - Recyklace za horka na místě Remixerem RX 4500 [12]

Před započítím prací je provedena zkouška typu (průkazní zkouška) akreditovanou laboratoří. Ta stanoví požadavky na množství a druh přidávaných materiálů podle vlastností původní směsi k recyklaci a požadavků na asfaltovou směs pro příslušnou vrstvu pozemní komunikace.

Při recyklaci za horka na místě Remixerem RX 4500 (viz Obrázek 5) je možnost pokládat v jednom pracovním kroku, kromě recyklované asfaltové směsi, i za tepla vtlačovanou vrstvu nové asfaltové směsi.

Varianty technologie recyklace za horka na místě:

- REMIX – reprofilace asfaltové vrstvy za horka s přidáním potřebných materiálů dle laboratorní zkoušky typu (kamenivo, asfalt, předobalená asfaltová směs)
- REMIX PLUS – na upravenou a reprofilovanou vrstvu REMIX je v jednom pracovním kroku zároveň položena (vtlačena) nová obrusná vrstva (systém horké na horké) v tloušťce až 50 mm
- RESHAPE – prostá reprofilace vrstvy, za horka je materiál rozebrán a znovu položen bez přidání jakýchkoliv komponent
- REPAVE – na reprofilovanou vrstvu RESHAPE je v jednom pracovním kroku zároveň položena (vtlačena) nová obrusná vrstva v tloušťce až 50 mm

2 STANOVENÍ CÍLŮ

Tato bakalářská práce má za cíl shrnutí poznatků o technologii recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena na místě v České Republice, zaměřuje se především na celkovou recyklaci konstrukčních vrstev vozovek pozemních komunikací.

Dílejší cíle této práce jsou následující:

- Vysvětlit, z pohledu legislativních, jednotlivé termíny a definice, s recyklací za studena přímo související
- Představit možnosti uplatnění recyklovaných směsí ve vrstvách vozovek pozemních komunikací
- Upozornit na nutnost provedení diagnostiky a zkoušek průkazných i kontrolních
- Specifikovat jednotlivé vstupní materiály za studena recyklovaných směsí
- Představit jednotlivé druhy recyklovaných směsí
- Podrobně popsat postup provádění recyklace v jednotlivých krocích s důrazem na nutnost provádění rozfrézování a reprofilace před celkovou recyklací, upozornit na specifika provádění recyklace v intravilánu
- Provést cenové srovnání varianty aplikace recyklace za studena na modelovém příkladu s variantou výměny materiálu konstrukční vrstvy za nový
- Přiblížit využití technologie recyklace za studena na místě na příkladech vybraných zahraničních zemí
- Srovnání legislativních požadavků s praxí na zakázce modernizace nejvíce zatížené pozemní komunikace v České Republice, tedy dálnice D1, využití technologie recyklace za studena na místě

V této práci nebude kladena otázka, proč se recyklace vozovek nepoužívají ve větší míře. Na toto téma byla v minulosti zpracována již řada textů. Rozhodně lze konstatovat, že technologie recyklací narážejí spíše na neznalost určité části projektantů a investorů nežli na to, že by nedokázaly nabídnout vhodné technické řešení.

3 RECYKLACE KONSTRUKČNÍCH VRSTEV NETUHÝCH VOZOVEK ZA STUDENA NA MÍSTĚ

Návrh vozovek při použití technologie studené recyklace se provádí podle TP 87 – Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek a TP 170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací. [1]

V roce 2009 s účinností od 1. srpna byly Odborem silniční infrastruktury Ministerstva dopravy schváleny technické podmínky TP 208 pod názvem: „Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena“, kterými se stanovují požadavky na provádění a kontrolu konstrukčních vrstev z materiálů recyklovaných za studena. Ty zcela nahradily, do té doby platné, TP 111 - Přímé zpracování recyklovaného asfaltového materiálu do vozovek, TP 126 - Použití R-materiálu smícháním s kamenivem a asfaltovou pěnou pro PK, TP 134 - Údržba a opravy vozovek s použitím R-materiálu obalovaného za studena asfaltovou emulzí a cementem, TP 162 - Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena na místě s použitím asfaltových pojiv a cementu.

Jednotlivé technologické procesy se liší podle vstupních materiálů a použitého pojiva podle tabulky 1.

Technologický proces	Co se recykluje			Pojivo	Výsledná recyklovaná vrstva
	Asfaltové vrstvy	Penetrační makadam, nátěry	Vrstvy bez asfaltového pojiva		
NESTMELENÉ VRSTVY – RECYKLACE BEZ POUŽITÍ POJIVA					
Celková recyklace na místě	OMEZENĚ max. 30% ¹⁾	ANO		–	ŠD
Použití dodávaného převážně recyklovaného kameniva	ANO ²⁾	ANO		–	ŠD, MZK
STMELENÉ VRSTVY – RECYKLACE S POUŽITÍM POJIVA					
Celková recyklace na místě nebo recyklace v centru	OMEZENĚ max. 30% ¹⁾		ANO min. 70%	hydraulické pojivo	SC
	ANO 30% až 70%		ANO 30% až 70%	cement +asfaltová emulze nebo zpěněný asfalt	SC C _{3/4} ⁴⁾
Částečná recyklace na místě nebo recyklace v centru	ANO	NE	NE	asfaltová ³⁾ emulze nebo zpěněný asfalt	ACL, ACP ⁴⁾
¹⁾ Pokud by podíl asfaltových vrstev překročil 30 % celkové hmotnosti materiálů recyklované vrstvy, doporučuje se část asfaltových vrstev předem odstranit (vyfrézovat a odvézt k dalšímu použití). ²⁾ R-materiál ³⁾ Pro zlepšení vlastností je možno v omezené míře jako přísadu přidávat cement nebo vápenný hydrát. ⁴⁾ Srovnatelná vrstva při návrhu konstrukce vozovky podle TP 170.					

Tabulka 1 - Technologické procesy recyklace za studena [1]

3.1 Základní termíny a definice

R-materiál (podle ČSN EN 13108-8) - asfaltová směs znovuzískaná odfrézováním asfaltových vrstev nebo drcením desek vybouraných z asfaltových vozovek nebo velkých kusů asfaltové směsi a asfaltové směsi z neshodné nebo nadbytečné výroby. [1]

Recyklované kamenivo (podle ČSN EN 13242+A1) - kamenivo získané zpracováním anorganického materiálu dříve použitého v konstrukci. [1]

Recyklovaná vrstva / recyklovaná směs - vrstva vozovky / stavební směs zhotovená recyklací na místě nebo z dodávaného převážně recyklovaného kameniva nebo kombinací obou způsobů. [1]

Celková recyklace (Full-Depth-Reclamation) - je recyklace podkladních vrstev nebo společná recyklace krytu (nebo jeho části) a podkladních vrstev na místě do hloubky obvykle 120 mm až 250 mm, kde se jako pojivo používá cement nebo kombinace cementu + asfaltové emulze / zpěněného asfaltu. Cement je možno nahradit hydraulickým pojivem na bázi cementu. Používá se tam, kde je únosnost vozovky vyčerpána a vozovka je natolik porušena, že je nezbytná rekonstrukce více vrstev. Příznakem je výskyt síťových trhlin, často doprovázených četnými výtluky a plošnými deformacemi zejména ve stopách vozidel nebo při okrajích. [1]

Částečná recyklace (Partial-Depth-Reclamation) - je recyklace asfaltových vrstev v krytu na místě do hloubky max. 120 mm, kde se jako hlavní složka pojiva používá asfaltová emulze. Je vhodná v případě potřeby regenerace asfaltových vrstev. Příznakem je hloubková koroze povrchu, výtluky, mozaikové trhliny, trhliny na pracovních spárách, podélné a příčné trhliny nebo četné vysprávkky. [1]

3.2 Užití recyklovaných vrstev ve vozovce

3.2.1 Nestmelené vrstvy (recyklace bez použití pojiva)

Užití recyklovaných vrstev bez použití pojiva v konstrukci vozovky je stejné jako u nestmelených vrstev podle ČSN 73 6126-1 a je uvedeno v Tabulce 2. [1]

Vrstva		Doporučená třída dopravního zatížení (TDZ) podle ČSN 73 6114	
		Podkladní vrstva	Ochranná vrstva
ŠD recyklovaná na místě/ z dodávaného recyklovaného kameniva	ŠDA	III, IV, V a VI	bez omezení
	ŠDB	V, VI	V, VI
MZK z dodávaného recyklovaného kameniva ¹⁾		bez omezení	–
¹⁾ Pro místní a účelové komunikace třídy dopravního zatížení VI, parkovací a odstavné plochy vozidel celkové hmotnosti do 3 t, dočasné komunikace a dočasné vsprávký je možno zejména při použití R-materiálu použít jako kryt.			

Tabulka 2 - Užití recyklovaných vrstev bez použití pojiva [1]

3.2.2 Stmelené vrstvy (recyklace s použitím pojiva)

Užití recyklovaných vrstev s použitím pojiva ve vozovce je uvedeno v Tabulce 3. [1]

Vrstva recyklovaná na místě / v míchacím centru	Doporučená třída dopravního zatížení		
	Obrusná vrstva	Ložní vrstva ¹⁾	Podkladní vrstva
s použitím cementu nebo jiného hydraulického pojiva ²⁾	–	–	bez omezení
s použitím cementu + asfaltové emulze nebo zpěněného asfaltu ²⁾	–	V, VI ³⁾	bez omezení
s použitím asfaltové emulze nebo zpěněného asfaltu ²⁾	–	IV, V, VI	bez omezení
¹⁾ Nerozlišuje se v případě jednovrstvého krytu. ²⁾ Pro místní a účelové komunikace třídy dopravního zatížení VI, parkovací a odstavné plochy a dočasné komunikace je možno použít i jako kryt vozovky. Pro místní obslužné komunikace se povrch vrstvy musí opatřit nátěrem nebo emulzní kalovou vrstvou. ³⁾ U směsí s vyšším podílem zbytkového asfaltu než cementu.			

Tabulka 3 - Užití recyklovaných vrstev s použitím pojiva [1]

Jako minimální tloušťku ztuhlé vrstvy recyklované na místě uvádí TP 208 hodnotu 120 mm, v praxi je tato tloušťka však používána spíše pro recyklované asfaltové vrstvy částečnou recyklací za studena na místě. Jako tloušťku maximální, nepřekročitelnou pak stanovuje TP 208 hodnotu 250 mm. Při stanovování tloušťky vrstvy je především nutné

zohlednit velikost maximálního zrna směsi. Běžně se pak tloušťky recyklovaných vrstev za studena na místě celkovou recyklací pohybují v rozmezí 150-220 mm.

Dokončenou stmelanou recyklovanou vrstvou je nutné před provedením následné asfaltobetonové vrstvy opatřit infiltračním postříkem z kationaktivní asfaltové emulze.

3.3 Diagnostický průzkum

Rozhodnutí o recyklaci vrstev konstrukce vozovky musí předcházet diagnostický průzkum, který musí zahrnovat [1]:

- vizuální prohlídku pro identifikaci poruch,
- jádrové vývrty nebo kopané sondy pro zjištění stavu, tlouštěk, druhu konstrukčních vrstev a druhu zeminy v podloží,
- průkaz dostatečné únosnosti podloží, resp. zbytkové životnosti konstrukce vozovky.

Pro technologii recyklace za studena na místě je nutná podrobná diagnostika komunikace, jejíž obsah by měl přesahovat minimální požadavky definované v resortních TP (každá diagnostika by měla být zadávána na konkrétní podmínky, měla by přesně definovat počet kopaných sond, vývrtů, použití zařízení GPR, FWD atd.). [11]

3.4 Vstupní materiály

3.4.1 Recyklované kamenivo

Stěžejním vstupním materiálem při recyklaci za studena na místě je původní kamenivo konstrukčních vrstev vozovky určené k recyklaci. Zavedením TP 208 se v mnoha ohledech otevřely možnosti širokého uplatnění recyklace ve smyslu tom, že nejsou kladeny zbytečné legislativní překážky v pohledu na recyklované kamenivo.

Recyklované kamenivo se vyrábí podle ČSN EN 13242+A1. Kamenivo muselo při budování původních vrstev vozovky splňovat určité parametry. Proto se při jeho recyklaci již nepožaduje prokazování některých vlastností jako tvarový index, odolnost proti drcení, obsah celkové síry a odolnost proti zmrazování a rozmrazování. Toto ale neplatí, pokud recyklované kamenivo pochází z jiných zdrojů, nebo jeho původ není znám. [1]

Recyklované kamenivo, které splňuje požadované parametry je plnohodnotná náhrada kameniva přírodního a při jeho užití není důvod měnit standardní postupy při návrhu a provádění stavebního díla. [1]

Pro recyklaci za studena je zásadní hodnota velikosti frakce recyklovaného kameniva. V případě celkové recyklace na místě je možné recyklovat až do frakce 0/63, ale u částečné recyklace je možnost uplatnění technologie doporučena do frakce 0/32. Tento fakt vychází především z možných tloušťek recyklovaných vrstev.

Pokud recyklovaný materiál obsahuje dehet, při recyklaci na místě s použitím pojiva je možné jeho použití bez zvláštních opatření. S použitím pojiva je též možné neprodlené zpracování přebytečného materiálu (obsahujícího dehet) vzniklého při recyklaci na jiné stavbě. Konkrétní podmínky zpracování směsí obsahujících dehet jsou uvedeny v TP 150. [1]

3.4.2 Kamenivo na úpravu vlastností směsi a vrstvy

Na základě výsledků průkazných zkoušek bývá často nutné přidávat do vyráběné recyklované směsi kamenivo pro úpravu křivky zrnitosti. U celkových recyklací to nejčastěji bývá kamenivo frakce 0/4, nebo 0/32. Kamenivo bývá do recyklovaných vrstev také často dodáváno z důvodu požadavku na navýšení nivelety pozemní komunikace. V tomto případě je nejvhodnější použití frakce 0/32, bez ohledu na to, jedná-li se o kamenivo recyklované či nikoli.

Při recyklaci vrstev krytu z asfaltových směsí za použití asfaltové emulze (částečná recyklace, pozn. aut.) musí mít externě dodávané kamenivo vlastnosti podle ČSN EN 13043. Při recyklaci vrstev, kde jsou asfaltové směsi zastoupeny jen částečně (celková recyklace, pozn. aut.) musí mít externě dodávané kamenivo vlastnosti podle ČSN EN 13242+A1. [1]

3.4.3 Cement, hydraulická silniční pojiva

Pro recyklaci za studena je v praxi nejčastěji používaný cement portlandský směsný struskový CEM II/B-S 32,5 R. Standardní dávkování cementu, nebo hydraulického pojiva je v množství 3-6 % hmotnosti směsi.

Vyznačuje se rychlým nárůstem počáteční pevnosti a dobrou odolností proti agresivnímu prostředí. Náběh hydratačního tepla je příznivý. [4]

TP 208 předepisuje požadavky na cementy nutností splnit kritéria normy ČSN EN 197-1. Je možné použití i cementů třídy 42,5, 52,5.

Hydraulické silniční pojivo používané pro směsi stmelené cementem musí splňovat požadavky ENV 13282 pro třídy pevnosti HRB 22,5 E nebo HRB 32,5 E. [1]

3.4.4 Asfaltová emulze, pěnoasfalt

Kombinace cementu a asfaltového pojiva ve formě emulze, nebo pěnoasfaltu zajistí vyšší flexibilitu recyklované směsi.

Při recyklaci za studena jsou využívány kationaktivní asfaltové emulze s obsahem zbytkového asfaltu přibližně 60 %. Důležitým faktorem při volbě vhodné asfaltové emulze pro recyklaci za studena je nutnost splnění kritéria stability vůči cementu podle ČSN EN 12848 (Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení mísicí stability asfaltových emulzí s cementem).

Zpěněný asfalt, který za studena obaluje vlhké jemnozrné materiály vzniká řízeným procesem dávkování malého množství vody do horkého asfaltu za zvýšeného tlaku speciálním postupem. Zpěněný asfalt musí být zhotoven a dávkován současně, jak při procesu míchání v míchacím centru, tak při recyklaci na místě. Pro výrobu zpěněného asfaltu je možno použít asfalt 50/70, 70/100, 100/150 nebo 160/220 podle ČSN EN 12591. [1]

3.4.5 Voda

Záměsová voda musí splňovat požadavky normy ČSN EN 1008 (Záměsová voda do betonu).

3.4.6 Příměsi

Pro zlepšení vlastností lze použít další vhodné příměsi, kterými mohou být například popílky, odprašky, prostředky pro regeneraci pojiva apod. [1]

V praxi však v současné době není používání jakýchkoliv příměsí v České republice rozšířeno.

3.5 Směsi recyklované za studena na místě

3.5.1 Směsi nestmelené

Požadavky na recyklované nestmelené směsi podle národní přílohy ČSN EN 13285 jsou obsaženy v Tabulce 4. [1]



Obrázek 6 - Recyklovaná nestmelená směs [13]

Článek normy ČSN EN 13285	Vlastnost	Požadavky ČSN EN 13285		
		MZK	ŠD _A	ŠD _B
4.3.1	Označení směsi	0/32; 0/45	0/32; 0/45; 0/63	0/32; 0/45; 0/63
4.3.3 tabulka 4	Nadsítné	OC ₉₀	OC ₈₅	OC ₈₀
4.3.2 tabulka 2	Max. obsah jemných částic ¹⁾	UF ₉		UF ₁₂
4.4.1 tabulka 6	Požadavky na zrnitost ¹⁾	G _A , G _C , G _O	G _E	G _N
4.4.2 tabulka 7 a 8	Zrnitost jednotlivých dávek ¹⁾	Požadavky tab. 7 a 8	—	—
NA.4.5	CBR po sycení ve vodě po dobu 96 hodin ¹⁾	Min. 100 %	—	—
NA.5.3	Laboratorní srovnávací objemová hmotnost a optimální vlhkost ²⁾	Deklarovaná hodnota		
NA.5.3	Vlhkost ³⁾	-3% až +2%	—	—

¹⁾ Nezkouší se u směsi, kde jedinou složku tvoří R-materiál
²⁾ Platí pro směsi zhotovené z dodávaného recyklovaného kameniva
³⁾ Doporučené max. odchylky od deklarované hodnoty

Tabulka 4 - Požadavky na recyklované nestmelené směsi [1]

3.5.2 Směsi stmelené

Požadavky na fyzikálně mechanické vlastnosti jsou stanoveny v Tabulce 5 [1]

Pokud je recyklovaná vrstva vozovky tvořena kamenivem frakce 0/63, nejsou při celkové recyklaci za studena žádné fyzikálně mechanické vlastnosti v TP 208 požadovány, je však při výrobě nutné sledovat rovnoměrnost vzájemného promísení všech komponent.



Obrázek 7 - Recyklovaná stmelená směs frakce 0/63 [13]

Vlastnost		Požadavky pro směsi s použitím pojiva		
		cement nebo jiné hydr. pojivo	cement + asfaltová emulze nebo zpěněný asfalt	asfaltová emulze nebo zpěněný asfalt
Označení směsi	recyklace na místě	0/32; 0/45		0/32
	recyklace v centru	0/16; 0/22; 0/32; 0/45		0/16; 0/22; 0/32
Požadavky na zrnitost směsi ^{1) 2)}		Příloha A, tab. A.1		Příloha A, tab. A.2
Laboratorní srovnávací objemová hmotnost a optimální vlhkost		deklarovaná hodnota		
Vlhkost ³⁾		-3% až +2%		
Min. pevnost v tlaku R_c po 28 dnech ⁴⁾ Odolnost proti mrazu a vodě		$C_{3/4}$ 85% pevnosti R_c	—	—
Min. pevnost v příčném tahu R_{ft} ⁵⁾ po 7 dnech Odolnost proti vodě min. (7 dní na vzduchu + 7 dní ve vodě)		0,30 až 0,70 MPa 75% pevnosti R_{ft}	0,30 až 0,70 MPa 75% pevnosti R_{ft}	0,30 MPa 60% pevnosti R_{ft}
Mezerovitost		—	—	6% až 14%
¹⁾ Doporučené požadavky pro směs kameniva před přidáním pojiva. ²⁾ U složky R-materiálu se uvažuje kusová zrnitost. ³⁾ Doporučené max. odchylky od deklarované hodnoty. ⁴⁾ Zkouší se jako směs stmelená cementem podle ČSN EN 14227-1, další zkouška pevnosti v příčném tahu (R_{ft}) a odolnosti proti vodě se pak neprovádí. Je možno navrhovat směsi i vyšších tříd pevnosti. ⁵⁾ Pro TDZ IV, V a VI a směsi odpovídající třídě pevnosti $C_{3/4}$ podle ČSN EN 14227-1 je možno nahradit zkoušku pevnosti v tlaku (R_c) a odolnosti proti mrazu a vodě.				

Tabulka 5 - Požadavky na recyklované stmelené směsi [1]

3.6 Průkazní zkoušky recyklovaných směsí

Splnění požadavků kladených na recyklované směsi (viz Tabula 4 a Tabulka 5) je ověřováno provedením průkazních zkoušek recyklovaných směsí. Součástí průkazní zkoušky je návrh receptury.

Před zahájením prací je pro účely průkazních zkoušek proveden odběr reprezentativních vzorků. Zkušební vzorky se odeberou na vozovce pomocí frézy tak, aby byl odebrán jen materiál z vrstev, které jsou určené k recyklaci. [1]

Při celkové recyklaci je možné pro silnice III. třídy, místní a účelové komunikace třídy dopravního zatížení IV, V, VI, parkovací a odstavné plochy postupovat tak, že se návrh směsi se sestaví na základě vizuálního posouzení materiálů, získaných pomocí výseků a sond. Významné mohou být též poznatky z dříve prováděných recyklací z podobných materiálů. Aby se maximálně snížilo riziko, že navržená receptura nebude potvrzena, její sestavení se z hlediska dávkování pojiv doporučuje provádět s přiměřenou rezervou. [1]

Pro směsi stmelené cementem / jiným hydraulický pojivem se dávkování cementu obvykle navrhuje v rozmezí 4 % až 6 %, dávkování jiného hydraulického pojiva se pak zvyšuje o 1 %. [1]

Pro směsi stmelené cementem + asfaltovou emulzí / zpěněným asfaltem se dávkování asfaltové emulze / zpěněného asfaltu obvykle navrhuje v rozmezí 2,0 % až 3,5 % v množství zbytkového asfaltu, dávkování cementu 2,5 % až 5 %. [1]

Pro směsi stmelené asfaltovou emulzí / zpěněným asfaltem se dávkování asfaltové emulze / zpěněného asfaltu obvykle navrhuje v rozmezí 0,9 % až 1,6 % v množství zbytkového asfaltu. Pro snížení vlhkosti směsi a zvýšení odolnosti proti účinkům vody je možno jako přísadu přidávat cement v množství do 1 % nebo vápenný hydrát v množství 1 % až 2 %. [1]

Ověřování splnění požadavků stanovených na recyklovanou směs probíhá laboratorně na 6 vyrobených zkušebních tělesech, z nichž jsou 3 určeny na zkoušku 7denní pevnosti v příčném tahu a 3 na zkoušku poklesu pevnosti v příčném tahu po 7denním uložení na vzduchu a 7denním uložení ve vodě.

V Příloze D je vzorová průkazní zkouška na recyklaci vozovky se směsí o zrnitosti 0/63.

3.7 Postup provádění recyklace za studena na místě

Práce se nesmí provádět při silném nebo dlouhotrvajícím dešti, materiál nesmí být zmrzlý. Nestmelené vrstvy se nesmí provádět při teplotách nižších než 0 °C. Stmelené vrstvy se nesmí provádět při teplotách nižších než +5 °C. Pokud teplota při ošetřování klesne pod 0 °C,

musí se zhodnotit stav vrstvy a provést její případné opravy. Pokud teplota při ošetřování překročí +25 °C, musí se udržování jejího vlhkého stavu věnovat zvýšená pozornost. [1]

3.7.1 Nestmelené recyklované vrstvy

Výroba nestmelené vrstvy z původní poškozené vozovky se provádí za účelem její homogenizace. Stávající konstrukční vrstvy jsou v potřebné tloušťce rozfrézovány vhodným typem frézy, dle potřeby může být přidán další materiál, jako např. kamenivo pro úpravu křivky zrnitosti. To je dávkováno před samotným rozfrézováním na povrch vozovky ve stanoveném množství. Při homogenizaci materiálu recyklérem může být přidávána do mísícího frézovacího bubnu také voda pro úpravu vlhkosti směsi, což je důležité pro správné zhutnění. Takto homogenizovaný, recyklovaný materiál je pak urovnán do požadovaných výšek a sklonů grejdrem a zhutněn silničním válcem.

3.7.2 Stmelené recyklované vrstvy – celková recyklace za studena na místě

V případě vrstvy stmelené kombinovaným pojivem (cement + asfaltové pojivo) je postup recyklace za studena na místě následující.

Na stávající povrch vozovky je dle požadavku průkazní zkoušky nadávkováno kamenivo vhodné frakce pro úpravu křivky zrnitosti. To je provedeno grejdrem, nebo finišerem v množství požadovaném průkazní zkouškou.



Obrázek 8 - Dávkování cementu dávkovačem DSP 240 na podvozku Tatra 815. Foto autor

Dávkovačem sypkých pojiv je na vozovku nanášeno požadované množství cementu, nebo jiného hydraulického pojiva (viz Obrázek 8). Tuto operaci lze variantně provádět speciálním zařízením pro výrobu cementové suspenze. Toto zařízení pak po naplnění cementem a vodou vyrábí cementovou suspenzi, která je do recykléru dávkována v přesném množství, a to přímo do frézovacího bubnu recykléru.

Dalším krokem je samotná recyklace za studena sestavou recykléru, distributoru na asfalt či asfaltovou emulzi a cisterny s vodou. Voda i asfaltové pojivo jsou současně dávkovány počítačem řízenými čerpadly do frézovacího bubnu recykléru. Vyrobený materiál je nutné průběžně kontrolovat z hlediska optimální vlhkosti a správnosti promísení jednotlivých komponent. Pro správně provedenou recyklaci je dostatečná vlhkost směsi naprosto klíčový parametr.



Obrázek 9 - Recyklace s kombinovaným pojivem, Recyklér WR 2500. Foto autor

Recyklace, s ohledem na dobu zpracovatelnosti směsi s cementem a asfaltovým pojivem, probíhá zpravidla v ucelených úsecích v délce přibližně 150-250 m. Po dokončení recyklace v celé šířce takového dílčího úseku je možné přistoupit k rovnání a hutnění.

Před samotným urovnáním vrstvy grejdrem je vrstva předhutněna silničním válcem bez použití vibrace. Vrstva je tak stlačena rovnoměrně v celé šířce úpravy, nikoli jen pod koly recykléru. Zamezí se tím vzniku příčných deformací na dokončené vrstvě.

Následně je vrstva urovnána do požadovaných výšek a příčných spádů grejdrem. Poté je přistoupeno k hutnění silničními válci. Nejčastěji jsou používány válce tahačové, a to vibrační, nebo oscilační.



Obrázek 10 - Urovnání recyklované vrstvy grejdrem HBM 190 TA3. Foto autor

V průběhu rovnání a hutnění je nutné stále sledovat správnou vlhkost směsi a v případě potřeby, především v letním období, ji průběžně upravovat kropením z autocisterny. Při nedostatečné vlhkosti směsi nedojde ke správnému zhutnění recyklované vrstvy.



Obrázek 11 - Hutnění recyklované vrstvy tahačovým válcem HAMM 3520. Foto autor

Pokud při hutnění dochází k vytlačování vody na povrch vrstvy nebo se stále tvoří stopy po válci, ve vrstvě je nadbytek vlhkosti. V takovém případě se musí hutnění přerušit a pokračovat až po částečném vysušení vrstvy, ne však po době delší jak 24 hodin. Vysušení vrstvy je možné urychlit opakovaným promísením. Pokud není možné převlhčenou vrstvu ani takto vysušit, musí se provést její nová recyklace. [1]

Pro dosažení optimálních výsledků, tedy takových, aby byly srovnatelné s výsledky průkazní zkoušky na vyrobených tělesech, je nutné, aby došlo k urovnání a zhutnění směsi do 3 hodin od jejího smísení s kombinovaným pojivem.

Dokončenou vrstvu je nutné po dobu 7 dní, v závislosti na klimatických podmínkách, ošetřovat kropením vodou. Před provedením další vrstvy z asfaltového betonu je nutné provést infiltrační postřik. Dopravnímu zatížení je možné vrstvu vystavit po 7 dnech. Vrstva nesmí být bez překrytí další vrstvou ponechána přes zimu. [1]

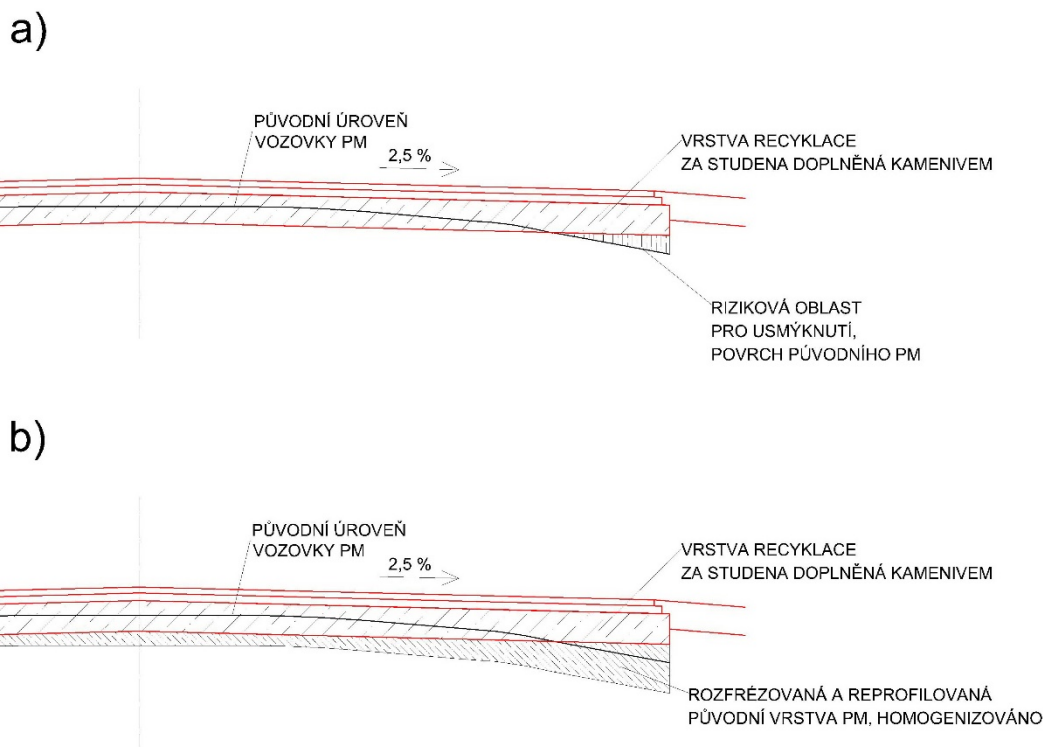
3.7.3 Rozfrézování a reprofilace vrstev vozovky před celkovou recyklací

Velká část projektů rekonstrukcí pozemních komunikací předepisuje nejen příčný spád výsledné vrstvy, ale i přesnou úroveň nivelety pozemní komunikace. Toho lze dosáhnout různými způsoby, které závisí především na tom, je-li výšková úroveň recyklované vrstvy nad či pod úrovní nivelety původní vozovky určené k recyklaci.

V případě přebytku materiálu, tedy je-li stávající vozovka nad úrovní výsledné vrstvy recyklace, je nutné před samotnou recyklací za studena na místě přistoupit k rozfrézování stávajících vrstev pozemní komunikace silniční frézou, nebo recyklérem. Volba mechanismu záleží především na druhu a vlastnostech stávajících vozovkových vrstev. Po rozfrézování vrstev v potřebné tloušťce (bez přidání pojiv) následuje urovnání do požadované úrovně recyklované vrstvy s tím, že je přebytek materiálu naložen a odvezen ze stavby, nebo do míst s deficitem. Následně je nutné provést zhutnění. Po dokončení těchto činností je možno přistoupit k recyklaci za studena na místě dle bodu 3.8.2.

V případě nedostatku materiálu, tedy je-li úroveň stávající vozovky pod požadovanou výškou výsledné vrstvy recyklace, je třeba provést rozfrézování a reprofilaci rovněž, ale s tím rozdílem, že při urovnání rozfrézované vrstvy je ke grejdru dopraven materiál z externího zdroje, nebo z úseků opravované komunikace, kde je přebytek materiálu. Vhodným materiálem je nové či recyklované kamenivo takových vlastností, které jsou stejné, nebo lepší v porovnání s materiálem stávající vozovky (viz 3.4.2). Pokud by nebyla vozovka před výškovou úpravou grejdrem rozfrézována ve vhodné tloušťce, nemuselo by dojít ke spojení recyklované vrstvy

s níže položenou konstrukční vrstvou. K tomu by došlo v případě, že by dosypání vrstvy na požadovanou výškovou úroveň přesahovalo tloušťku následné recyklace. Z praxe pak víme, že může dojít k usmýknutí recyklované vrstvy po vrstvě nižší, např. z penetračního makadamu (PM) (viz Obrázek 12 a).

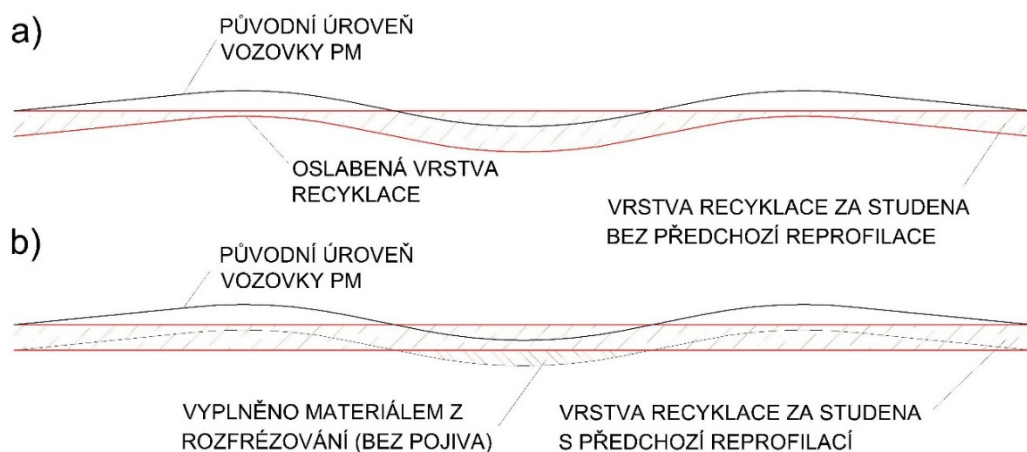


Obrázek 12 - Vyrovnání příčného profilu rozfrézováním a reprofilací. Schéma autor

Pokud přistoupíme před recyklací příčně silně deformované vozovky k rozfrézování a reprofilaci, zajistíme, díky homogenizaci materiálu, vhodný podklad pro vrstvu recyklovanou za studena na místě (viz Obrázek 12 b).

Rozhodně lze konstatovat, že předchozí provedení rozfrézování a reprofilace vrstvy před samotnou recyklací za studena na místě je vždy ku prospěchu věci. Z hlediska podélných nerovností původní vozovky a požadavku na její vyrovnání je opět přechodí homogenizace vrstvy jejím rozfrézováním a urovnáním nutností. Pokud by totiž byla vozovka přímo na místě recyklována bez předchozí přípravy, došlo by při rovnání grejdrem k tomu, že by výsledná tloušťka vrstvy dosahovala různých hodnot (viz Obrázek 13 a), což by mělo celou řadu negativních důsledků.

Je nutné zabezpečit, aby vrstva při požadavku na výškové změny oproti původní niveletě, byla předem připravena pomocí rozfrézování a reprofilace. Výsledná tloušťka pak bude v celé délce úseku přibližně konstantní (viz Obrázek 13 b).



Obrázek 13 - Vyrovnání podélného profilu rozfrézováním a reprofilací. Schéma autor

Další možností, jde-li o přebytek materiálu, je také profilové frézování původní vozovky přímo do požadovaných výšek a příčného a podélného spádu s tím, že po odfrézování přebytečného materiálu může být přistoupeno přímo k recyklaci za studena na místě.

Je třeba si uvědomit, že i při použití recyklačních fréz, které jsou vybaveny pokládací finišerovou lištou, je nutné provést rozfrézování a reprofilaci, kvůli výše zmíněným důvodům, což s sebou vždy nese potřebu urovnání rozfrézované vrstvy grejdrem. Pokládací lištu tak lze využít až pro samotnou recyklaci za studena na místě, nikoli pro reprofilaci rozfrézované vrstvy. Docházelo by totiž k soustavnému zahlcování lišty přebytečným materiálem, nebo by naopak na liště chyběl materiál k položení. Tento typ recykléru musí mít stabilní a konstantní přísun materiálu k položení.

3.7.4 Recyklace za studena na místě v intravilánu, kolize se sítěmi

Recyklace v intravilánu s sebou nese celou řadu komplikací, které je s využitím jednoduchých postupů možné bez snížení kvality recyklované vrstvy použít.

Nejčastějším požadavkem investora je výšková úprava nivelety, důvodem je jednak odvodnění vozovky, výšková úroveň vjezdů do objektů, vytvoření přesné výškové úrovně mezi

nově budovanými či stávajícími obrubami apod. Tomuto požadavku lze dle bodu 3.8.3 vyhovět např. pomocí rozfrézování a reprofilace vrstvy.

Existence povrchových znaků inženýrských sítí je nejčastější komplikací recyklace v intravilánu.

V případě teleskopického vodovodního šoupěte, resp. teleskopické zemní soupravy pro uzavírání vodovodního řádu, je vhodné provést zatlačení soupravy pod úroveň tloušťky recyklace a odstranit litinový poklop. Po provedení recyklace může být souprava opět vrácena do původního stavu s tím, že dojde k výškovému ustavení litinového poklopu.

Kanalizační vpust', revizní šachtu apod. je vhodné před recyklací odstranit. Resp. vyjmout tu část, která zasahuje do tloušťky recyklované vrstvy s tím, že otvor je nutné opatřit ocelovým plátem dostatečné tloušťky tak, aby přes něj mohla proběhnout recyklace. Po recyklaci, urovnání a zhutnění je následně ocelový plát obnažen, vyjmut a šachta opět osazena do potřebné výšky.

Vodovodní hydrant, vodovodní zemní uzavírací souprava neteleskopická, plynová zařízení a další neodstranitelné povrchové znaky inženýrských sítí je nutno při recyklaci na místě vynechat a provést lokální výměnu materiálu v přímé blízkosti povrchového znaku jinou, menší technikou.

Každé recyklaci, u které je riziko kolize se sítěmi, musí předcházet podrobné vyhledání povrchových znaků inženýrských sítí jejich správcem. Zároveň musí být identifikována rizika kolize s podpovrchovým vedením inženýrských sítí, případně dalších objektů.

3.7.5 Stmelené recyklované vrstvy – částečná recyklace za studena na místě

Recyklace asfaltových vrstev na místě za studena se provádí podobným způsobem, jako technologie Remix (recyklace za horka na místě bez vtlačované vrstvy, pozn. aut.) s tím rozdílem, že jako pojivo se místo asfaltu používá pomaluštěpná asfaltová emulze a neprovádí se žádné nahřívání vrstvy. Zatímco tvrdnutí horké asfaltové směsi v položené vrstvě probíhá proto, že vrstva chladne, tvrdnutí vrstvy stmelené asfaltovou emulzí je způsobeno štěpením asfaltové emulze. [4]

Recyklované asfaltové směsi obalované za studena na místě asfaltovou emulzí nedosahují stejné kvalitativní úrovně jako směsi obalované asfaltem za horka. Proto se recyklace asfaltových vrstev na místě za studena používá především pro ložní a podkladní vrstvy. Obrusné vrstvy je možné navrhovat jen u komunikací s velmi nízkým dopravním

zatížením (třída dopravního zatížení V až VI) a doporučuje se je opatřit vhodnou tenkou povrchovou úpravou (nátěr, emulzní kalová vrstva). Pro účely návrhu vozovky recyklované asfaltové vrstvy na místě za studena odpovídají směsi ACL, ACP s omezením použití pro nižší dopravní zatížení. [4]

Technologie pochází z USA, kde se již přes 20 let úspěšně používá i při rekonstrukcích rychlostních komunikací a dálnic. [7]

Přestože v České Republice proběhlo několik úspěšných realizací oprav, není bohužel v současnosti tato technologie běžně používána.

3.8 Kontrolní zkoušky

3.8.1 Kontrolní zkoušky recyklovaných směsí

V průběhu a po dokončení recyklace za studena na místě je nutné provádět celou řadu zkoušek směsí, které vycházejí z požadavků stanovených v TP 208 tyto požadavky jsou uvedeny v Tabulce 6 pro směsi nestmelené a v Tabulce 7 pro stmelené směsi.

Typ směsi	Vlastnost	Požadavky	Zkouška	Četnost
MZK	Zrnitost jednotlivých dávek ¹⁾	G_A, G_C, G_O podle tab. NA.2, čl. 4.4.2 a tab. 7 a 8 podle ČSN EN 13285	ČSN EN 933-1+A1	1000 m ³ min. 1× denně
	Obsah jemných částic ¹⁾	UF_9 podle tab. NA.2 ČSN EN 13285	ČSN EN 933-1+A1	1000 m ³ min. 1× denně
	Vlhkost	- 3% až + 2% ²⁾	ČSN EN 1097-5	min 2 x denně
ŠD	Zrnitost ¹⁾	G_E podle tab. NA.2 ČSN EN 13285	ČSN EN 933-1+A1	min. 1× denně
	Obsah jemných částic ¹⁾	UF_9 podle tab. NA.2 ČSN EN 13285	ČSN EN 933-1+A1	min. 1× denně
¹⁾ U směsí, kde jedinou složku tvoří R-materiál (jak dodávaný tak získaný na místě) platí G_N a UF_N . ²⁾ Doporučené max. odchylky od deklarované hodnoty.				

Tabulka 6 - Kontrolní zkoušky recyklovaných nestmelených směsí [1]

Kontrolní zkoušky ověřují při provádění shodu s požadavky na směs podle průkazní zkoušky viz 3.7.

U směsí 0/16, 0/22, 0/32 a 0/45 kontrolní zkoušky při provádění ověřují shodu s požadavky na směs podle 3.6. Směsi 0/63, použité při celkové recyklaci na místě se kontrolují vizuálně, kde se sleduje dávkování, stejnoměrnost vzájemného promísení všech komponent a vlhkost. [1]

Typ směsi podle pojiva	Vlastnost	Požadavky	Zkouška	Četnost ¹⁾
cement nebo jiné hydraulické pojivo	Vlhkost ²⁾	-3% až +2%	ČSN EN 1097-5	2000 t nebo 6000 m ² min. 1× denně
	Min. pevnost v tlaku R_c po 28 dnech ³⁾	$C_{3/4}$	ČSN EN 14227-1	
	Odolnost proti mrazu a vodě	85% pevnosti R_c		
	Min. pevnost v příč. tahu R_{it} po 7 dnech ³⁾	0,25 MPa	Příloha B.2.9	
	Odolnost proti vodě min. (7 dní na vzduchu + 7 ve vodě)	75% pevnosti R_{it}	Příloha B.2.9	
cement + asfaltová emulze nebo zpěněný ⁴⁾ asfalt	Vlhkost ²⁾	-3% až +2%	ČSN EN 1097-5	2000 t nebo 6000 m ² min. 1× denně
	Min. pevnost v příč. tahu R_{it} po 7 dnech	0,25 MPa	Příloha B.2.9	
	Odolnost proti vodě min. (7 dní na vzduchu + 7 ve vodě)	75% pevnosti R_{it}	Příloha B.2.9	
asfaltová emulze nebo zpěněný ⁴⁾ asfalt	Vlhkost ²⁾	-3% až +2%	ČSN EN 1097-5	2000 t nebo 6000 m ² min. 1× denně
	Min. pevnost v příč. tahu R_{it} po 7 dnech	0,25 MPa	Příloha B.2.9	
	Odolnost proti vodě min. (7 dní na vzduchu + 7 ve vodě)	60% pevnosti R_{it}	Příloha B.2.9	
	Mezerovitost	6% až 14%	Příloha B.2.8	
¹⁾ Četnost v tunách platí pro výrobu směsi v míchacím centru, v m ² pro recyklaci na místě ²⁾ Informativní hodnota pro účely výpočtu suché objemové hmotnosti zkušebních těles. Její následnou kontrolu je možno provádět vizuálně podle přílohy C.2.4. Vlhkost, případně její max. odchylky od deklarované hodnoty musí být takové, aby bylo možné vrstvu správně ztuhnout ³⁾ Zkouší se pevnost v tlaku a odolnost proti mrazu a vodě nebo pevnost v příčném tahu a odolnost proti vodě v souladu s použitou průkazní zkouškou. ⁴⁾ Při použití zpěněného asfaltu se min. 2x denně kontrolují jeho vlastnosti podle 6.3.3.				

Tabulka 7 - Kontrolní zkoušky recyklovaných stmelovaných směsí [1]

3.8.2 Kontrolní zkoušky recyklovaných vrstev

Na dokončené konstrukční vrstvě provedené recyklací za studena na místě jsou prováděny zkoušky, které ověřují shodu s požadavky na geometrické charakteristiky a na mechanické vlastnosti vrstvy.

Kontrolní zkoušky vrstev nestmelovaných jsou uvedeny v Tabulce 8. Kontrolní zkoušky pro ověření geometrických charakteristik vrstev stmelovaných jsou uvedeny v Tabulce 9 a konečně kontrolní zkoušky stmelovaných vrstev pro ověření mechanických vlastností v Tabulce 10.

V Příloze E je příklad protokolu o kontrolních zkouškách na zakázce se zrnitostí směsi frakce 0/63.

Vlastnost		Požadavek		Zkouška	Min. četnost
		MZK	ŠD		
Odchylky od výšek podle dokumentace (jsou-li stanoveny)	maximálně	± 20 mm		nivelací	po 40 m
Odchylka od příčného sklonu max.		± 0,5 %	± 1,0 %	nivelací	po 120 m
Nerovnost povrchu max.	podélná	20 mm	30 mm	ČSN 73 6175	průběžně
	příčná	20 mm			po 40 m
Tloušťka vrstvy h	minimální	0,8 h		nivelací, sondou	1500 m ²
	průměr	0,9 h			
Míra zhuštění minimální		98 %	–	ČSN 72 1006	1500 m ²
Modul přetvárnosti E _{def2} min ¹⁾		Příloha E		ČSN 72 1006	1500 m ² min. 3 zkoušky ³⁾
Poměr E _{def2} /E _{def1} max.		2,5 ²⁾			

¹⁾ Tam, kde podíl R-materiálu > 50 % se jedná o hodnoty orientační.
²⁾ Pokud E_{def1} dosahuje 60 % E_{def2} podle přílohy E, připouští se i vyšší hodnoty poměru E_{def2}/E_{def1}.
³⁾ Pokud se u MZK kontroluje míra zhuštění, četnost se snižuje na 6 000 m².

Tabulka 8 - Kontrolní zkoušky nestmelených recyklovaných vrstev [1]

Vlastnost		Vrstva		Zkouška	Min. četnost
		Ložní ¹⁾	Podkladní		
Odchylky od výšek podle dokumentace (jsou-li stanoveny)	maximálně	± 20 mm	± 20 mm	nivelací	po 40 m
Odchylka od příčného sklonu max.		± 0,5 %		nivelací	po 120 m
Nerovnost povrchu max.	podélná	20 mm		ČSN 73 6175	průběžně
	příčná	20 mm ²⁾			po 40 m
Tloušťka vrstvy h	minimální	0,85 h		nivelací, sondou	1500 m ²
	průměr	0,9 h			

¹⁾ Platí i pro použití jako kryt za podmínek podle tabulky 2 a tabulky 3.
²⁾ Při použití jako kryt 10 mm.

Tabulka 9 - Kontrolní zk. stmelených recyklovaných vrstev – geometrické vlastnosti [1]

Vlastnost	Vrstva		Zkouška	Min. četnost
	Ložní	Podkladní		
Vrstvy ze směsí stmelných cementem nebo jiným hydraulickým pojivem, Vrstvy ze směsí stmelných cementem + asfaltovou emulzí nebo zpěněným asfaltem				
Modul přetvárnosti E_{def2} min. ^{1) 2)}	150 MPa		ČSN 72 1006	2 500 m ² min. 2 zkoušky
Rázový modul deformace min. ²⁾	100 MPa		ČSN 73 6192, skupina C	250 m ²
Vrstvy ze směsí stmelných asfaltovou emulzí nebo zpěněným asfaltem				
Mezerovitost vrstvy max. ³⁾	14 %	16 %	Příloha B	2 000 m ²
Míra zhutnění min. ⁴⁾	96 %		ČSN 73 6160	1500 m ² min. 2 zkoušky
<p>¹⁾ Pro dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy platí kombinovaná kontrola únosnosti vrstvy pomocí statického modulu přetvárnosti E_{def2} a rázového modulu deformace M_{VD}. Rozhodující je měření statického modulu přetvárnosti E_{def2}. Pro silnice II. a III. třídy a ostatní komunikace platí možnost kontroly únosnosti pouze pomocí rázového modulu deformace M_{VD}.</p> <p>²⁾ Statická zatěžovací zkouška se provádí 7. den, rázová zatěžovací zkouška 24 až 48 hodin od provedení recyklované vrstvy. Pro obě zkoušky platí rozmezí teploty vrstvy 5 až 30°C. Při nedosažení požadovaných hodnot nelze provádět další vrstvy, dokud se opakovanými zkouškami dosažení požadovaných hodnot neprokáže. Naproti tomu lze další vrstvy provádět i v kratších intervalech od provedení recyklované vrstvy, prokáže-li se dřívější dosažení požadovaných hodnot.</p> <p>³⁾ Mezerovitost vrstvy zjištěná až po provedení další vrstvy z asfaltových směsí vyráběných za horka (mezerovitost recyklované vrstvy se vlivem pokládky další vrstvy částečně sníží).</p> <p>⁴⁾ Objemová hmotnost zhutněné směsi se zjišťuje nedestruktivně nebo na vývrtech, srovnávací objemová hmotnost podle B.2.4. Pokud se objemová hmotnost zjišťuje na vývrtech, doporučuje se vývrty provádět až po položení další vrstvy z asfaltové směsi.</p>				

Tabulka 10 - Kontrolní zk. stmelných recyklovaných vrstev – mechanické vlastnosti [1]

4 RECYKLACE ZA STUDENA V ZAHRANIČÍ

V Evropě se problematika znovupoužití materiálu z konstrukčních vrstev mezi jednotlivými zeměmi velmi liší. Země jako Německo, Francie a Belgie věnují technologiím recyklace největší pozornost. [8]

Ve vyspělých zemích jako je USA, Kanada, Japonsko, Německo, Holandsko, Dánsko skandinávské země apod. se technologie recyklací vozovek staly běžnými technologiemi při výstavbě a opravách netuhých a polotuhých vozovek [9]. Některé zdroje dokonce uvádějí, že je znovu využito až 90 % stavebního materiálu.

Na Slovensku bylo v posledních letech realizováno pouze několik recyklací vozovek na místě za studena. Technologie v současnosti není, na rozdíl od České Republiky, bohužel příliš rozšířena, přestože legislativně jejímu uplatnění nic nebrání. Technické podmínky TP 046 (Technické podmienky – Opätovné spracovanie vrstiev netuhých vozoviek za studena na mieste), byly zpracovány v roce 2011 (pod původním názvem TP 07/2011). Jako jejich nedostatek však lze uvést, že na rozdíl od českých TP 208, považují recyklaci za studena na místě pouze jako technologii vyrábějící stmelenu vrstvu s použitím cementu, nebo kombinace cementu a asfaltového pojiva. Není zde tedy bohužel vysloveně uvedeno, že recyklované kamenivo má po ověření vlastností požadovanými zkouškami vlastnosti plně srovnatelné s kamenivem novým. Nejsou v nich ani stanoveny požadavky na nestmelené směsi z recyklovaného kameniva.

V Německu, jak je uvedeno již v úvodu této bakalářské práce, byla technologie rozvíjena od 70. let minulého století. Největší rozvoj použití technologie recyklace za studena na místě však byl po roce 1990, kdy došlo ke znovusjednocení Německa. Silniční síť na východě totiž bylo nutné rychle, levně a ekonomicky srovnat s kvalitní silniční sítí na západě země. [10]

Technologické postupy se v Německu oproti našim výrazně neliší. Jako zajímavé srovnání s našimi TP 208 a v ČR realizovanými postupy prací, je však možné uvést položku z technologického postupu, který uvádí Bram van Egmond a Kurt Hermann [9], že dva dny po dokončení recyklace má být vrstva znovu přejeta válcem hmotnosti 9 t s použitím malé amplitudy pro redukci napětí ve vrstvě.

V Polsku je recyklace za studena na místě velice rozšířenou technologií. Návrh a realizace je řízena dokumentem, který vydala Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, pod názvem Instrukcja projektowania i wbudowywania mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych (MCE).

V zahraničí je pak rozšířena celá řada dalších strojních sestav pro provádění předemné technologie. Na Obrázku 14 je např. strojní sestava složená z recykléru Wirtgen WR 4200 spřaženým s míchačkou cementové suspenze WM 1000 a cisternou na asfaltové pojivo. Recyklér WR 4200 je vybaven finišerovou pokládací lištou.



Obrázek 14 - Strojní sestava pro recyklaci za studena s recyklérem WR 4200 [17]

V rámci Evropy je tedy technologie recyklace za studena na různé úrovni rozšíření, v současnosti je na vzestupu použití technologií recyklací na místě mimo jiné i v zemích bývalé Jugoslávie, především pak ve Slovinsku a Chorvatsku.

Lze tedy konstatovat, že s úrovní vyspělosti jednotlivých zemí roste podíl recyklovaného materiálu z vozovek pozemních komunikací. Tento fakt samozřejmě souvisí nejen s finančními aspekty technologie, ale především s aspekty ekologickými.

5 FINANČNÍ SROVNÁNÍ MODELOVÉHO PŘÍKLADU VRSTVY RECYKLACE ZA STUDENA S VÝMĚNOU KONSTRUKČNÍ VRSTVY ZE ŠD

Na modelovém příkladu jednoduché opravy vozovky uvedu rozpočet pro finanční porovnání aplikace recyklace za studena na místě ve srovnání s výměnou konstrukční vrstvy z nové šterkodrtě. Modelový příklad vychází z reálné stavby, opravovaný úsek má délku cca 430 m a šířku 6 m.

Technický stav vozovky před rekonstrukcí vykazuje značné podélné a příčné deformace, vyskytuje se řada výtluků nejen v obrusné vrstvě, ale jsou zasaženy i konstrukční vrstvy vozovky. Dochází k postupnému rozpadu asfaltových vrstev, vyskytují se síťové trhliny. Vozovka je dle diagnostického průzkumu na konci své životnosti.

Návrh opravy vozovky na ploše 2.577 m² dle Modelu A spočívá v odstranění asfaltových vrstev frézováním v tl. 100 mm, R-materiál bude složen na mezideponii k dalšímu použití pro jiný stavební objekt. Následně dojde k odstranění neúnosné vrstvy ŠD v tl. 200 mm, která bude odvezena a uložena na skládku ve vzdálenosti do 10 km. Šterkodrt' bude nahrazena novou, rovněž v tl. 200 mm, pro zachování úrovně nivelety vozovky. Takto vytvořená podkladní vrstva bude opatřena infiltračním postříkem, dále vrstvou ACL 16 v tl. 60 mm, dále pak postříkem spojovacím. Obrusná vrstva bude provedena z ACO 11 tl. 40 mm.

položka, popis	množství	jedn.	j. cena	celkem Kč
Odstranění krytů živičných frézováním tl. vrstvy 100 mm	2 577,00	m2	45,00	115 965,00
Vodorovná doprava na deponii v místě stavby do 1 km, R-materiál (R-materiál k dalšímu využití)	644,25	t	56,00	36 078,00
Odstranění podkladů z kameniva hrubého drceného tl. do 200 mm	2 577,00	m2	57,00	146 889,00
Vodorovné přemístění sypaniny na skládku do 10 km, kamenivo	1 133,88	t	153,00	173 483,64
Poplatek za uložení sypaniny na skládce (bez nebezpečného odpadu)	1 133,88	t	250,00	283 470,00
Podklad ze šterkodrti ŠD s rozprostřením a zhutněním tl. 200 mm	2 577,00	m2	128,00	329 856,00
Nátěr infiltrační kationaktivní emulzí	2 577,00	m2	16,70	43 035,90
Asfaltový beton vrstva ložní ACL 16 tl. 60 mm	2 577,00	m2	289,00	744 753,00
Postřík živičný spojovací bez posypu kamenivem, emulzní	2 577,00	m2	11,70	30 150,90
Asfaltový beton vrstva obrusná ACO 11 tl. 40mm	2 577,00	m2	228,00	587 556,00
Celková cena Modelu A				2 491 237,44

Tabulka 11 - Model A – výměna podkladní vrstvy za novou ŠD. Tabulka autor

V druhém případě, tedy v Modelu B, je použita technologie recyklace za studena na místě v tl. 200 mm. Varianta počítá s použitím kombinovaného pojiva, tedy cementu a pěnoasfaltu, zahrnuje i rozfrézování a reprofilaci před provedením samotné recyklace. Ostatní technologické procesy jsou zachovány z Modelu A pro možnost finančního srovnání.

položka, popis	množství	jedn.	j. cena	celkem Kč
Odstranění krytů živičných frézováním tl. vrstvy 100 mm	2 577,00	m2	45,00	115 965,00
Vodorovná doprava na deponii v místě stavby do 1 km, R-materiál (R-materiál k dalšímu využití)	644,25	t	56,00	36 078,00
Recyklace za studena RS 0/63 CA (na místě); 200 mm; TP208 vč. rozfrézování a reprofilace podkladních vrstev	2 577,00	m2	180,00	463 860,00
Nátěr infiltrační kationaktivní emulzí	2 577,00	m2	16,70	43 035,90
Asfaltový beton vrstva ložní ACL 16 tl. 60 mm	2 577,00	m2	289,00	744 753,00
Postřík živičný spojovací bez posypu kamenivem, emulzní	2 577,00	m2	11,70	30 150,90
Asfaltový beton vrstva obrusná ACO 11 tl. 40mm	2 577,00	m2	228,00	587 556,00
Celková cena Modelu B				2 021 398,80

Tabulka 12 - Model B – provedení recyklace za studena na místě. Tabulka autor

Přestože je uvedení obou modelů značně zjednodušené, pro představu o cenovém rozdílu je tento příklad dostačující.

Uvažujeme tedy výše uvedenou vozovku o délce 430 m a šířce 6 m. Vezměme v úvahu cenový rozdíl ve výši přibližně 470 tis. Kč. Dospějeme pak k výsledku, že za stejný objem finančních prostředků (2,5 mil. Kč) jsme schopni opravit přibližně o 100 m vozovky více. Finanční rozdíl mezi jednotlivými modely činí přibližně 20 %.

Je nutno podotknout, že úspora může být i značně vyšší v případě použití pouze hydraulického pojiva (cca 25 %).

Je třeba také upozornit na celou řadu dalších výhod provedení recyklace, spojených s rychlostí opravy, šetrnosti k životnímu prostředí a výrazně sníženému dopravnímu zatížení v okolí stavby. Zároveň je také možno podotknout, že vrstva recyklovaná je vrstvou stmelenu, tedy srovnatelnou spíše s vrstvou SC, která by byla cenově ještě výrazně výše, rozdíl by tak činil přibližně 35 %.

Uvedené rozdíly budou také výrazně vyšší se zvětšující se vzdáleností skládky vytěženého materiálu, např. vzájemné srovnání Modelu A a B při vzdálenosti skládky 20 km bude činit již 23 %, tedy přibližně 580 tis. Kč.

V modelech není zohledněn případný výskyt dehtu, který by provedení prosté výměny konstrukční vrstvy, a to nejen z hlediska cenového, zcela vyloučil. Uložení vytěženého kameniva (PM) či asfaltové směsi obsahující dehet by se totiž cenově pohybovalo v úrovni kolem 6.000,- Kč/t. Výsledná cena Modelu A by tak přibližně činila absurdních 9 mil. Kč.

Výše uvedené ceny vycházejí z ceníku URS (822-1 Komunikace pozemní a letiště) a cenových nabídek realizačních firem.

6 RECYKLACE ZA STUDENA NA MÍSTĚ, MODERNIZACE DÁLNICE D1

Jako důkaz o vysoké kvalitě recyklovaných směsí za studena a z nich vyrobených vrstev můžeme uvést skutečnost, že použití této technologie je navrženo na všech úsecích modernizace D1 v úseku Mirošovice (EXIT 21) – Kývalka (EXIT 182), tj. přibližně 161 km. Použití této technologie na dálnici není novinkou, v minulosti již bylo několik úseků na dálnici D1 touto technologií úspěšně opraveno. [14]

6.1 Dálnice D1 a důvody pro modernizaci

Dálnice D1 je nejvytíženější komunikací na celé dálniční síti v České republice. Zároveň je také dálnicí nejstarší. Zahájení výstavby komunikace se datuje k roku 1967, ale skutečné dálniční spojení mezi Brnem a Prahou bylo zprovozněno až v roce 1980. V řešeném úseku mezi Mirošovnicemi a Kývalkou byl před zahájením modernizace technický stav velmi zastaralý.

Doposud rekonstrukce dálnice D1 probíhala metodou dílčích oprav. Tento postup je neefektivní a významně zatěžuje rozpočet dopravní infrastruktury. Přišel čas na generální modernizaci celé komunikace, která řeší větší část problémů spojených s provozem a údržbou dálnice D1. [15]

6.2 Recyklace za studena – projekt vs. realizace

Samotnému zahájení recyklace za studena na místě při modernizaci dálnice D1 předcházela řada problémů, které vycházely z nesouladu mezi projektem a možnostmi realizace.

Projekt totiž vycházel z ČSN EN 14 227-1 (Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 1: Směsi stmelené cementem), zatímco realizace recyklace se řídí předpisem TP 208 (Technické podmínky – Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena). První z uvedených předpisů požaduje minimální pevnost v tlaku po 28 dnech 8 MPa / 10 MPa a odolnost proti mrazu a vodě v hodnotě min 85 % pevnosti v tlaku. Druhý předpis však požaduje hodnotu pevnosti v příčném tahu po 7 dnech 0,30 MPa až 0,7 MPa a u odolnosti proti vodě (po 7 dnech na vzduchu + po 7 dnech ve vodě) min. 75 % pevnosti v příčném tahu.

Požadavkům ČSN EN 14 227-1 nebylo možné technologií recyklace za studena na místě reálně vyhovět. Pro dosažení požadavků na SC C_{8/10} by totiž bylo nutné přidávat velké

množství cementu (cca 12 % objemové hmotnosti směsi), což by znamenalo vícenásobné dávkování dávkovačem cementu, pravděpodobné vícenásobné přefrézování vrstvy, velké množství záměsové vody. Z důvodu těchto skutečností pak zbývá krátký čas na zpracování směsi. Tyto aspekty by pak ovlivnily dodržení výsledné rovinnosti a příčného sklonu dokončené vrstvy. [16]

Vzniklý nesoulad byl odstraněn nalezením kompromisu v následujícím řešení konstrukce vozovky.

Povrch vozovky byl navržen cementobetonový tloušťky 270 mm. Původní betonový povrch bude odstraněn, nejprve bude segmentací narušen (viz Obrázek 15), poté naložen a odvezen k dalšímu zpracování. Následuje odfrézování vrstvy cementové stabilizace na úroveň 120 mm pod budoucí cementobetonový kryt. Poté bude provedena případná vyrovnávací nestmelená vrstva na úroveň 120 mm pod budoucí cementobetonový kryt. Dále pak bude provedena recyklace za studena na místě s přidáním cementu v tloušťce 120 mm a na ni položena nová vrstva cementové stabilizace o mocnosti 120 mm. Vrstva recyklace za studena odpovídá požadavkům TP 208, tedy směsi RS 0/32 C (na místě); 120 mm; TP 208. Požadovaná minimální pevnost v tlaku R_c po 28 dnech odpovídá $C_{3/4}$ a odolnost proti mrazu a vodě 85% pevnosti R_c .



Obrázek 15 - Segmentace CB krytu strojem BTZ. Foto autor

6.3 Průkazní zkouška recyklace stmelných vrstev za studena

Jako příklad průkazní zkoušky z jednoho z modernizovaných úseků uvádím průkazní zkoušku z úseku č. 03, tedy mezi exity 29 Hvězdovice a 34 Ostředek, délka úseku je přibližně 4,6 km.

Průkazní zkouška objednaná Sdružením Metrostav, Swietelsky a Hochtief byla vypracována laboratoří SQZ v roce 2016 pod číslem RO16-814VYH.

Z dílčích vzorků kameniva původní cementové stabilizace, vzniklého frézováním, byl vytvořen souhrnný vzorek přírodního drceného kameniva frakce 0/45 mm. Tento vzorek byl určen pro výrobu těles s příměsí 5 %, 6 % a 7 % cementu CEM II/B-S 32,5 R, pro účely zkoušky v příčném a prostém tlaku, odolnosti proti mrazu a příčného tlaku po saturaci vodou.

Pro zkoušku odolnosti směsí stmelných hydraulickými pojivy proti mrazu a vodě bylo provedeno 13 zmrazovacích cyklů při teplotě -20 °C. Tyto požadavky vychází z ČSN 73 6124-1, tabulka A.1.

Zkušební tělesa byla po zhotovení ponechána jeden den ve zkušební formě a následující den byla vložena do klimatizační komory při 90 % až 100 % vlhkosti. A zde setrvaly až do dne vlastního zkoušení. Zkušební tělesa pro pevnost v prostém tlaku a odolnosti proti mrazu byla vyrobena pro zkoušky po 14 a 28 dnech v odpovídajícím počtu (viz 208).

Výsledky průkazních zkoušek vyhověly požadavkům uvedených v TP 208 při 6 % a 7 % dávkování cementu CEM II/B-S 32,5 R. Zároveň obě tyto receptury splnily požadavek stanovený v ZTKP stavby pro pevnost v tlaku s minimální rezervou 20 %.

U odebraných vzorků byla stanovena zrnitost dle ČSN 933-1. Zrnitost odebraného souhrnného vzorku z deponie Ostředek nesplňovala požadavek na zrnitost definovanou tabulkou A.1 dle TP 208, a to konkrétně požadavek pro síto 63 mm. Tato tabulka je nicméně v TP 208 uvedena pouze jako doporučená a má za úkol minimalizovat případný výskyt nevyhovujících hodnot. S ohledem na tuto skutečnost byla navržena receptura na horní hranici doporučeného dávkování cementu tj. 7 %.

Na základě výše uvedených postupů bylo provedeno vyhodnocení průkazních zkoušek, které je uvedeno v Příloze A.

6.4 Příprava pro recyklaci za studena na místě při modernizaci D1

Projekt pro modernizovanou dálnici D1 předepisuje změny sklonových poměrů oproti původnímu stavu vozovky tak, aby vyhověl současným požadavkům na směrové a výškové řešení vozovek pozemních komunikací. Nebylo tedy možné prosté odstranění konstrukčních vrstev v určité tloušťce a jejich nahrazení vrstvami novými.

Po odstranění cementobetonového krytu byl zvolen, pro co nejefektivnější využití mechanizace a minimalizaci nákladů, takový postup, který umožní přistoupit k recyklaci za studena bez rozfrézování a reprofilace. Tohoto stavu bylo dosaženo tím, že odstranění cementové stabilizace silničními frézami probíhalo přímo do požadovaného příčného a podélného tvaru, a to pomocí ultrazvukové nivelace, podle stanovených požadovaných výšek (viz Obrázek 16). Některé z úseků pak byly frézovány za použití nivelačního systému 3D, resp. s využitím řízení stavebních strojů prostřednictvím totální stanice.

Části úseků, které vykazují deficit materiálu před samotnou recyklací na místě, byly doplněny z kameniva recyklovaného (drcený cementobetonový kryt), případně kameniva nového.

Tímto postupem bylo dosaženo stavu, kdy před samotnou recyklací za studena, byly hodnoty výšek vrstvy určené k recyklaci, v souladu s požadovanými výškami po jejím dokončení. Mohlo tedy být přímo přistoupeno k provedení technologie recyklace za studena na místě bez předchozího rozfrézování a reprofilace.



Obrázek 16 - Frézování cementové stabilizace do stanovených výšek frézou W2000 [12]

6.5 Recyklace vrstvy za studena na místě (Hvězdonice – Ostředek)

Recyklace vrstvy, resp. výroba směsi RS 0/32 C (na místě); 120 mm; TP 208, probíhala v souladu s kapitolou 3.8.2. S ohledem na termínové požadavky stavby zde představovaného úseku č. 03, tedy mezi exity 29 Hvězdonice a 34 Ostředek, bylo využito dvou kompletních strojních sestav pro provádění recyklace za studena současně (viz Obrázek 18).



Obrázek 17 - Dávkování cementu CEM II B-S 32,5 R [12]

Použitím dvou strojních sestav bylo dosaženo denního výkonu přibližně 14 000 m², což odpovídá délce cca 1,2 km jednoho jízdního pásu dálnice D1.

Dávkování cementu (viz Obrázek 17) probíhalo v množství 7 % průměrné objemové hmotnosti 2 100 kg/m³, což odpovídá množství 17,6 kg/m². Pro denní výkon 14 000 m² bylo nutné denně dopravit na stavbu 250 t cementu, tedy 8 cisternových návěsů s pojivem.

Osvědčení o stálosti vlastností Portlandského struskového cementu CEM II/B S 32,5 R je doloženo v Příloze B.

Pro takový objem cementu bylo nutné zabezpečit v dostatečném množství záměsovou vodu, která byla dopravována na stavbu v autocisternách o objemu 7 - 10 m³. Dále pak bylo třeba ošetřovat kropením i dokončené úseky, tedy ty úseky, jež byly již ve fázi technologické přestávky. Denně tak bylo na stavbu v souvislosti s recyklací za studena dopraveno až 150 m³ vody.

Rovnění dokončených ploch a rovněž i hutnění srovnané vrstvy probíhalo dvěma sestavami válce a grejdrů (viz Obrázek 19).



Obrázek 18 - Recyklace dvěma strojními sestavami [12]



Obrázek 19 - Urovnání a zhutnění vrstvy dvěma sestavami strojů [12]

V Příloze F je připojena celá řada dalších fotografií, které dokreslují provádění technologie recyklace za studena na místě při modernizaci dálnice D1 Hvězdonice – Ostředek.

6.6 Kontrolní zkoušky (Hvězdonice – Ostředek)

V rámci kontrolních zkoušek bylo při realizaci recyklované vrstvy, jako podklad pro vyhodnocení jakosti, požadováno zadavatelem provedení těchto zkoušek:

- Stanovení vlhkosti vzorků
- Minimální pevnost v tlaku po 28 dnech
- Odolnost proti mrazu a vodě
- Zkouška míry zhutnění na čerstvě položené směsi podle
- Rázový modul deformace
- Standardní Proctorova zkouška
- Rovinatost, resp. nerovnost povrchu podélná a nerovnost povrchu příčná
- Kontrolní měření výšek a sklonů, resp. odchylka od projektových výšek

Vyhodnocení celého souboru kontrolních zkoušek, vč. požadavků na četnost, jsou uvedeny v Příloze C. V průběhu i po dokončení provádění recyklace za studena však nebyly zjištěny žádné vady či neshody s požadavky stanovenými TP 208.

Přestože v průkazní zkoušce byla stanovena zrnitost recyklované směsi jako 0/45, bylo v kontrolních zkouškách uvažováno s frakcí kameniva ve směsi 0/32. Tato skutečnost nemá fakticky z pohledu TP 208 žádný vliv. K směsím frakcí 0/32 i 0/45 je nahlíženo z hlediska kontrolních zkoušek totožně. K tomuto rozdílu ve velikosti frakce pro průkazní zkoušku a reálnou velikostí frakce výstupní směsi došlo tím, že odběr vzorku pro průkazní zkoušku byl proveden z deponie materiálu odfrézovaného silniční frézou. Ta má odlišný tvar frézovacího bubnu nežli má recyklér, za kterým byla odebírána směs pro vzorky určené pro kontrolní zkoušky.

ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Recyklace vozovek za studena na místě díky své efektivnosti, rychlosti oprav a relativně nízkým finančním nákladům, ve srovnání s klasickými technologiemi, by měla být automaticky jednou z variant při volbě technologie opravy vozovky. Nemělo by k ní být přistupováno pouze jako k alternativnímu řešení, ale naopak jako k první možnosti před variantou výměny materiálu konstrukce vozovky za nový. Jejím použitím lze velmi efektivně opravit výrazně větší rozsah ploch pozemních komunikací ve srovnání s výměnou konstrukčních vrstev.

Recyklaci vozovek za studena je však nutné považovat pouze za jednu z konstrukčních vrstev vozovky. Není v žádném případě univerzálním řešením pro všechny vozovky s uplynulou dobou životnosti. Její použití je ve většině případů možné, ale je třeba vždy provést individuální posouzení vycházející z diagnostiky vozovky, popřípadě z provedených sond.

Vždy je použití recyklace za studena nutno spojit s dalšími souvisejícími pracemi na vozovce, především pak s pracemi na odvodnění komunikace. Nefunkční odvodnění, zvýšená nezpevněná krajnice, nefunkční příkopy či rigoly, mohou vést velice rychle k degradaci dokončené vrstvy. Například při nefunkčním odvodnění násypového tělesa z jemnozrnných zemin obvykle dochází, v relativně krátkém čase po dokončení, ke vzniku podélných trhlin často až několik centimetrů širokých, které bývají mylně přisuzovány použití technologie recyklace.

Velmi často dochází při recyklaci za studena na místě u vozovek nižších kategorií k situaci, kdy je vozovka, vlivem rozšiřování asfaltového krytu v minulosti, příčně silně deformována. U nezpevněné krajnice je vozovka propadená, pod vrstvou asfaltového betonu nejsou žádné, nebo téměř žádné konstrukční vrstvy. Provedení recyklace by v tomto případě měly předcházet sanace takto neúnosných krajů vozovky. Neprovedou-li se tyto sanace, ve většině případů dojde k odlomení recyklované vrstvy při kraji vozovky. Důvodem je jednak absence nižších konstrukčních vrstev vozovky a často i snížení kvality recyklované směsi vlivem zahlinění materiálu z podkladu v kraji vozovky. Proto je nutné při přípravě projektu zohlednit i možnost výskytu takto neúnosných míst.

Jak bylo řečeno v úvodu této práce, bylo provedeno shrnutí všech metod recyklací vozovek, resp. recyklací materiálů z vozovek. Metody recyklací in situ jsou nejefektivnější z hlediska absence potřeby dopravy materiálu do recyklačních center či obaloven, nesou však s sebou jistá rizika spojená s nehomogenitou materiálu v trase pozemní komunikace. Ne vždy je, i při dodržení četnosti předepsaných vzorků pro průkazní zkoušky, pokryta celá škála materiálů ve vozovce. Proto je nutno při samotné realizaci věnovat velkou pozornost

kvalitě výstupního materiálu z recyklačního zařízení a tuto kontrolu provádět v průběhu celého procesu recyklace vrstvy.

Voda, jako součást směsi recyklované za studena na místě, je její naprosto zásadní složkou. Její nedostatek může být příčinou neúspěšně provedené opravy. Volba správného množství vody při provádění recyklace je vždy na zkušenostech vedoucího prací. Množství je ovlivněno jednak zrnitostí materiálu, jeho aktuální vlhkostí před recyklací, ale také na aktuálních klimatických podmínkách i s ohledem na jejich předpověď. V TP 208 je v kapitole C.2.4 popsána polní zkouška optimální vlhkosti (metoda koule), kterou by měl vedoucí prací průběžně provádět pro zachování konstantní kvality směsi. Princip je velice snadný, je-li možné právě zrecyklovanou stmelenu směs vytvarovat v dlaních do tvaru koule, je vlhkost blízka optimu, není-li to možné, je vlhkost nižší a zůstává-li dlaň od vzorku citelně vlhká, nebo se voda ze vzorku vytlačuje, je vlhkost vyšší než optimum.

V této bakalářské práci byly popsány jednotlivé termíny a definice, které jsou v současnosti používány v legislativních předpisech. Představil jsem, s využitím TP 208, možnosti využití recyklovaných materiálů v jednotlivých vrstvách pozemních komunikací. Jako naprostá nezbytnost při realizovaných stavbách byly uvedeny laboratorní zkoušky, ať už zmiňujeme zkoušky průkazní, kontrolní, nebo stavbě předcházející diagnostický průzkum.

Věnoval jsem se jednotlivým vstupním materiálům, na které jsou rovněž stanoveny legislativní požadavky, v případě kameniva si však dovoluji vznést otázku, zdali ne zbytečně, nebo alespoň do jisté míry přemrštěně. Myslím si, že by stačilo pouze požadovat, aby kamenivo přidávané do recyklovaných směsí nedegradovalo směs z hlediska mechanicko-fyzikálních vlastností. S ohledem na užití recyklací i na vozovkách nižších tříd nevidím objektivní důvod, proč by mělo externě dodávané kamenivo splňovat normu ČSN EN 13242+A1, když ji často nesplňuje ani kamenivo recyklovaného souvrství.

Popsal jsem jednotlivé druhy recyklovaných směsí a podrobně jsem se věnoval i způsobu jejich výroby. V jednotlivých krocích jsem specifikoval jednotlivé technologické kroky provádění celkové recyklace za studena na místě.

Na několika příkladech ze zahraničí jsem se pokusil osvětlit využití technologie recyklace za studena ve vybraných státech.

Nedostatečné vzdělání a informovanost se v mnoha zemích považuje za hlavní bariéru pro uplatnění recyklačních technologií. Problémem je též nevhodný způsob uvádění recyklačních technologií do souvislosti s nakládáním s odpady a tím vznik mnoha uměle vytvořených problémů a zbytečných překážek. Uvádějí se některé dopady na životní prostředí

související s recyklací, ale nebere se v úvahu, že uplatnění této recyklace zabrání vzniku dopadů jiných, podstatně rozsáhlejších a škodlivějších. [1]

Na modelovém příkladu byla provedena analýza a srovnání aplikace recyklace za studena s provedením výměny konstrukční vrstvy za novou ze ŠD, závěrem tohoto porovnání je výsledná finanční úspora přibližně 20-25 %.

Jako důkaz o vysoké kvalitě recyklovaných směsí za studena jsem představil aplikaci technologie při modernizaci všech úseků dálnice D1 v úseku Mirošovice (EXIT 21) – Kývalka (EXIT 182), tj. přibližně 161 km. Zároveň jsem představil konkrétní rozpor mezi požadavky projektu, legislativními požadavky a praktickými možnostmi technologie.

Popis jednotlivých metod recyklací by měl být snadným návodem čtenáři, který se o technologie recyklace vozovek zajímá ať již z důvodu plánu jejich praktické aplikace, z důvodů studijních či jiných.

Rád bych znovu upozornil na důvody, které by k použití recyklací vozovek měly se samozřejmostí směřovat, jsou to především:

- omezení čerpání přírodních zdrojů
- úspora energií
- snížení objemu odpadů, nižší emise hluku, výfukových plynů, prachu
- vhodnost použití recyklací pro všechny kategorie pozemních komunikací a všechny třídy dopravního zatížení
- vysoká rychlost rekonstrukcí vozovek
- výrazné snížení ceny výstavby

Vhodné používání recyklovaných materiálů totiž není pouze alternativním řešením při výstavbě a rekonstrukcích pozemních komunikací. Je důležité si uvědomit, že jejich použití by mělo být při jakékoliv opravě na prvním místě a teprve následně řešit použití materiálů nových.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TP 208, *Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena*. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2009.
- [2] VALENTIN, Jan.; SUDA, Jan.; MATOUŠEK, David. Alternativní trendy v oblasti technologií recyklace za studena. *Silnice Železnice* [online]. Vystaveno 11. 4. 2012, [cit. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/alternativni-trendy-v-oblasti-technologie-recyklace-za-studena/>.
- [3] TP 209, *Recyklace asfaltových vrstev netuhých vozovek na místě za horka*. MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2009.
- [4] ZAJÍČEK, Jan. *Technologie stavby vozovek*. Praha: Informační centrum ČKAIT, s. r. o., 2014. ISBN 978-80-87438-59-6.
- [5] VARAUS, M. Recyklace asfaltových směsí na obalovně. Praha: Konference Projektování pozemních komunikací, 2013. Přednáška.
- [6] AMMANN [online]. 2017 [cit.2017-03-18]. Obalovny. Dostupné z WWW: <<https://www.ammann-group.com/cz-cz/plants/asphalt-plants>>.
- [7] STAVEBNÍ TECHNIKA [online]. 2007 [cit.2017-04-01]. Recyklace asfaltových vozovek za studena. Dostupné z WWW: <<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/recyklace-a-asfaltovych-vozovek-za-studena>>.
- [8] INŽINIERSKE STAVBY [online]. 2008 [cit.2017-04-02]. Recyklácia a opätovné použitie cestných materiálov. Dostupné z WWW: <<https://www.asb.sk/inzinierske-stavby/vozovky/recyklacia-aopatovne-pouzitie-cestnych-materialov>>.
- [9] EGMOND, Bram van. *Kaltrecycling* [online]. HERMANN Kurt. 1994 [cit.2017-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=cem-001:1994:62::109>>.
- [10] DIEKMANN, Martin. *Kaltrecycling als wirtschaftliche Alternative zu konventioneller Straßensanierung* [online]. 2005 [cit.2017-04-02]. Dostupné z WWW: <http://six4.bauverlag.de/sixcms_4/sixcms_upload/media/293/diekmann_0305.pdf>.
- [11] MONDSCHHEIN, Petr, Shrnutí poznatků z konference AV 15. Recyklace. České Budějovice: Konference asfaltové vozovky 2015, 24. 11. - 25. 11. 2015.
- [12] Archiv společnosti SAT, s.r.o. [fotografie]. 2015.
- [13] Archiv společnosti TPA ČR, s.r.o. [fotografie]. 2003.

- [14] BUŠINA, Filip; NEUVIRT, Martin. *Rekonstrukce vozovek - recyklace za studena* [online]. ASB-portal.cz odborný stavební portál. 2014 [cit.2017-04-08]. Dostupné z WWW: <<https://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/doprava/rekonstrukce-vozovek-recyklace-za-studena>>.
- [15] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC. www.novad1.cz. [online]. 2017 [cit.2017-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.novad1.cz/>>.
- [16] MONDCHEIN, Petr; VALENTIN, Jan. *Poznátky návrhů směsí recyklace za studena využitelné při rekonstrukci D1* [online]. CESTI Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu [cit.2017-04-08]. Dostupné z WWW: <http://www.cesti.cz/wc13/WP1_03.pdf>.
- [17] WIRTGEN [online]. 2017 [fotografie]. Dostupné z WWW:< https://media.wirtgen-group.com/media/02_wirtgen/media_1/media_1_product_divisions/media_1_product_divisions_soil_stabilizers___cold_recyclers/W_brochure_WR4200_0411_EN.pdf>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - SQZ – Vyhodnocení průkazných zkoušek

Příloha B - Osvědčení o stálosti vlastností cementu

Příloha C - Vyhodnocení kontrolních zkoušek

Příloha D - Průkazní zkouška recyklované směsi podle TP 208 (0/63)

Příloha E - Kontrolní zkoušky podle TP 208 (0/63)

Příloha F - Fotodokumentace recyklace při modernizaci D1, Hvězdovice – Ostředek

Vyhodnocení průkazných zkoušek



služby · kvalita · zkoušky

Objednatel: Sdružení Metrostav, Swietelsky a Hochtief
Zhotovitel: SWIETELSKY stavební s.r.o.
 odštěpný závod Dopravní stavby VÝCHOD
 K Silu 1143, 393 01 Pelhřimov

Stavba: Modernizace D1 - úsek 03, Hvězdovice - Ostředek

Protokol RO16-841TAB
Zakázka *
Strana 1/1

Zadání průkazných zkoušek

Na základě požadavku objednatele, Sdružení Metrostav, Swietelský a Hochtief, byl dne 22. března 2016 odebrán na deponii Ostředek souhrnný vzorek kameniva z původních vyfrézovaných stmelných vrstev na výše uvedené stavbě. Vzorek kameniva byl podroben klasifikaci a následně se na něm provedly průkazní zkoušky s požadovaným hydraulickým pojivem. Jednalo se o přírodní drcené kamenivo frakce 0/45 mm..

Z dílčích vzorků kameniva byl na deponii Ostředek homogenizován jeden souhrnný vzorek, který byl určen pro záměs s příměsí 5 %, 6 % a 7 % hydraulického pojiva CEM II/B-S 32,5 R.

Výsledky průkazných zkoušek:

- Stanovení pevnosti příčného tlaku stmelené směsi

R _n 7	5 % CEM	6 % CEM	7 % CEM
vzorek č.1 (MPa)	0,29	0,32	0,34
vzorek č.2 (MPa)	0,30	0,33	0,35
vzorek č.3 (MPa)	0,31	0,35	0,37
Ø (MPa)	0,30	0,33	0,35

R _n 14 (po saturaci)	5 % CEM	6 % CEM	7 % CEM
vzorek č.1 (MPa)	0,32	0,35	0,38
vzorek č.2 (MPa)	0,31	0,34	0,37
vzorek č.3 (MPa)	0,34	0,37	0,38
Ø (MPa)	0,32	0,35	0,38

- Stanovení pevnosti prostého tlaku stmelené směsi po 14 a 28 dnech

R _c 14	5 % CEM	6 % CEM	7 % CEM
vzorek č.1 (MPa)	3,8	4,2	4,4
vzorek č.2 (MPa)	4,0	4,1	4,7
vzorek č.3 (MPa)	3,7	4,4	4,5
Ø (MPa)	3,8	4,2	4,5

R _c 28	5 % CEM	6 % CEM	7 % CEM
vzorek č.1 (MPa)	4,3	4,9	5,1
vzorek č.2 (MPa)	4,1	4,8	5,3
vzorek č.3 (MPa)	4,4	4,8	5,1
Ø (MPa)	4,3	4,8	5,2

- Stanovení pevnosti prostého tlaku stmelené směsi po zmrazování po 14 a 28 dnech

R _c 14 + zmraz. 13	5 % CEM	6 % CEM	7 % CEM
vzorek č.1 (MPa)	3,1	3,4	4,0
vzorek č.2 (MPa)	2,8	3,4	4,0
vzorek č.3 (MPa)	2,9	3,5	3,8
Ø (MPa)	2,9	3,4	3,9

R _c 28 + zmraz. 13	5 % CEM	6 % CEM	7 % CEM
vzorek č.1 (MPa)	3,8	4,3	4,5
vzorek č.2 (MPa)	3,9	4,2	4,7
vzorek č.3 (MPa)	3,8	4,3	4,6
Ø (MPa)	3,8	4,2	4,6

Závěrečné vyhodnocení:

Výsledky Průkazných zkoušek, které jsou uvedeny v příložených protokolech, vyhovují požadavkům uvedených v TP 208 pouze při 6% a 7% dávkování hydraulického cementového pojiva CEM II/B-S 32,5R. Výsledky Průkazných zkoušek, které jsou uvedeny v příložených protokolech, vyhovují požadavkům uvedených v TP 208 při 6% a 7% dávkování hydraulického cementového pojiva CEM II/B-S 32,5R. Zároveň obě tyto receptury splňují požadavek stanovený v ZTKP stavby pro pevnost v tlaku s minimální rezervou 20 %.



Toto vyhodnocení je provedeno mimo rámec akreditace.

Zpracoval: V. Šeda

Praha, 9. května 2016

SQZ, s.r.o.
 Ústřední laboratoř PRAHA
 Rohanský ostrov 641, 186 00 Praha - Karlín
 IČ: 25743554, DIČ: CZ25743554

V. Šeda

■ SQZ, s.r.o.
 Rohanský ostrov 1
 180 00 Praha 8
 www.sqz.cz

■ Ústřední laboratoř Praha
 Rohanský ostrov 1, Praha 8
 Tel./fax: 224812153, mob.724278026,
 E-mail: sqz-praha@volny.cz

■ IČ: 25743554, DIČ: CZ25743554
 Zapsáno v obchodním rejstříku
 u MOS Praha, oddíl C, vložka 66222
 ČSOB: 377916633/0300



TECHNICKÝ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV STAVEBNÍ PRAHA, s.p.
Technical and Test Institute for Construction Prague
Akreditovaná zkušební laboratoř, Autorizovaná osoba, Notifikovaná osoba, Oznámený subjekt, Subjekt pro technické posuzování, Certifikační orgán, Inspekční orgán / Accredited Testing Laboratory, Authorized Body, Notified Body, Technical Assessment Body, Certification Body, Inspection Body. Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 - Prosek, Czech Republic

Oznámený subjekt 1020

OSVĚDČENÍ O STÁLOSTI VLASTNOSTÍ

certificate of constancy of performance

č. 1020 – CPR – 040 019101

V souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011 (nařízení o stavebních výrobcích nebo CPR) se vydává toto osvědčení pro stavební výrobek:

Portlandský struskový cement EN 197-1 – CEM II/B-S 32,5 R

Výrobek je určen pro přípravu betonu, malt, injektážní malty a jiných směsí pro stavění a výrobu stavebních výrobků.

vyrobený výrobcem nebo pro výrobce:

CEMEX Cement, k.s.

Tovární 296, 538 04 Prachovice

IČ 15 05 23 20

ve výrobním závodě:

cementárna Prachovice

Tovární 296, 538 04 Prachovice

Toto osvědčení prokazuje, že všechna ustanovení týkající se posuzování a ověřování stálosti vlastností popsaná v příloze ZA normy

EN 197-1:2011

podle systému 1+ pro vlastnosti stanovené v tomto osvědčení byla uplatněna a že

výrobek splňuje všechny předepsané požadavky pro tyto vlastnosti.

Toto osvědčení bylo poprvé vydáno **1. dubna 2004** a zůstává v platnosti, dokud se nezmění zkušební metody a/nebo požadavky na řízení výroby, obsažené v harmonizované normě použité při posuzování vlastností deklarovaných základních charakteristik, a pokud se výrazně nezmění stavební výrobek a/nebo výrobní podmínky v místě výroby nebo pokud oznámený subjekt pro osvědčení výrobku nepozastaví nebo nezruší platnost tohoto osvědčení.

Teplice, 1. května 2015



Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.
zástupce vedoucího oznámeného subjektu

Dílčí závěrečná zpráva zhotovitele
o hodnocení jakosti provedených prací
09-A Recyklace za studena

III. TABULKOVÁ ČÁST ZPRÁVY

Tab. B.3 Vyhodnocení jakosti podkladu ze směsi stmel. hydraul. pojivy

Kontrolní zkoušky prováděla laboratoř: TPA, s.r.o.

Zkouška	Požadovaná četnost	Výměra (dny, m ²)	Požadov. počet zk.	min.	max.	průměr	vyhovující	nevyhov.	Požadavek
vlhkost	1	6000 m ² , 1 den	11	11,9	16,3	14,125	12	0	11-17
objemová hmotnost dle PM	-	-	6	1800	2030	1886,66	-	-	-
pevnost v tlaku	1	6000 m ² , 1 den	11	9	16	11,33	12	0	4
Odolnost proti mrazu a vodě	1	6000 m ² , 1 den	11	7	15,5	11,60	12	0	85% Rc

pozn.: vlhkost: neovlivňuje parametry díla, bylo dosaženo požadované míry zhutnění

B.3.c Zkoušky míry zhutnění podle ČSN 721006 (PM)

Kontrolní zkoušky prováděla laboratoř: TPA, s.r.o.

hodnoc. plocha m ²	požad. četnost zk/m ²	požad. počet zkoušek	provedené zkoušky				obj.hmot.		dosažené zhutnění D			požad. míra zhut. D %
			celkem	vyhovující	nevyhovující	vyh. po opravě	min. kg/m ³	max. kg/m ³	průměr %	min. %	max %	
62452	2500	25	31	31	0	0	1800	2030	98,59	97,2	101,3	97

Pokračování tab. B.3.

B.3.d) Zkoušky hotové vrstvy – geometrické parametry

Zkouška	Požadovaná četnost	Požadavek	Výměra (profil, m ²)	Požadov. počet zk.	min.	max.	průměr	vyhovující	nevyhov.
nerovnost povrchu podélná	průběžné	maximální	4540 bm	-	0	12	-	všechny	0
nerovnost povrchu příčná	po 40 m	maximální	4540 bm	114	0	11	-	114	0
odchylka od příčného sklonu	po 20 m	maximální	4540 bm	227	-0,3	0,2	-	všechny	0
odchylka od projekt. výšek	po 20 m	maximální	4540 bm	227	-20	10	-	všechny	0


Dílčí závěrečná zpráva zhotovitele
o hodnocení jakosti provedených prací
09-A Recyklace za studena

Pokračování tab. B.3.

Rázový modul deformace:

hodnoc. plocha m ²	požad. četnost zk/m ²	požad. počet zkoušek	provedené zkoušky			Požadované hodnoty	rázový modul deformace M ₁₀		
			celkem	vyhovující	nevyhovující	min.	průměr MPa	min. MPa	max MPa
62452	250	250	253	253	0	100	146,2	101,4	219,6

Příloha D - Průkazní zkouška recyklované směsi podle TP 208 (0/63)

TPA ČR, s.r.o., zkušební laboratoř, pracoviště č.4, areál firmy Strabag a.s., Velká Bystřice 783 53		
PRŮKAZNÍ ZKOUŠKA RECYKLOVANÉ SMĚSI PODLE TP 208		
číslo: OL16-003-RS		list 1/3
směs : RS C 0/63 (na místě); 220 mm; TP 208		
Stavba:	Rekonstrukce komunikace I/23 Náměšť nad Oslavou - Kralice nad Oslavou	
Složení směsi		
	zdroj	dávka
0-63	Původní materiál	100,0%
Geo Road	Holcim Prachovice	5,0%
Fyzikálně - mechanické vlastnosti směsi		
dle TP 208, čl. 9.3.2. směsi 0/63, použité při celkové recyklaci na místě se kontrolují vizuálně, kde se sleduje dávkování, stejnoměrnost vzájemného promísení všech komponent a vlhkost Vzorky pro stanovení zrnitosti byly dodány objednatelem zkoušky.		
Obsah	1 Titulní list 2 Materiálové vstupy 3 Zrnitost směsi	
Objednatel	SAT, s.r.o., Mírová 284/26, 417 03 Dubí	
Protokol vystaven dne:	27.5.2016	
Schválil:	Radek Pospíšil, vedoucí pracoviště	
		 TECHNICKÝ ZKUŠEBNÍ INSTITUT TPA ČR, s.r.o. LABORATOŘ OLOMOUC 783 53 VELKÁ BYSTRICE TEL./FAX: +420 585 351 889



PRŮKAZNÍ ZKOUŠKA RECYKLOVANÉ SMĚSI PODLE TP 208

MATERIÁLOVÉ VSTUPY

list 2/3

průkazní zkouška č.: OL16-003-RS

směs : RS C 0/63 (na místě); 220 mm; TP 208 pro podkladní vrstvu

Tab. 1

<u>Asfalt:</u>	
Druh asf.pojiva:	Asfaltová emulze C60 B7 R
Výrobce:	Bohemia Bitunova
Země:	Česká Republika
<u>Vlastnosti pojiva:</u>	
Stanovení penetrace jehlou (0,1 mm)	60,3
Stanovení bodu měknutí KK (°C)	kationt
	3,3
	165

Tab. 2

<u>Hydraulické pojivo</u>	
Druh pojiva:	GeoRoad
Výrobce:	Hocim Prachovice
Země:	Česká Republika
Lokalita:	
<u>Vlastnosti cementu:</u>	
Obsah SO ₃	-
Obsah Cl	-
Počátek tuhnutí	-
Konec tuhnutí	-
Pevnost v tlaku po 28 dnech	-



PRŮKAZNÍ ZKOUŠKA RECYKLOVANÉ SMĚSI PODLE TP 208
ZRNITOST SMĚSI

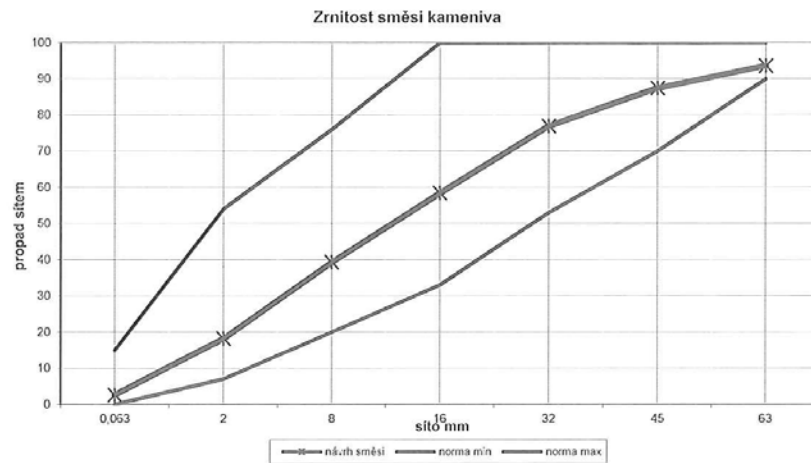
směs: RS C 0/63 (na místě); 220 mm; TP 208

Průkazní zkouška číslo: OL16-003-RS

	k a m e n i v o		Zrnitost Čára zrnitosti	meze TP 208	
	1	2		min.	max.
	0-63				
P r o p a d y s í t e m v %	63	93,6	93,6	90	100
	45	87,4	87,4	70	100
	32	76,9	76,9	53	100
	16	58,4	58,4	33	100
	8	39,3	39,3	20	76
	2	18,2	18,2	7	54
	0,063	2,6	2,6	0	15



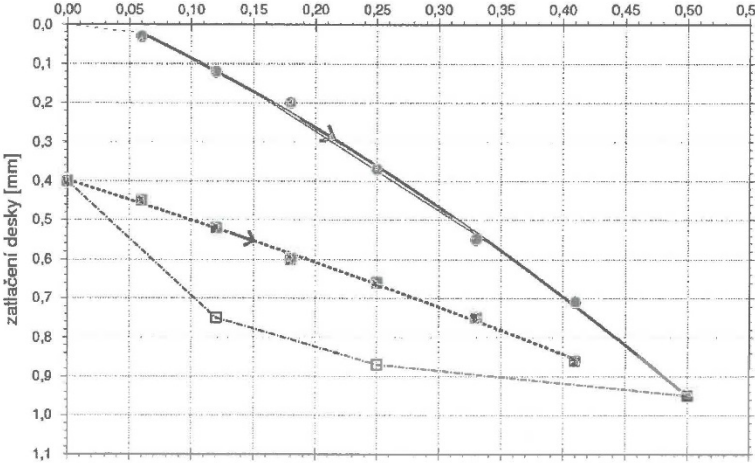
Zdroj: pův. materiál z vozovky
%: 100,0
frakce: 0-63

omezení:
100% propad sítem
90 mm



Autor: Petr Pravda

Příloha E - Kontrolní zkoušky podle TP 208 (0/63)

TPA ČR, s.r.o., ZL TPA ČR, Vrbenská 1821/31, 370 06 České Budějovice pracoviště č. 3 Brno		 L 1181																																										
Tovární 3 (areál Strabag) tel. +420 545 423 746 620 00 Brno fax +420 545 229 873																																												
Protokol o zkoušce statická zatěžovací zkouška dle ČSN 72 1006, příloha A — 300																																												
popis zkoušky	objednatel:	SAT s.r.o. spec. tech. a stabilizace / 839.1370 Na Bělidle 198/21 CZ 150 00 Praha 5 - Smíchov	č. protokolu: BR/2016/02291 č. kontraktu: BR/2016/00015																																									
	stavba:	I/23 Náměstí n. O. - Kralce n. O	objekt: úsek č.2																																									
	druh materiálu:	R- MATERIAL	počasí: polojasno, 25°C																																									
	staničení:	km 0+480, LJP																																										
	výrobna:	-	datum zkoušky: 07.09.2016																																									
Ø desky [mm]:	300	vlhkost [% hm.]:																																										
konstrukční celek:	podkladní vrstva	poměr ramen:	1:1																																									
výsledky zkoušek / požadavky	zatěžovací křivky kontaktní napětí [MPa]																																											
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>σ_0 MPa</th> <th>s mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">1. zatěž. cyklus</td> </tr> <tr><td>0,060</td><td>0,030</td></tr> <tr><td>0,120</td><td>0,120</td></tr> <tr><td>0,180</td><td>0,200</td></tr> <tr><td>0,250</td><td>0,370</td></tr> <tr><td>0,330</td><td>0,550</td></tr> <tr><td>0,410</td><td>0,710</td></tr> <tr><td>0,500</td><td>0,950</td></tr> <tr> <td colspan="2">odlehčení</td> </tr> <tr><td>0,250</td><td>0,870</td></tr> <tr><td>0,120</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>0,000</td><td>0,400</td></tr> <tr> <td colspan="2">2. zatěž. cyklus</td> </tr> <tr><td>0,000</td><td>0,400</td></tr> <tr><td>0,060</td><td>0,450</td></tr> <tr><td>0,120</td><td>0,520</td></tr> <tr><td>0,180</td><td>0,600</td></tr> <tr><td>0,250</td><td>0,660</td></tr> <tr><td>0,330</td><td>0,750</td></tr> <tr><td>0,410</td><td>0,860</td></tr> </tbody> </table>		σ_0 MPa	s mm	1. zatěž. cyklus		0,060	0,030	0,120	0,120	0,180	0,200	0,250	0,370	0,330	0,550	0,410	0,710	0,500	0,950	odlehčení		0,250	0,870	0,120	0,750	0,000	0,400	2. zatěž. cyklus		0,000	0,400	0,060	0,450	0,120	0,520	0,180	0,600	0,250	0,660	0,330	0,750	0,410
σ_0 MPa	s mm																																											
1. zatěž. cyklus																																												
0,060	0,030																																											
0,120	0,120																																											
0,180	0,200																																											
0,250	0,370																																											
0,330	0,550																																											
0,410	0,710																																											
0,500	0,950																																											
odlehčení																																												
0,250	0,870																																											
0,120	0,750																																											
0,000	0,400																																											
2. zatěž. cyklus																																												
0,000	0,400																																											
0,060	0,450																																											
0,120	0,520																																											
0,180	0,600																																											
0,250	0,660																																											
0,330	0,750																																											
0,410	0,860																																											
neakreditované ozn. kurzívou																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>σ_{0max} MPa</th> <th>a_0 mm</th> <th>a_1 mm.MPa⁻¹</th> <th>a_2 mm.MPa⁻²</th> <th>E_{def1}</th> <th>E_{def2}</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,500</td> <td>-0,065</td> <td>1,377</td> <td>1,308</td> <td>110,8</td> <td></td> <td>MPa</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,410</td> <td>0,397</td> <td>0,992</td> <td>0,306</td> <td>201,3</td> <td></td> <td>MPa</td> </tr> </tbody> </table>					σ_{0max} MPa	a_0 mm	a_1 mm.MPa ⁻¹	a_2 mm.MPa ⁻²	E_{def1}	E_{def2}		1	0,500	-0,065	1,377	1,308	110,8		MPa	2	0,410	0,397	0,992	0,306	201,3		MPa																	
	σ_{0max} MPa	a_0 mm	a_1 mm.MPa ⁻¹	a_2 mm.MPa ⁻²	E_{def1}	E_{def2}																																						
1	0,500	-0,065	1,377	1,308	110,8		MPa																																					
2	0,410	0,397	0,992	0,306	201,3		MPa																																					
<table border="1"> <tr> <td>E_{def2}/E_{def1}</td> <td>1,82</td> </tr> </table>				E_{def2}/E_{def1}	1,82																																							
E_{def2}/E_{def1}	1,82																																											
rozdělovník: 2 x objednatel 1 x TPA		zkoušel: Luboš Vitámvás, zkušební technik schválil: Olga Švehlová, zkušební technik datum: 08.09.2016 strana 1/2																																										
Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý. Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty. Společnost je zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Českých Budějovicích, spisová značka C 17759, IČ 25122835, DIČ CZ25122835, www.tpaqi.com.																																												

Nejistoty výsledků zkoušek

vlastnost	zk. norma / metoda	výsledek	jednotka	rozšířená nejistota $\pm U$ (výpočet)
modul přetvárnosti $E_{def,1}$	ČSN 72 1006	110,8	MPa	\pm 2,2
modul přetvárnosti $E_{def,2}$	ČSN 72 1006	201,3	MPa	\pm 4,0
$E_{def,2}/E_{def,1}$	ČSN 72 1006	1,82		\pm 0,09

Uvedené rozšířené nejistoty měření $\pm U$ jsou součinem standartních nejistot měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%. - konec protokolu -

TPA ČR, s.r.o., ZL TPA ČR, Vrbenská 1821/31, 370 06 České Budějovice
pracoviště č. 3 Brno

Tovární 3 (areál Strabag)
620 00 Brno

tel. +420545423746
fax +420545229873



Protokol o zkoušce - Rázová zatěžovací zkouška lehkou dynamickou deskou

údaje o objednateli a místě zkoušek	objednatel:	SAT s.r.o. spec. tech. a stabilizace 839.1370 Na Bělidle 198/21, 150 00 Praha 5 - Smíchov	číslo protokolu: BR/2016/02292 číslo kontraktu: BR/2016/00015 VIT
	stavba:	I/23 Náměstí n. O. - Kralice n. O	
	objekt:	úsek č.2	
	konstrukční celek:	PV	
	zkoušený materiál:	R-MATERIAL	datum provedení zkoušky: 7.9.2016
	místo zkoušky/staničení:	viz. tabulka	datum vydání protokolu: 8.9.2016
podmínky zkoušky	zkušební zařízení:	LDD 100 Poissonovo číslo 0,2	teplota vzduchu: 25°C
	zkušební metoda:	ČSN 73 6192 metoda C	teplota vrstvy: 25°C

provedení zkoušky	bod č.	místo měření	stanovený M_{vd}	nejistota $U \pm$
	1	km 0,500 LJP		125,0 MPa
2	km 0,570 LJP		186,7 MPa	$\pm 5,7$ MPa
3	km 0,630 LJP		179,1 MPa	$\pm 5,4$ MPa
4	km 0,690 LJP		188,0 MPa	$\pm 5,7$ MPa

Uvedená rozšířená nejistota měření $U \pm$ je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

hodnocení / komentář / poznámka:
Údaje o stavbě byly poskytnuty objednatelem zkoušek.

zkoušel:
Luboš Vítámvás, zkušební technik
schválil:
Olga Švehlová, zkušební technik

rozdělovník: 2 x objednatel, 1 x TPA

strana 1/1

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty. Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý. Společnost je zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Českých Budějovicích, spisová značka C 17759, IČ 25122835, DIČ CZ25122835, www.tpaqj.com.

- konec protokolu -



TPA ČR, s.r.o., ZL TPA ČR, Vrbenská 1821/31, 370 06 České Budějovice
pracoviště č. 3 Brno, Tovární 3 (areál Strabag), 620 00 Brno

PROTOKOL Č.: BR/2016/02293
MĚŘENÍ NEROVNOSTÍ VRSTEV VOZOVKY

Zkouška č.: BR/2016/02293

Zkoušeno dne : 07.09.16

Stavba : I/23 Náměšť n. O. - Kralice n. O

Místo zkoušky: km 0,460- 0,700

Vrstva / materiál: PV/ R-MATERIAL

Zkušební zařízení lat' 4m; lat' 2m

Zkušební postup:

Staničení počátku měřeného úseku km 0,462

ČSN 73 6175, kap. 8:

Podélné nerovnosti

Krok měření 2 m
Kritéria hodnocení
Max. povolená nerovnost 20 mm
Podle předpisu TP 208, tab. 12

Výsledky

Počet měření 119
v tom nevyhovujících
Maximální nerovnost mm 18
Nejistota měření $U = \pm$ 1 mm

Výpis nevyhovujících profilů

staničení	Jízdní pruhy a nerovnosti		
	LJP	mm	mm
km	mm	mm	mm

Příčné nerovnosti

Krok měření 40 m
Kritéria hodnocení
Max. povolená nerovnost 20 mm
Podle předpisu TP 208, tab. 12

Výsledky

Počet měření 6
v tom nevyhovujících
Maximální nerovnost mm 17
Nejistota měření $U = \pm$ 1 mm

Výpis nevyhovujících profilů

staničení	Jízdní pruhy a nerovnosti		
	LJP	mm	mm
km	mm	mm	mm

Údaje o zkoušce

N.S.č.: 839.1370 Č. kontraktu: BR/2016/00015
Objednatel zkoušky: SAT s.r.o., spec. tech. a stabilizace, Na Bělidle 198/21, CZ 150 00 Praha 5 - Smíchov
Protokol uzavřen: 08.09.16
Zkoušel : Luboš Vítámvas, zkušební technik
Schválil : Olga Švehlová, zkušební technik

$U = \pm$ Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což poskytuje hladinu spolehlivosti přibližně 95%.

Výsledky zkoušek se týkají jen předmětu zkoušky a protokol nenahrazuje jiné dokumenty. Tento protokol nesmí být bez souhlasu laboratoře kopírován jinak než celý. Společnost je zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Českých Budějovicích, spisová značka C 17759, IČ 25122835, DIČ CZ25122835, www.tpaqi.com.



- konec protokolu -

Příloha F - Fotodokumentace recyklace při modernizaci D1, Hvězdonic – Ostředeck







Recyklace za studena na místě dvěma sestavami recykléru a autocisterny [12]



Recyklace za studena na místě dvěma sestavami recykléru a autocisterny [12]



Rovnění a hutnění recyklované vrstvy grejdrem a tahačovým válcem [12]



Rovnění recyklované vrstvy grejdrem Volvo G960 [12]



Rovnění recyklované vrstvy grejdrem
Volvo G960 [12]



Rovnění a hutnění recyklované vrstvy
grejdrem a tahačovým válcem [12]



Grejdr CAT 120 H a vibrační tahačový válec
HAMM 3520 [12]



Recyklovaná vrstva – dokončování dílčího
úseku [12]