AV '21 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2021

SHRNUTÍ POZNATKŮ Z KONFERENCE AV'21

Petr Mondschein

23. – 24. listopadu 2021, České Budějovice

Motto: Bez kvalitních vozovek Evropu nedoženeme

40 SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST CZECH ROAD SOCIETY

EAPA

PRAGOPROJEKT

Shrnující informace ke sborníku

Zhodnocení konference

Témata

- Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek
- Výstavba, údržba a opravy asfaltových vozovek
- Udržitelnost a oběhové hospodářství

Příspěvky

- Celkem 42 (51 – 2019)
- 14 zahraničních (Slovensko, Tunisko, Francie, Finsko, Jihoafrická republika, Německo, Rakousko, Rusko, Spojené státy americké, Švédsko, Velká Británie)
- 18 univerzity nebo ve spolupráci

Trendy v asfaltových technologiích

AV´13 - AV´19

- Nízkoteplotní směsi
- Protihlukové úpravy
- Zvyšování životnosti konstrukčních vrstev
- Vozovky s dlouhou životností
- Recyklace
- Snižování energetické náročnosti
- Diagnostika
- Funkční zkoušení s důrazem na asfaltová pojiva
- Technologický vývoj
- Bezpečnost (protismyk)
- 3D data, BIM

AV´21

- **Kvalita asfaltových pojiv, modifikace asfaltových pojiv**
- **Funkční zkoušení asfaltových pojiv**
- **Jednoduché zkoušení asfaltových směsí**
- **3D data, BIM**
- **Nástroje SHV**
- **Pokusné úseky**
- **R-materiál v asfaltových směsích**
- **Znovupoužití, recyklace**
- **Protihlukové úpravy**
- **Protismykové úpravy**

AV '21 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2021

Kvalita asfaltových pojiv, modifikace asfaltových pojiv

Funkční zkoušení asfaltových pojiv

40 SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST CZECH ROAD SOCIETY

EAPA

PRAGOPROJEKT

Kvalita asfaltových pojiv → Kvalita asfaltových směsí

Složení asfaltové směsi

- Kamenivo
- Asfaltové pojivo
- Přísady, modifikace

Zkoušení asfaltových pojiv

- Empirické zkoušky (penetrace, bod měknutí)
- Funkční zkoušky (DSR, BBR)
- Zkoušení zestárnutých asfaltových pojiv (RTFOT, PAV)

Kvalita asfaltových pojiv [1.2]

Výsledky empirických zkoušek – nezestárlá a RTFOT pojiva

Označení pojiva		1 (A)	2 (B)	Požadavek	3 (A)	4 (B)	Požadavek
Gradace pojiva		50/70	50/70	50/70	70/100	70/100	70/100
Penetrace jehlou	0,1 mm	60	57	50 - 70	91	76	70 - 100
Bod měknutí	°C	51,7	48,4	46 - 54	48,3	45,5	43 - 51
PI	-	-0,3	-1,3	-1,5 - 0,7	-0,1	-1,4	-1,5 - 0,7
Δ BM po RTFOT	°C	7,2	7,1	≤ 9	6,2	6,3	≤ 9
Δ BM po RTFOT+PAV	°C	23,7	17,8	-	23,2	14,1	-
Zbylá pen. po RTFOT	%	62	70	≥ 50	51	61	≥ 46
Zbylá pen. po RTFOT+PAV	%	48	32	-	30	41	-
PI po RTFOT	-	0,1	-0,4	-	-0,3	-1,0	-
PI po RTFOT-PAV	-	2,3	0,0	-	1,6	0,1	-

Kvalita asfaltových pojiv [1.2]

Kritické parametry pojiv získané z měření BBR

Označení	Gradace pojiva	Kritické parametry			
		Tc_s	Tc_m	Tc	Δ Tc
		°C	°C	°C	°C
1.	50/70	-19,4	-14,7	-14,7	-4,7
2.	50/70	-14,6	-12,6	-12,6	-2,1
3.	70/100	-20,1	-16,9	-16,9	-3,2
4.	70/100	-14,4	-13,9	-13,9	-0,5

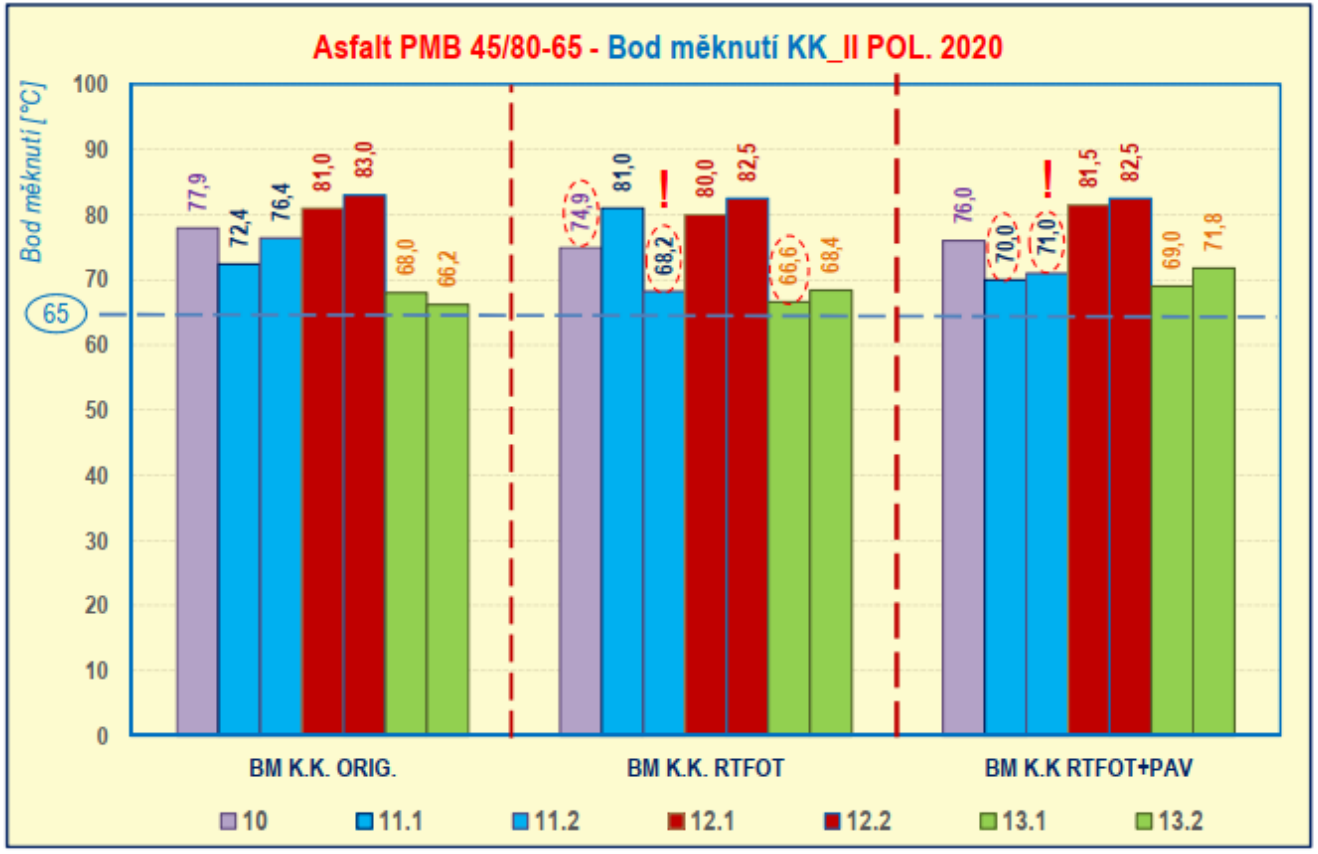
Kvalita asfaltových pojiv, PmB pojiva [1.7]

Dlouhodobý monitoring

- Originální pojiva (penetrace; K-K, DSR: 1.59 Hz, T_0 při G* = 15 kPa, úhel fázového posunu při T_0)
- Po stárnutí RTFOT (DSR: 1.59 Hz, T_1 při G* = 5 MPa, úhel fázového posunu při T_1, T_2 při G* = 15 kPa, úhel fázového posunu při T_2; MSCR při 50°C, 60°C, 70°C nebo 80°C, $R_{3.2}$, $Jnr_{3.2}$, Jnrdiff)
- Po stárnutí RTFOT + PAV (K-K, DSR: 1.59 Hz, T_3 při G* = 5 MPa, úhel fázového posunu při T_3, T_4 při G* = 15 kPa, úhel fázového posunu při T_4, BBR: $T_{s=300}$ při S = 300 MPa, m hodnota při $T_{s=300}$, T_m = 0,3 pro m-hodnotu = 0,300)

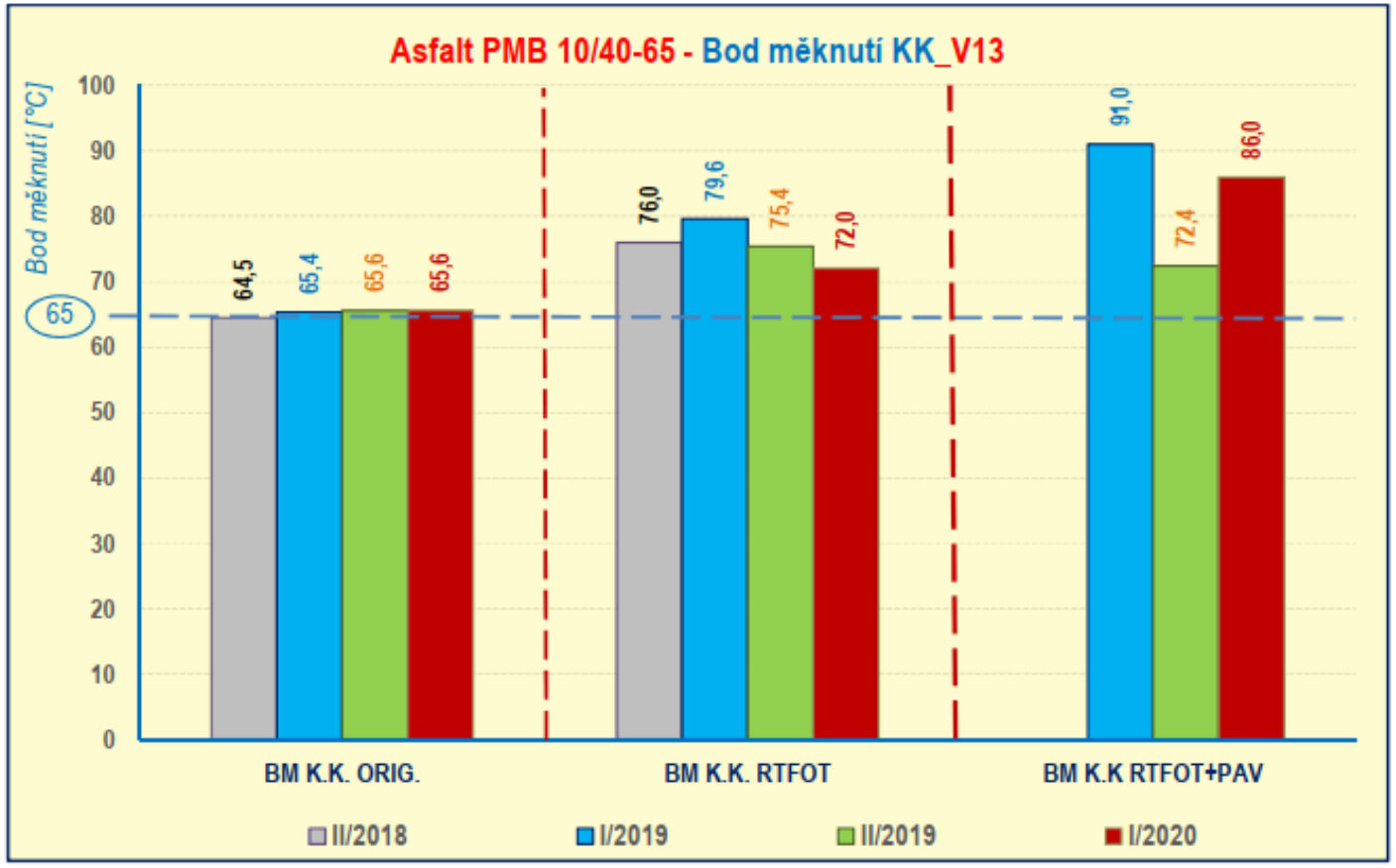
Kvalita asfaltových pojiv [1.7]

Porovnání všech zaslaných hodnot bodu měknutí za 2. pololetí 2020 (pojivo PMB 45/80-65)



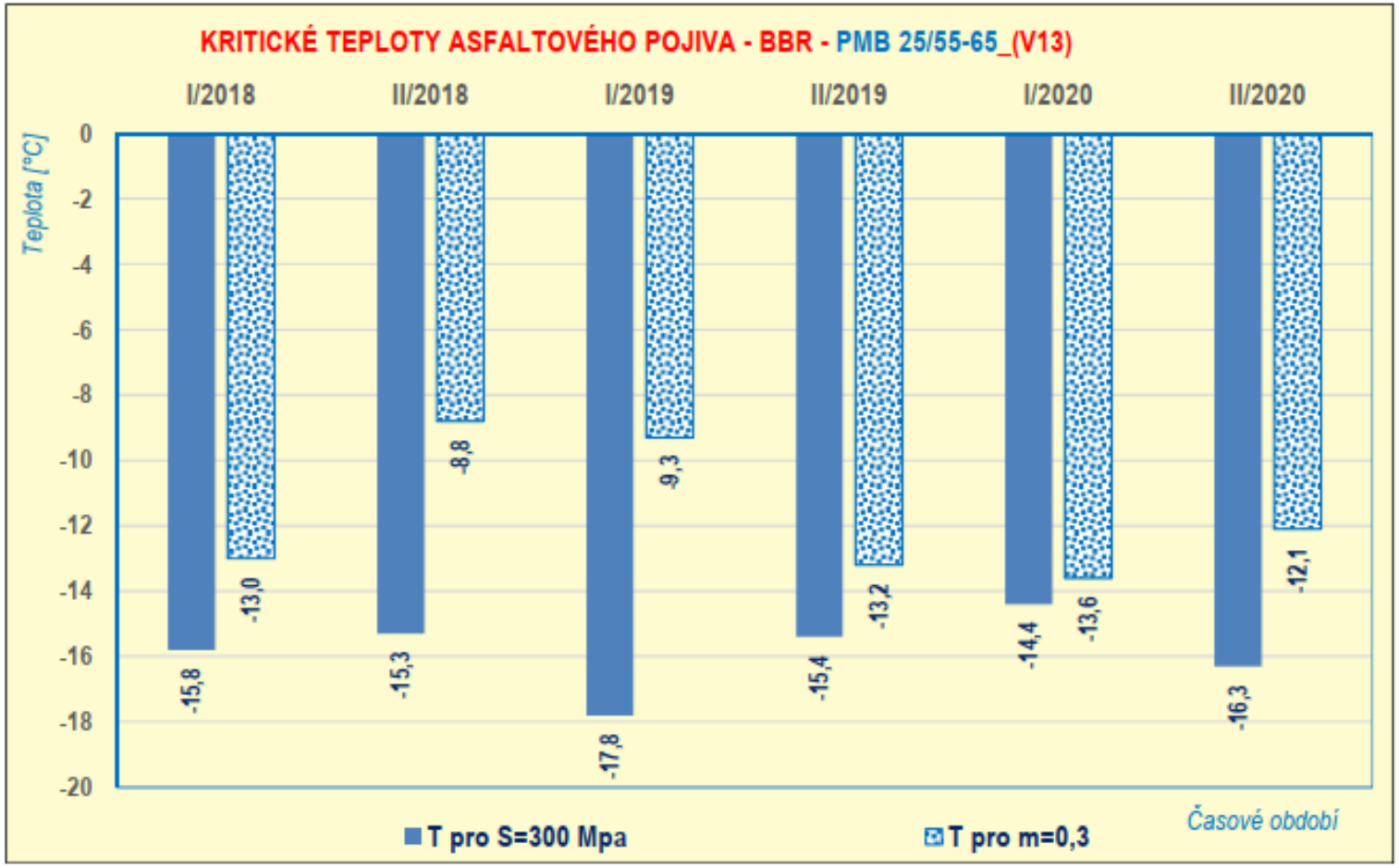
Kvalita asfaltových pojiv [1.7]

Porovnání hodnot bodu měknutí v jednotlivých pololetích (výrobce 13, pojivo PMB 10/40-65)



Kvalita asfaltových pojiv [1.7]

Porovnání kritických teplot BBR (výrobce 13, pojiva PMB 25/55-65)



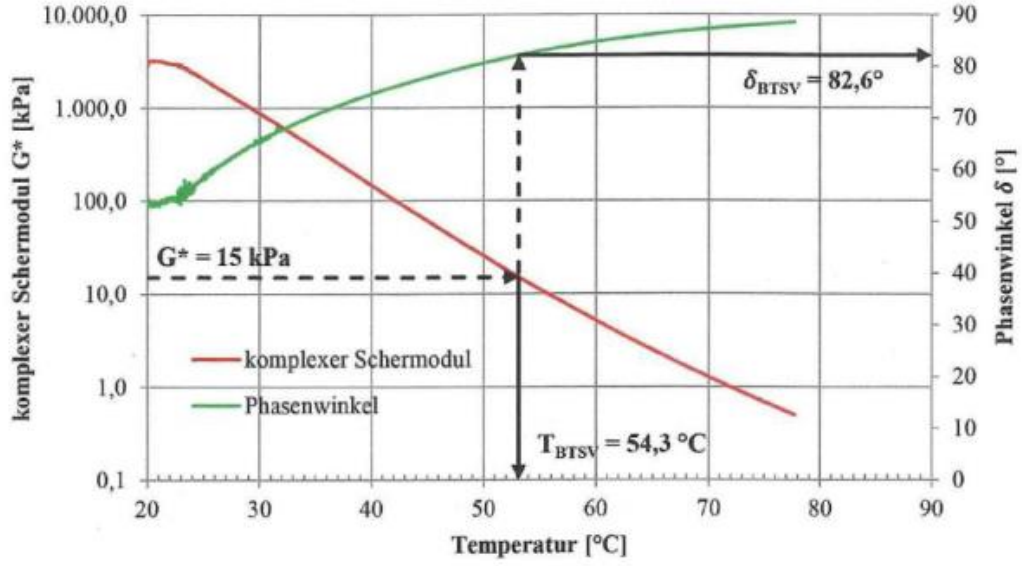
Kvalita asfaltových pojiv

- Hodnocení silničních asfaltů na základě požadavků v ČSN EN 12591 potažmo ČSN 65 7204 není dostatečně kvalitní pro posouzení dlouhodobého chování silničních asfaltů
- Lze popsat poměrně významné korelační vztahy mezi reologickými parametry a složením asfaltového pojiva
- Výroba PMB je realizována pochopitelně na bázi aktuálně dostupných silničních asfaltů, jejichž kvalitativní parametry v posledních letech stále výrazněji oscilují

Funkční zkoušení asfaltových pojiv [1.4]

Zkouška BTSV

- zkoušku pro rychlé vyhodnocení typu asfaltového pojiva za použití dynamického smykového reometru, která by výhledově mohla nahradit bod měknutí
- citlivější odezva na přítomnost modifikátorů
- zkouška není dostatečně ověřená

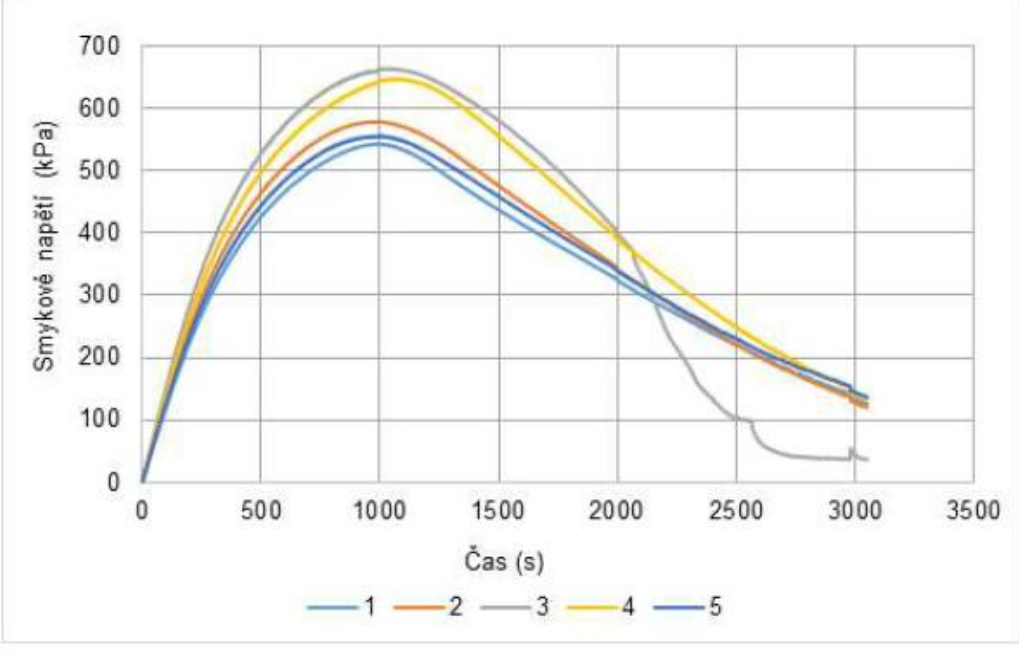


Znázornění způsobu stanovení výstupních parametrů BTSV

Funkční zkoušení asfaltových pojiv [1.5]

Zkouška LAS

- charakterizaci únavových vlastností asfaltových pojiv
- je umožněno charakterizovat chování asfaltových pojiv při podmínkách, které více odpovídají reálným podmínkám jejich užití v asfaltové směsi na silničních

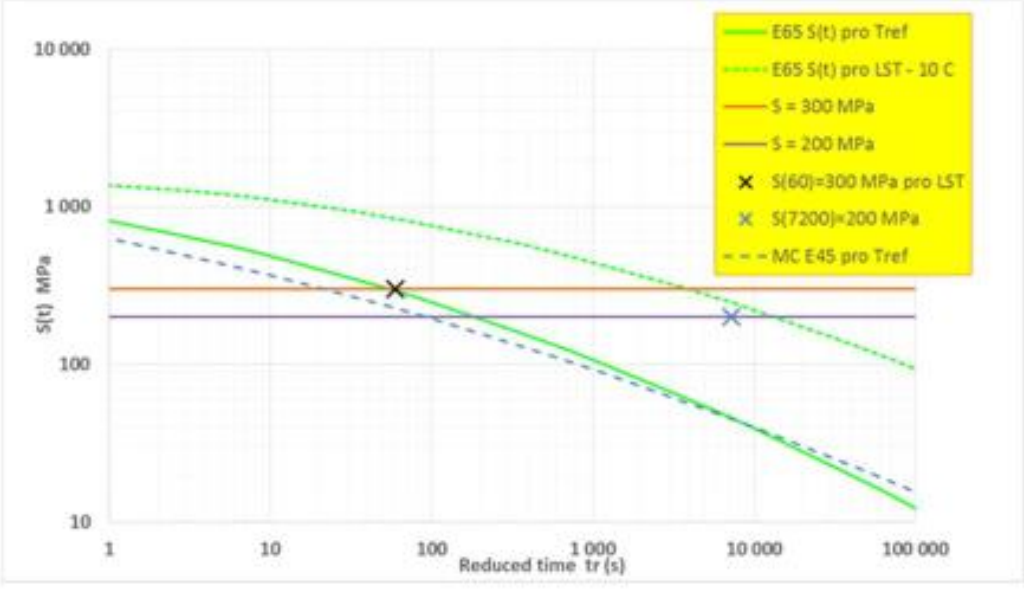


Průběh smykového napětí při 5 opakovaných měřeních, standardní geometrie PP8, temperace vzorku při 50 °C

Funkční zkoušení asfaltových pojiv [1.3]

Zkouška BBR

- Nízkoteplotní vlastnosti
- Zestárnuté pojivo RTFOT+PAV
- Sledování průběhu tuhosti během celého procesu zkoušky



Porovnání hlavních křivek pojiv E45 a E65 při T_{ref} = -16 °C

Funkční zkoušení asfaltových pojiv

- Je nutné vědecké znalosti převádět do praxe
- Definovat požadavky (průkazní zkoušky, zkoušky typu)

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí

40 SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC
ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST CZECH ROAD SOCIETY
EAPA
PRAGOPROJEKT

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí

- Modifikace okrajových podmínek zkušebních postupů
- Inovativní metody hodnocení a interpretace výsledků
- Zavádění nových jednoduchých zkušebních postupů

- Nenáročné na vybavení
- Jednoduché zkoušky
- Rychlé zkoušky
- Jednoznačně interpretovatelné
- Rozlišující zkoušené materiály

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí [1.10]

Pevnost v tahu za ohybu

- Tříbodový ohyb
- Změna okrajových podmínek: rychlost zatěžování, vzdálenost podpor
- Lomová práce

Pevnost v tahu za ohybu – schéma zkoušky

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí [1.13]

Pevnost v tahu za ohybu – inovativní zkouška pro vyztužování asfaltových vrstev sklovláknitými mřížemi

- Čtyřbodová zkouška
- Definice přípravy vzorku
- Složitější namáhání

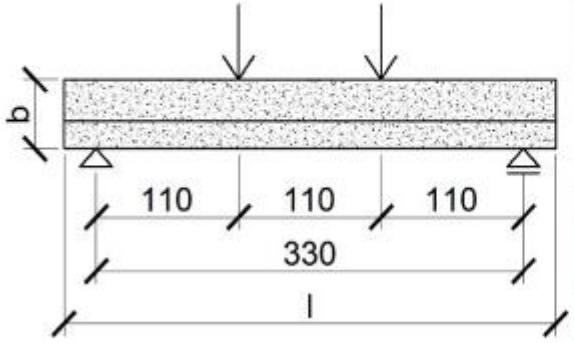
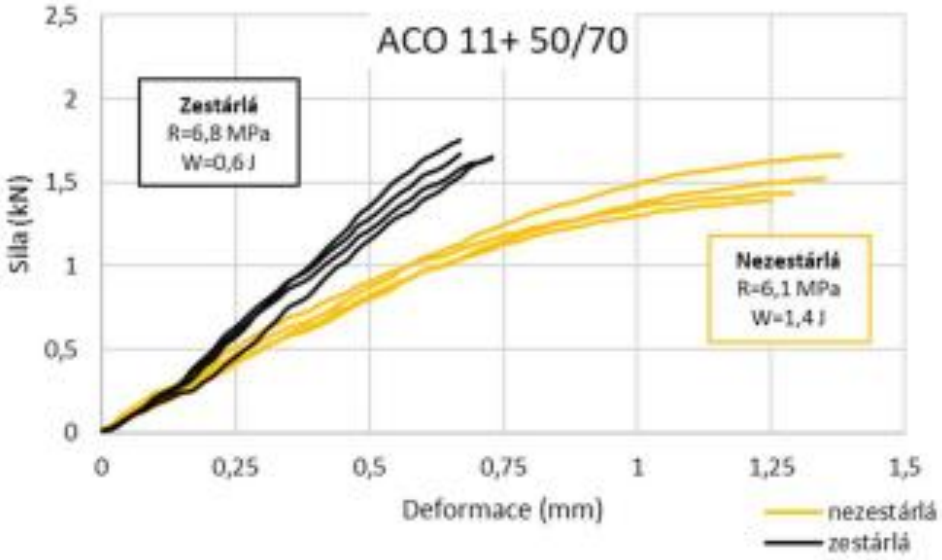


schéma usazení vzorku ve zkušebním zařízení;
vpravo: zkušební těleso ve zkušebním zařízení při zkoušce čtyřbodovým ohybem

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí [1.11]

SCB test – tříbodový ohyb na půlválcovém tělese

- Tříbodový ohyb
- Změna okrajových podmínek: stárnutí zkušebních těles, index stárnutí
- Lomová práce, lomová houževnatost, pevnost v tahu za ohybu



Typický příklad zatěžovacího diagramu pro ACO 11+ 50/70

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí [1.12]

Zpracovatelnost litého asfaltu

- Jednoduché-standardní laboratorní vybavení (míchačka, nádoba)
- Snadné hodnocení (průměr obrazce)

Zkouška roztékavosti litého asfaltu.

Jednoduché zkoušení asfaltových směsí [1.14]

Laboratorní stanovení spojení vrstev

- Jednoduché-standardní laboratorní vybavení (desky, Leurner, zhutňovač, vrtačka)
- Snadné hodnocení (průměr obrazce)

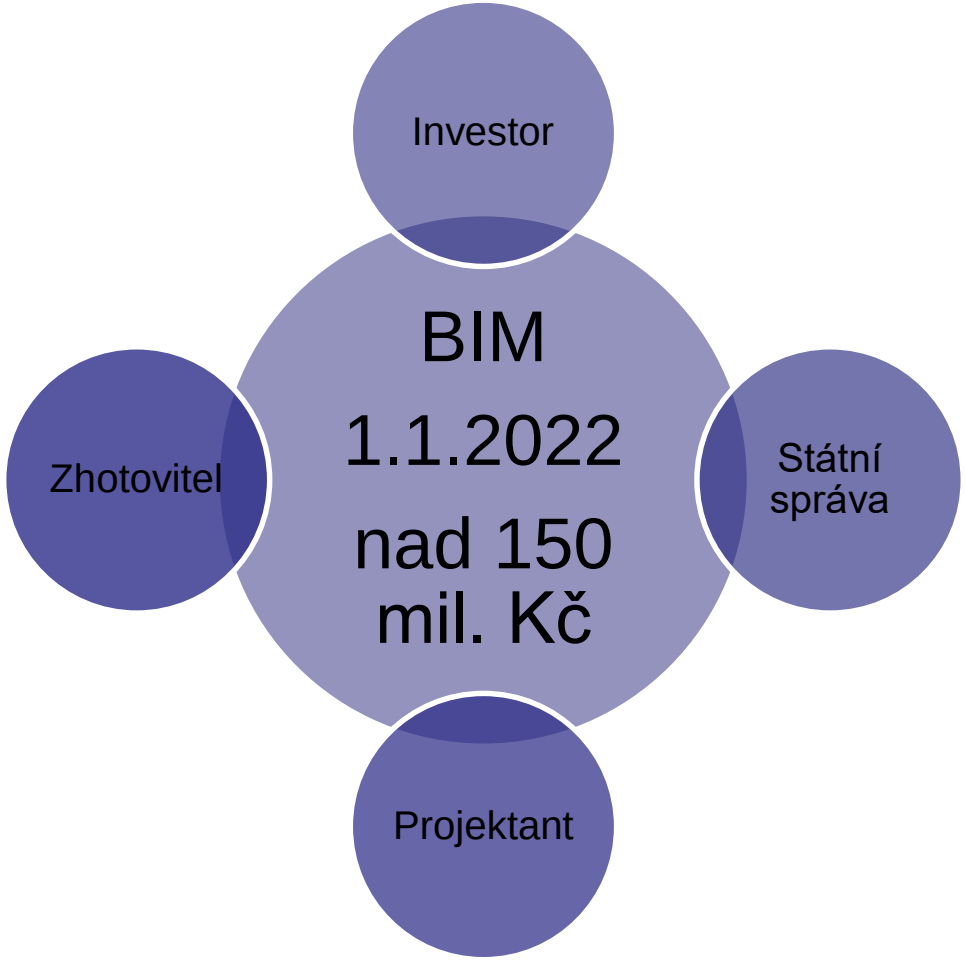
Odběr jádrových vývrtů, Smyková zkouška dle Leutnera, příprava vzorků

BIM

3D data

Nástroje SHV

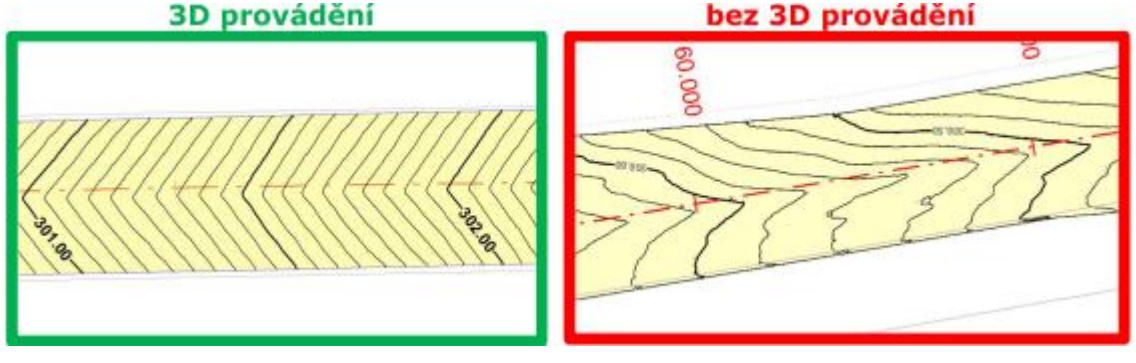
BIM [2.1]


Investor
BIM
1.1.2022
nad 150
mil. Kč
Zhotovitel
Státní
správa
Projektant

3D data [2.4]

Výhody práce v 3D prostředí

- Kvalita na výstupu
- Rychlost
- Jasná kontrolovatelnost
- Datový zdroj pro navazující práce, pro opravy



Příklady částí úseku s analýzou vrstevnicového průběhu tvaru těles PK s 3D a bez 3D provádění

Nástroje SHV [2.2, 2.3]

SHV a diagnostické nástroje

- SHV - nutnost existence pro správce či majitele komunikací (sítě komunikací)
- Nemusí se vždy jednat o robustní systémy SHV, v jednoduchosti je síla (závisí na typu sítě, možnostech sběru dat a hodnocení)
- <u>Hodnotící systémy – expertní systémy</u>
- Rychlost sběru dat, nové metody sběru dat
- Argumentační nástroj na politickou reprezentaci na minimální finanční zdroje

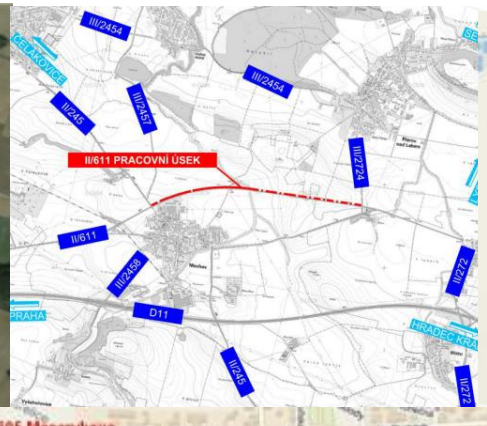
Pokusné úseky

Pokusné úseky [2.8, 2.9, 2.10]

- Ne vše se dá odzkoušet v laboratorních podmínkách, nutnost ověření in-situ
- Celá řada pokusných úseků s minimální publicitou
- Neexistující metodika hodnocení (co hodnotíme, jak hodnotíme, délka úseků, referenční segment, absolutní hodnocení, relativní hodnocení, časové řady)
- Dlouhodobé sledování, nelze hodnotit po určité době např. 5 letech, je nutné sledovat trendy
- Databáze technologií (silné x slabé stránky)

Pokusné úseky [2.8, 2.9, 2.10, 3.6]

- 3D rozptýlená výztuž
- Speciální asfaltové směsi s prodlouženou životností a odolností vůči tvorbě trvalých deformací (RESISKAN)
- Dodatečná modifikace asfaltových směsí v procesu výroby (guma, polymery, SUSTABIT)



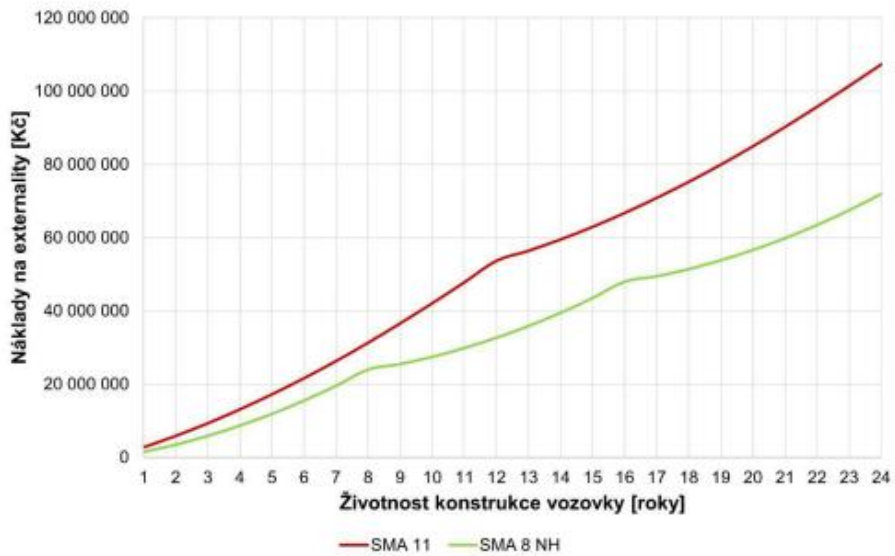
Protihlukové úpravy

Protihlukové úpravy [3.11]

Ekonomické porovnání standardních úprav a protihluků

- Stavební náklady (pokládka, frézování, VDZ, kongesce, DIO)
- Údržba (provozní údržba, čištění, solení, vysprávky)
- Externality (lidské zdraví)
- Životnost obrusných vrstev (3 výměny SMA NH, 2 výměny SMA 11 S)

Protihlukové úpravy [3.11]



Stavební náklady [Kč]					
Druh nákladu	SMA 11		SMA 8 NH		
	1. cyklus	2. cyklus	1. cyklus	2. cyklus	3. cyklus
Pokládka	16 740 000	16 740 000	15 230 000	15 230 000	15 230 000
VDZ	397 000	397 000	397 000	397 000	397 000
Frézování	---	6 100 000	---	4 370 000	4 370 000
DIO	---	21 000	---	21 000	21 000
Kongesce	---	0	---	0	0
Celkem	17 137 000	23 258 000	15 627 000	20 018 000	20 018 000

Vývoj nákladů za externality modelovaného případu s 9 986 obyvateli v průběhu životnosti konstrukce vozovky pro oba typy povrchů

Stavební náklady vynaložené na oba druhy směsi během životnosti konstrukce vozovky (24 let)

Protihlukové úpravy [3.11]

Závěrečné hodnocení

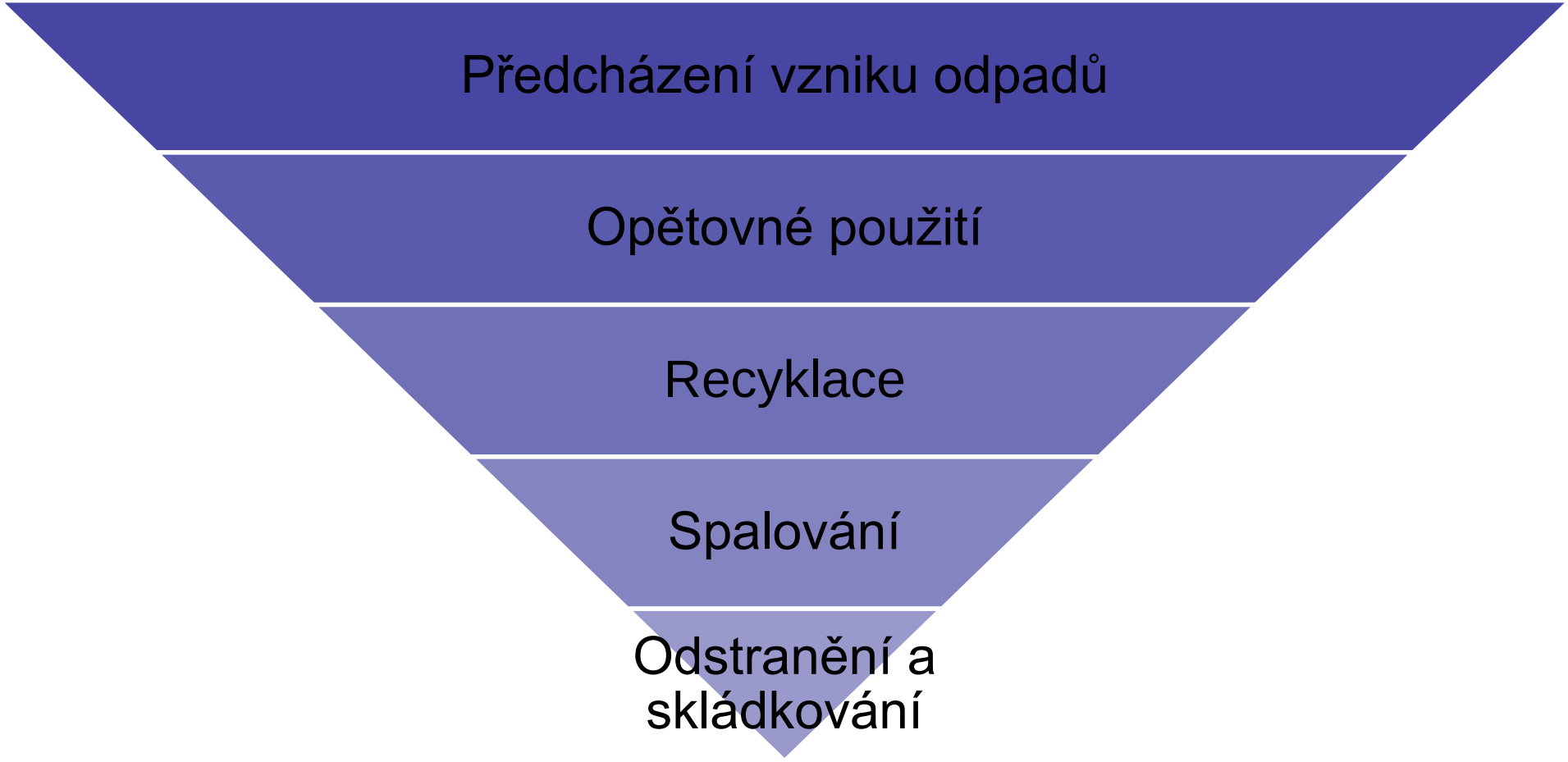
- NH směsi mají pozitivní efekt na zdraví
- NH směsi náročnější na údržbu a stavební náklady
- Celkové ekonomické náklady jsou nejvíce závislé na počtu ovlivněných obyvatel, pokládce a intenzitě dopravy, která ovlivňuje náklady za zpoždění při výměně povrchu za nový.
- <u>Každou řešenou situaci je tedy potřeba posuzovat samostatně a konkrétně.</u>

R-materiál v asfaltových směsích

Znovupoužití, recyklace

40 SDRUŽENÍ PRO VÝSTAVBU SILNIC
ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST CZECH ROAD SOCIETY
EAPA
PRAGOPROJEKT

Hierarchie způsobů nakládání s odpady



Motivace

- Šetrné nakládání s neobnovitelnými zdroji – přebytky R-materiálu
- Snížení energetické náročnosti
- Snížení uhlíkové stopy
- Snížení zatížení sítě PK – přeprava materiálů
- Ovlivnění životního cyklu vozovky
- Finanční úspora
- Omezené výrobní kapacity existujících lomů

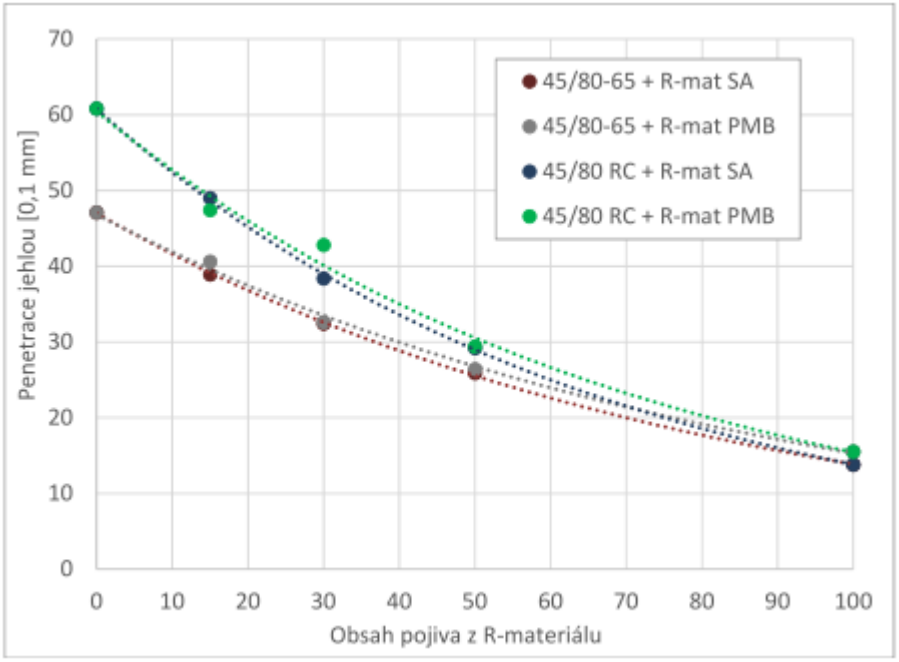
Systémová řešení

- Maximalizace přidávání R-materiálu do nově vyráběných asfaltových směsí [3.4]
- Využití R-materiálu v technologiích recyklace za studena na místě [3.8]
- Hledání alternativních pojiv pro technologie za horka (SUSTABIT) [3.6]
- Hledání alternativních pojiv pro technologie za studena (popílky, chemicky aktivovaná pojiva, mechanicky aktivovaná pojiva) [3.8]
- Recyklace plastů – modifikace asfaltových směsí (DUROFLEX) [3.7]
- Inovace výroby – modernizace obaloven – míchacích center [3.10]

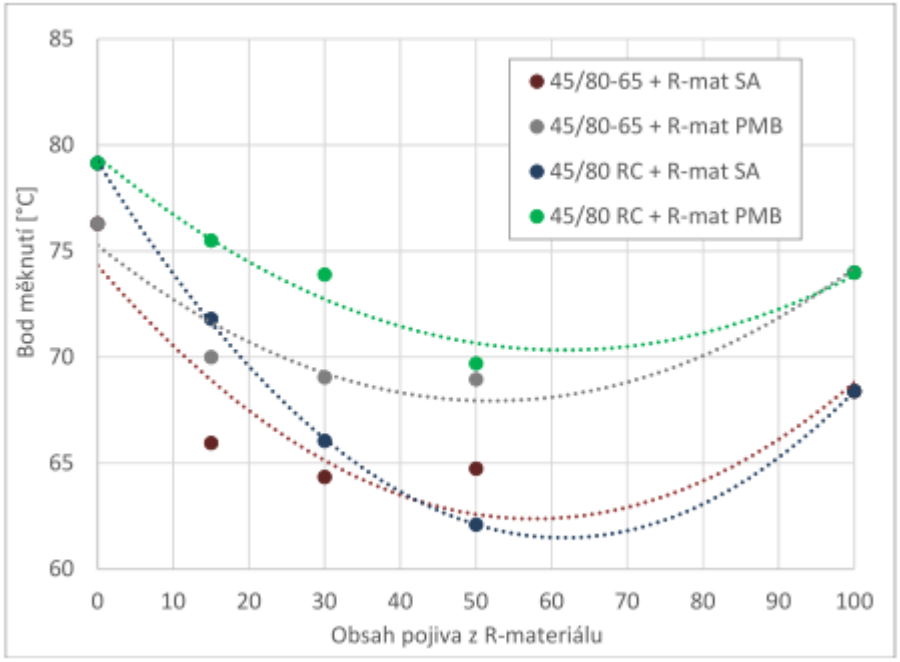
Dílčí kroky

- Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]

Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]



Závislost hodnoty penetrace jehlou na obsahu pojiva získaného z R-materiálu

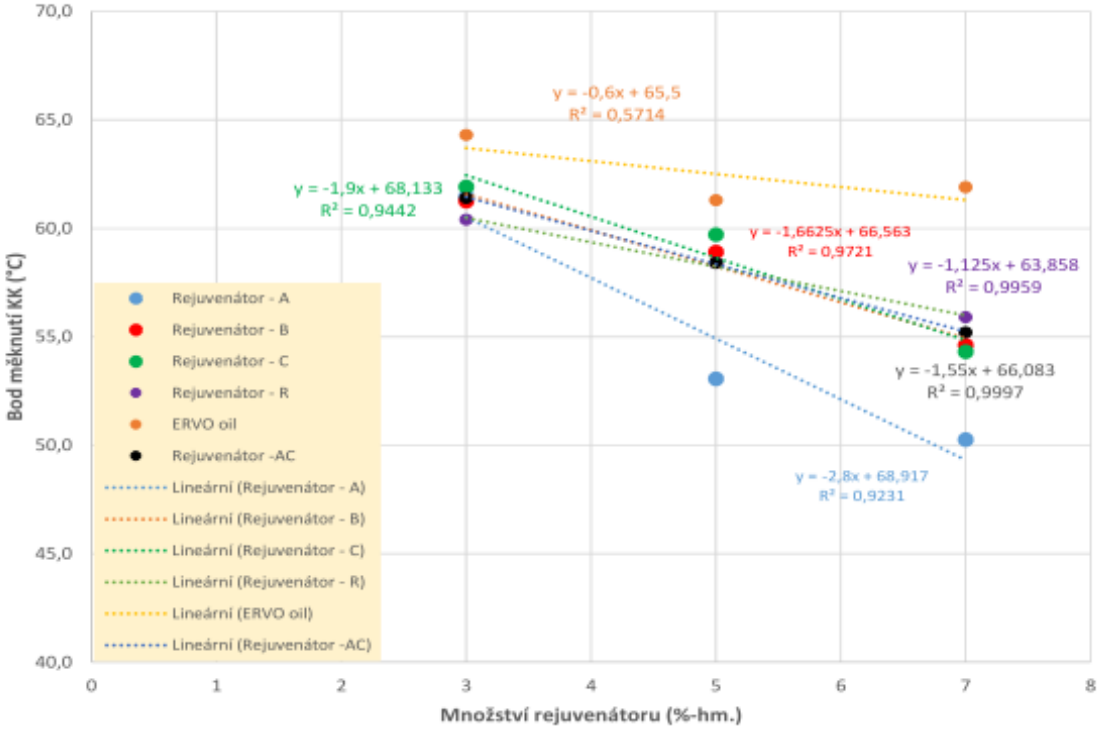


Závislost hodnoty bodu měknutí na obsahu pojiva získaného z R-materiálu

Dílčí kroky

- Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]
- Sledování vlastností asfaltových pojiv s rejuvenátory [3.2]

Sledování vlastností asfaltových pojiv s rejuvenátory [3.2]



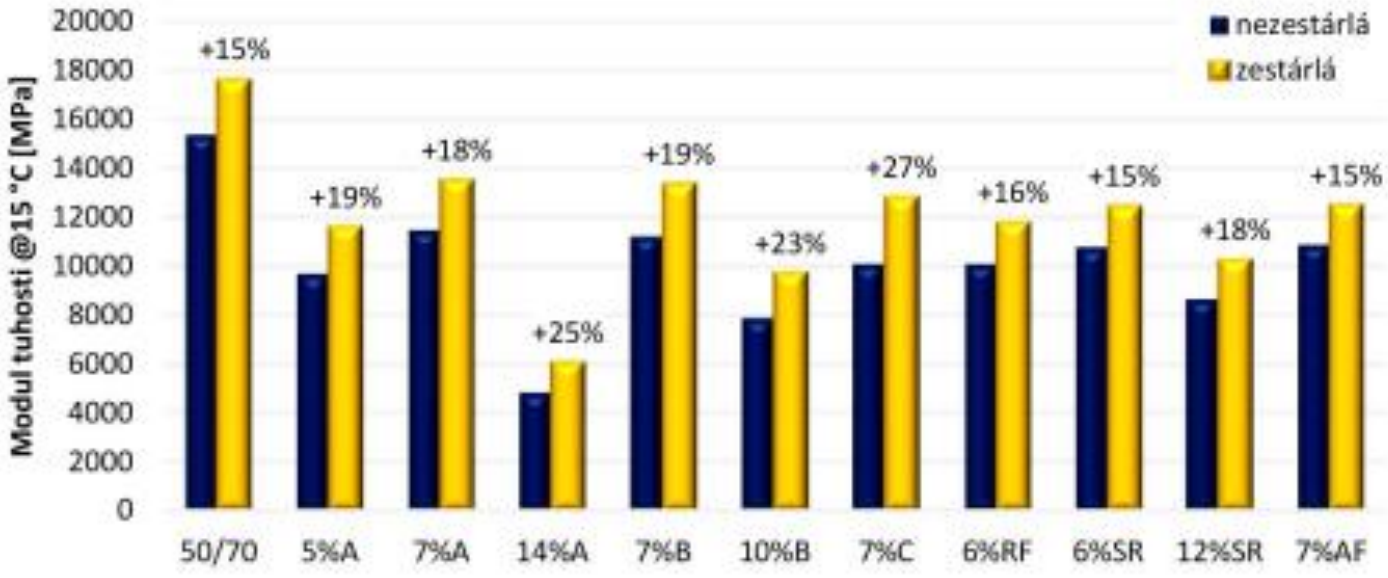
Závislost změkčení zdegradovaného pojiva a množství rejuvenátoru

Dílčí kroky

- Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]
- Sledování vlastností asfaltových pojiv s rejuvenátory [3.2]
- Sledování vlastností asfaltových směsí s rejuvenátory [3.3]

Sledování vlastností asfaltových směsí s rejuvenátory [3.3]

Aditivum	Dávkování [%-asfaltu v RA]
A	5, 7, 14 %
B	7, 10 %
C	7 %
RF	6 %
SR	6, 12 %
AF	7 %

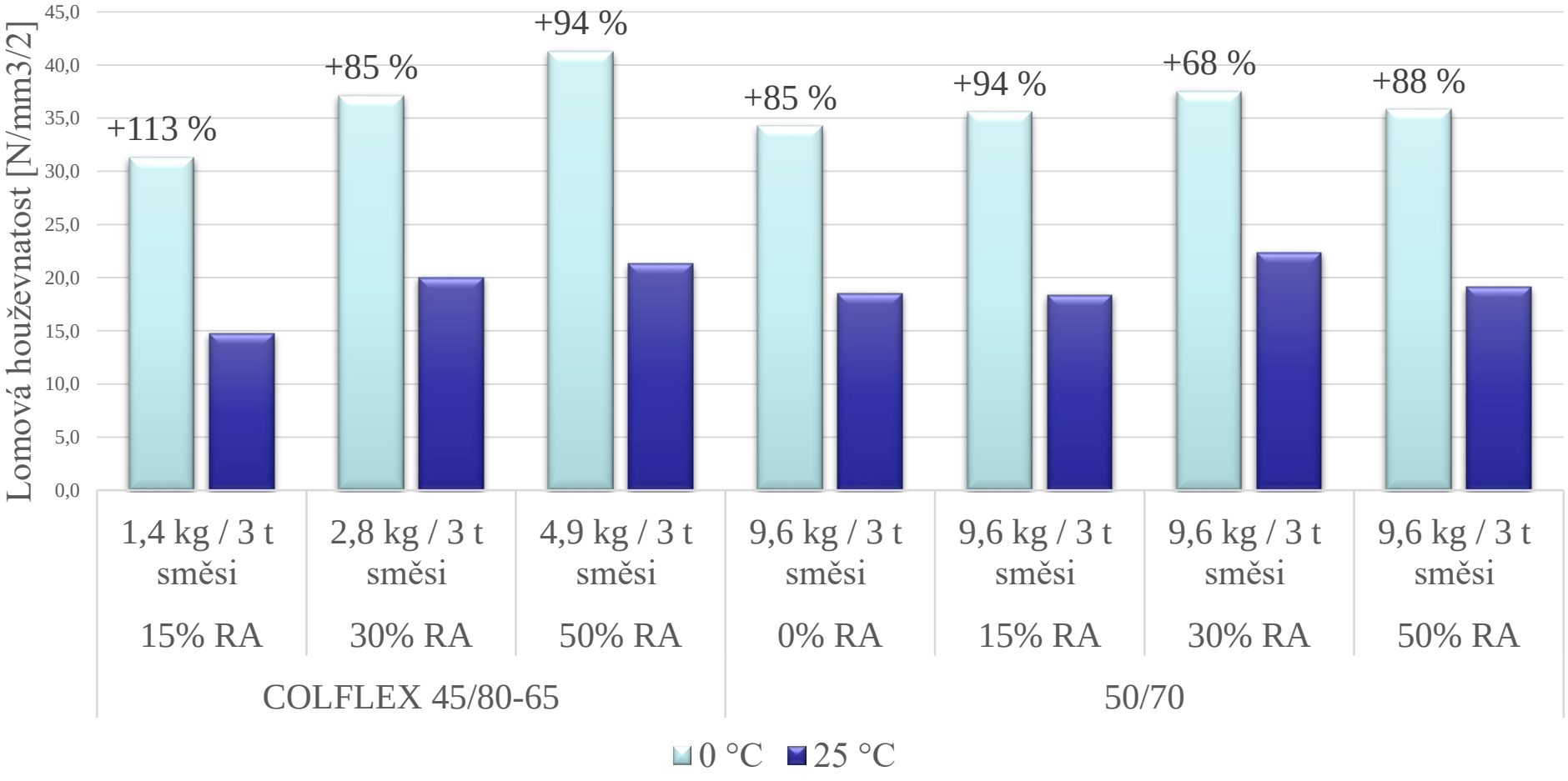


Modul tuhosti asfaltových směsí ACL 16+ 30 % RA

Dílčí kroky

- Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]
- Sledování vlastností asfaltových pojiv s rejuvenátory [3.2]
- Sledování vlastností asfaltových směsí s rejuvenátory [3.3]
- Dodatečná modifikace asfaltových směsí [3.4]

Dodatečná modifikace asfaltových směsí [3.4]



Dílčí kroky

- Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]
- Sledování vlastností asfaltových pojiv s rejuvenátory [3.2]
- Sledování vlastností asfaltových směsí s rejuvenátory [3.3]
- Dodatečná modifikace asfaltových směsí [3.4]
- R-materiál a CRmB pojiva [3.5]

R-materiál a CRmB pojiva [3.5]

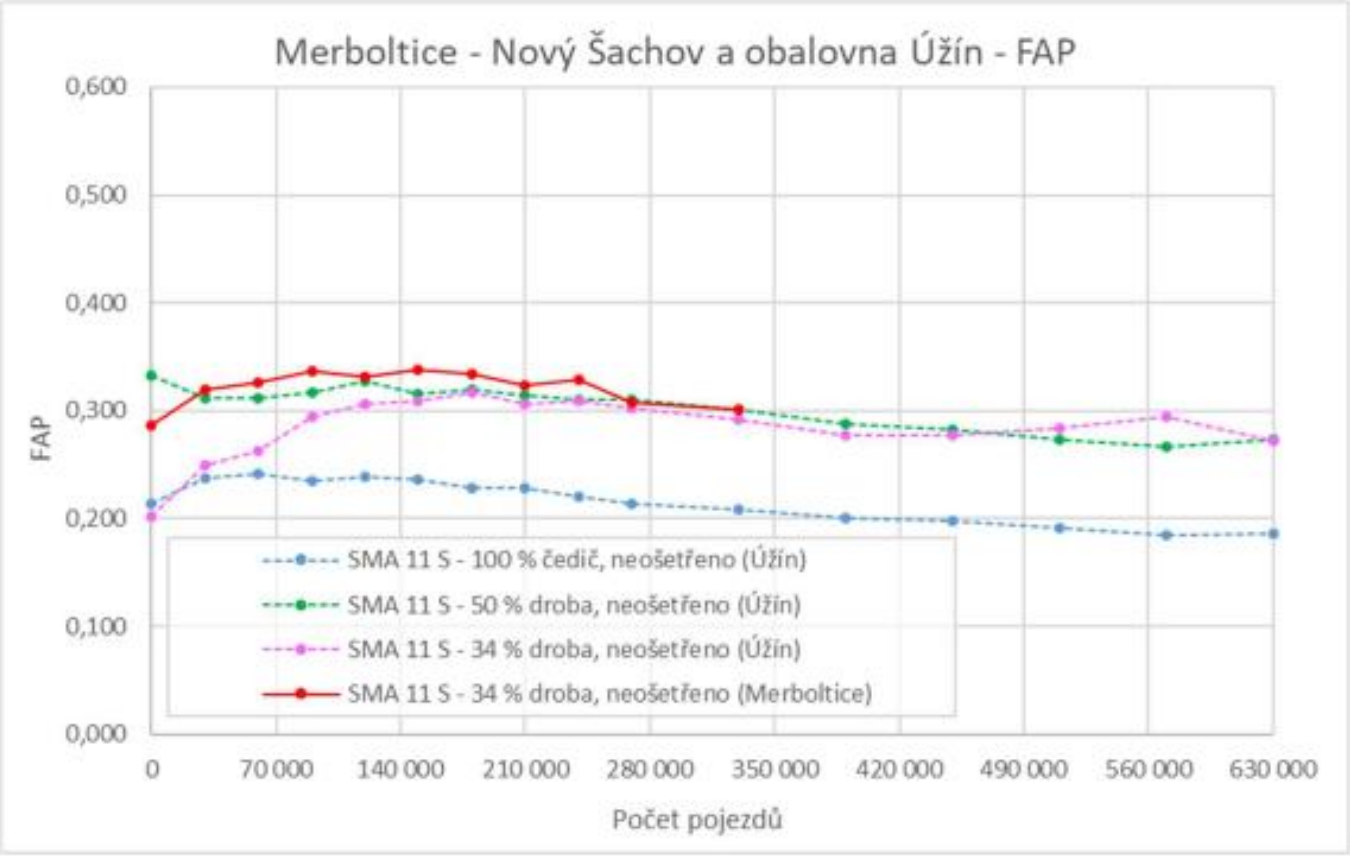
Označení směsi	Množství asfaltu ve směsi [%]	Označení funkční zkoušky			
		Modul tuhosti (t = 15 °C, f = 10 Hz) [MPa]	Odolnost vůči únavě (t= 10 °C, f = 25 Hz) ε_6 [-]	Odolnost vůči nízkým teplotám	
				Teplota při porušení [°C]	Maximální napětí při porušení [MPa]
Směs C (PMB 10/40-65)	4,90	12 664	155,5	-17,1	3,99
Směs D (CRMB)	5,90	14 160	182,8	-11,6	3,91

Výsledky funkčních zkoušek asfaltových směsí typu VMT 22 s 25 % R-materiálu

Dílčí kroky

- Sledování vlastností asfaltových pojiv v asfaltových směsích s vysokým podílem R-materiálu (nemodifikovaná x modifikovaná) [3.1]
- Sledování vlastností asfaltových pojiv s rejuvenátory [3.2]
- Sledování vlastností asfaltových směsí s rejuvenátory [3.3]
- Dodatečná modifikace asfaltových směsí [3.4]
- R-materiál a CRmB pojiva [3.5]
- Použití směsí kameniv s různou ohladitelností do směsí pro obrusné vrstvy [2.5]

Použití směsí kameniv s různou ohladitelností do směsí pro obrusné vrstvy [2.5]



Průběh součinitele tření po ohlazení v závislosti na počtu pojezdů kuželíky pro jednotlivé asfaltové směsi typu SMA 11 S – srovnání úseků v areálu obalovny Úžín (přerušované čáry) a úseku na silnici III/24095 (červená čára)

Děkuji Vám za pozornost

AV 2023