

AV'13

KONFERENCE
ASFALTOVÉ VOZOVKY 2013

Materiály a zkušebnictví

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně

26. a 27.11.2013, České Budějovice

Vliv kameniva s plochými zrny na dotvarování a modul tuhosti asfaltové směsi

**Mohd Zul Hanif Mahmud, M.Sc., Eng.
a kol.**

**Universiti Teknologi, Skudai,
Malaysia**

- ➔ Kvalita kameniva je důležitým faktorem ovlivňujícím chování asfaltové směsi
- ➔ Kamenivo s plochými zrny se do sebe hůře zakliňuje
- ➔ Během procesu výroby, pokládky a hutnění se zrno zlomí
- ➔ Takto vzniklé plochy zůstávají neobalené pojivem – trvanlivost.
- ➔ Obecně množství plochých zrn max. 25% z celkové hm. kameniva

Příspěvek popisuje zkoumání vlivu různých podílů kameniva s plochými zrny (10%, 20%, 30%) na mechanické vlastnosti směsi:

- ➔ Marshallova zkouška
- ➔ Modul tuhosti v příčném tahu
- ➔ Cyklická zkouška v tlaku

Zkoušené asfaltové směsi:

- ➔ Asfaltový beton AC 20 – křivka zrnitosti přesně uprostřed intervalu
- ➔ Žulové kamenivo, pojivo 80/100 (Shell Malaysia), vápencový filler
- ➔ Plochá zrna přidávána pouze v hrubých frakcích (10, 14 a 20 mm)
- ➔ Následně prováděna optimalizace množství pojiva každé směsi s krokem 0,5%

Parametr	JKR/SPJ/rev2005	Plochá zrna (%)		
		10 %	20 %	30 %
Marshallova stabilita, S	>8 000 N	13 072	12 442	12 438
Přetvoření podle Marshalla, F	2,0 – 4,0 mm	3,96	3,88	4,08
Míra tuhosti, S/F	>2 000 N/mm	3 300,9	3 206,7	3 046,1
Mezerovitost (VTM)	3,0 – 5,0 %	4	3,8	3,5
Stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem (VFB)	70 – 80 %	76	78,5	83
Teoretické optimální množství pojiva (OBC)	4,5 – 6,5%	5,6	5,7	5,8

- ➔ S rostoucím množstvím kameniva s plochými zrny roste optimální množství pojiva

Modul tuhosti

➔ Dle ASTM D 4123-82 při 25° C a 40° C a 0,5 a 1 Hz



➔ Modul tuhosti směsi s 10% plochých zrn vždy vyšší

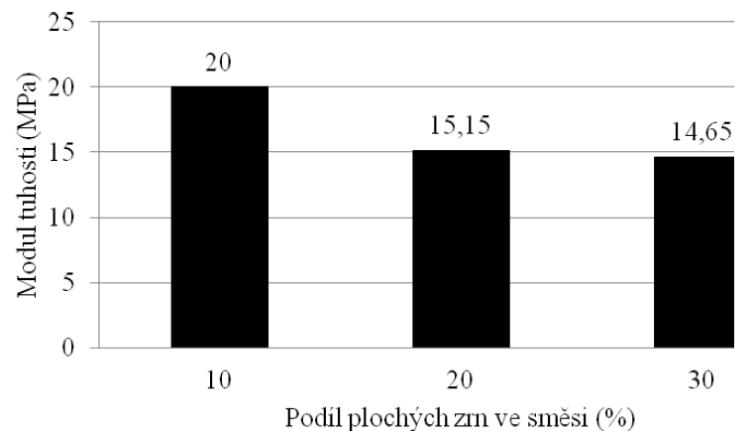
Plochá zrna (%)	Modul tuhosti (MPa)	
	25°C	40°C
10	2 444	324
20	2 353	305
30	2 278	298

Cyklická zkouška v tlaku

➔ Dle AASHTO T322-03 – 3600 cyklů při 40° C a osovému tlaku 0,3 MPa



➔ Hodnoty modul tuhosti naměřené při cyklické zkoušce v tlaku



Závěry:

- ➔ Tvar kameniva ovlivňuje uspořádání jednotlivých zrn ve směsi
- ➔ Tvar zrn kameniva má značný vliv na chování asfaltové směsi
- ➔ Hodnoty modulů tuhosti se s rostoucím podílem plochých zrn ve směsi snižují
- ➔ Směsi s nižším obsahem plochých zrn mají lepší zotavovací vlastnosti a větší odolnost proti tvorbě trvalých deformací

Potvrzuje se tak, že ve snaze o dosažení konzistentní kvality a standardizace asfaltových směsí by měl být podíl plochých zrn kameniva v asfaltové směsi omezen.

Skúšky asfaltových zmesí na splnenie funkčných požiadaviek

Ing. Vladimír Řikovský

Ing. Adrián Fonód, Ph.D.

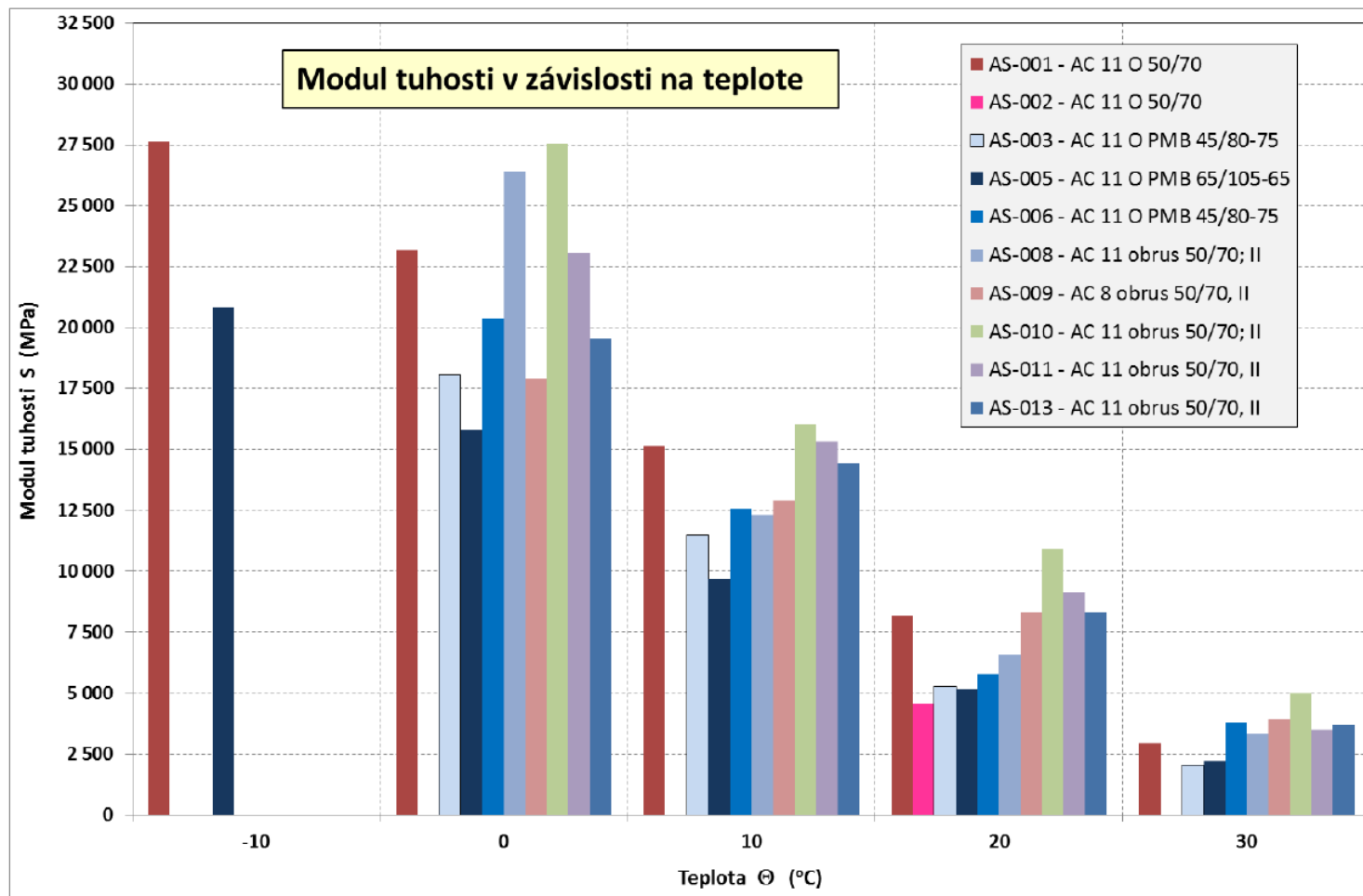
VUIS-CESTY spol. s.r.o., Slovensko

Příspěvek se zabývá stanovováním modulu tuhosti asfaltových směsí dle EN 12697-26 (metoda B) a vlivem teploty na výsledky zkoušky

- ➔ **Zkoušeno 10 směsí typu AC při 5 teplotách**
- ➔ **Směsi vyráběny v laboratoři a na obalovně**
- ➔ **Hutnění desek (4 ks od každé směsi) 305 x 400 x 50mm dle EN 12697-33 pomocí hydraulického zhutňovače COOPER CRT-RC-H2**
- ➔ **Z každé desky vyřezáno 5 zkušebních těles 380 x 50 x 50 mm**

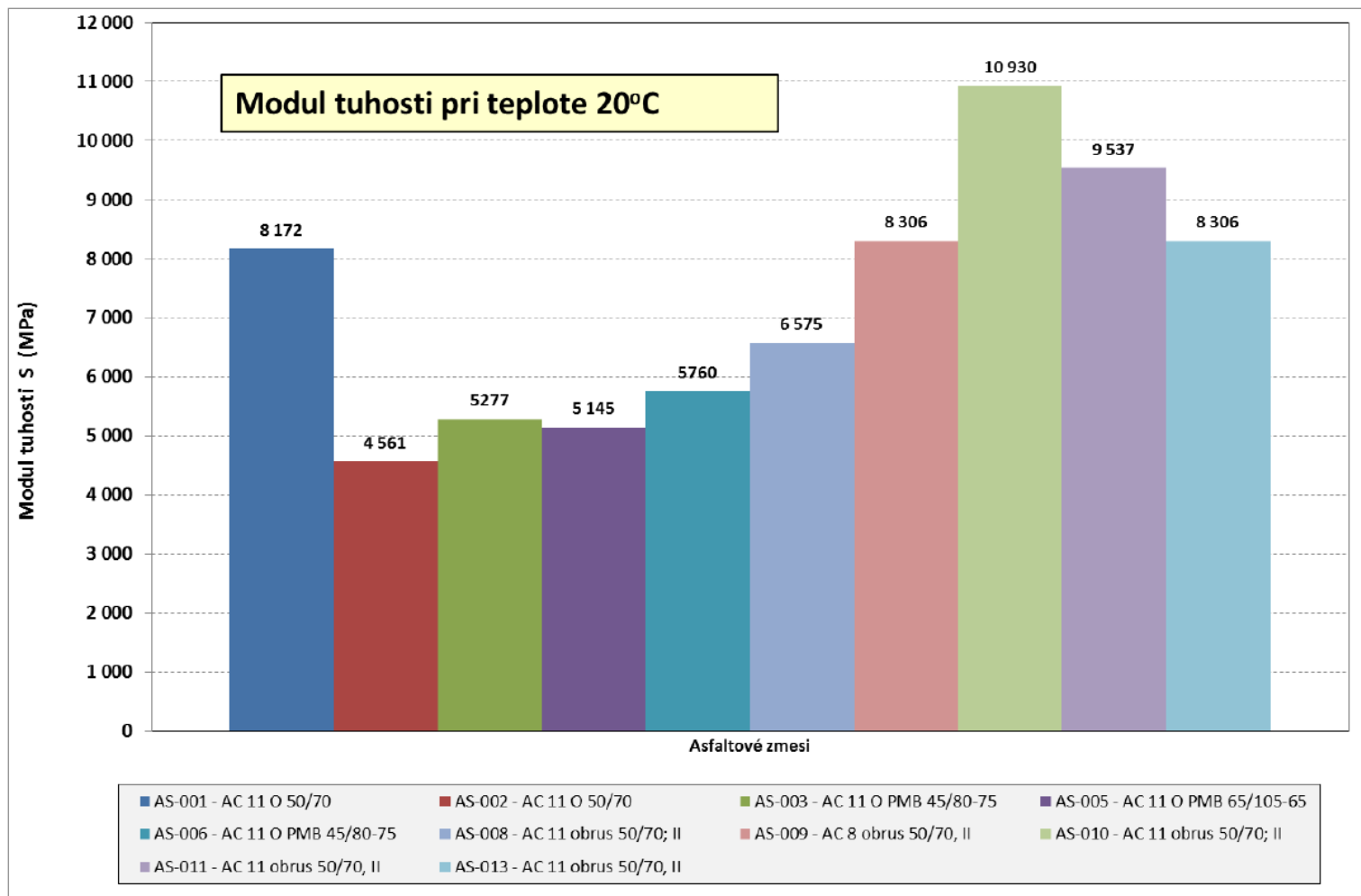
Označenie asfaltovej zmesi		Priemerná hodnota modulu tuhosti pri teplote 20°C S (MPa)	Variačný koeficient (%)
AS – 001	AC 11 O 50/70	8 172	5,1
AS – 002	AC 11 O 50/70	4 561	5,3
AS – 003	AC 11 O PMB 45/80-75	5 277	0,6
AS – 005	AC 11 O PMB 65/105-65	5 145	8,4
AS – 006	AC 11 O PMB 45/80-75	5 760	3,3
AS – 008	AC 11 O 50/70; II	6 575	7,0
AS – 009	AC 8 O 50/70; II	8 306	4,0
AS – 010	AC 11 O 50/70; II	10 930	4,0
AS – 011	AC 11 O 50/70; II	9 537	2,0
AS – 013	AC 11 O 50/70; II	8 306	4,0

Výsledky:



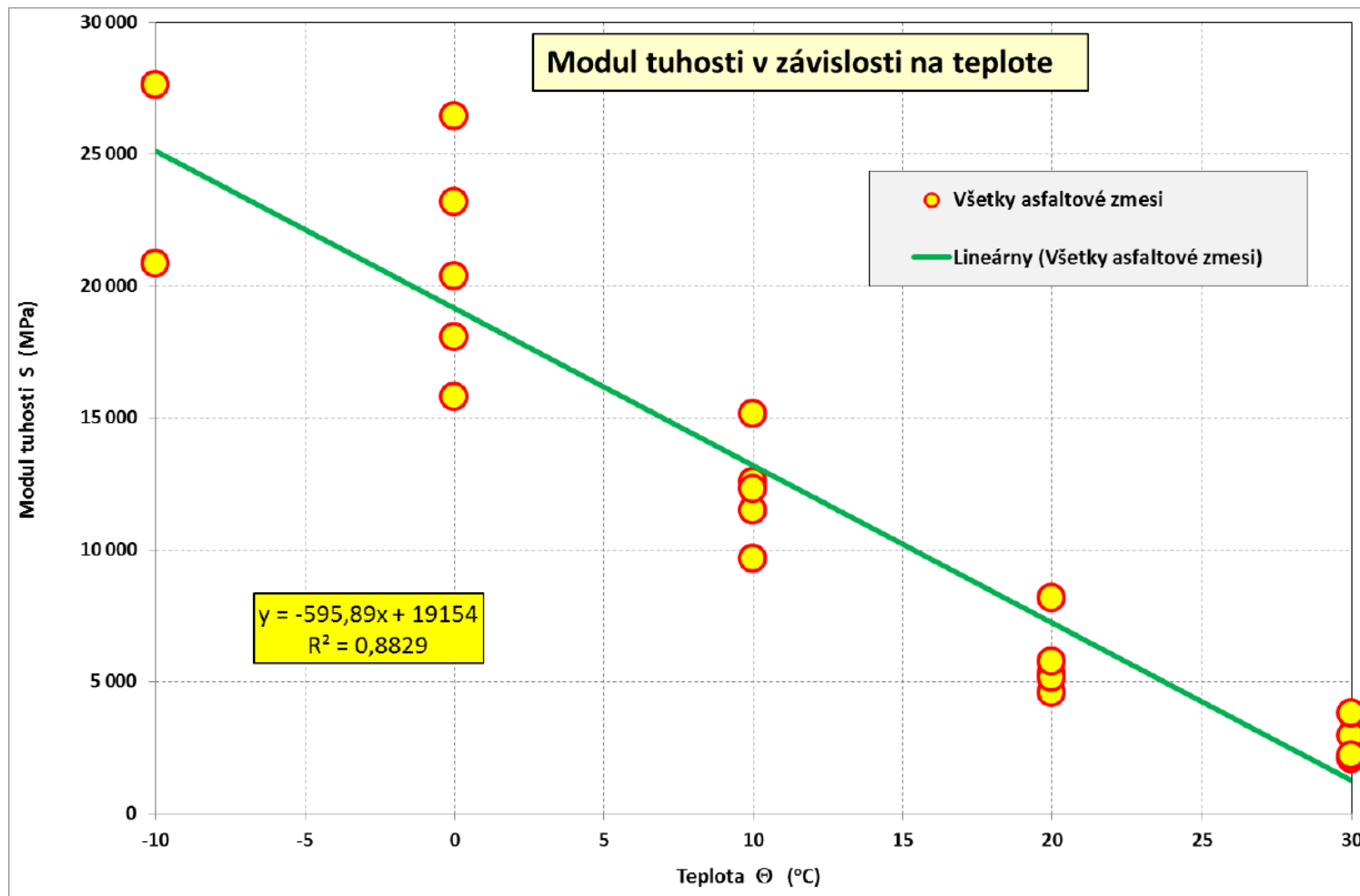
➔ Modul tuhosti v závislosti na teplotě

Výsledky:



➔ Modul tuhosti při teplotě 20°C

Výsledky:



➔ Modul tuhosti všech směsí v závislosti na teplotě

Závěry:

- ➔ Velké rozdíly hodnot modulů tuhosti stanovených čtyřbodovou zkouškou oproti dosud používaným výpočtovým hodnotám
- ➔ Směsi s modifikovaným pojivem nevykazovaly vyšší hodnoty E
- ➔ Vysoká závislost hodnot modulů na teplotě – až 600 MPa/1°C
- ➔ Oproti normovému postupu byla stanovována hodnota modulu jako průměr hodnot modulů mezi 145 a 200 cyklem
(5 x nižší variační koeficient oproti průměru mezi 45 a 100 cyklem)

Sestavení směrné křivky modulu tuhosti pro zkoumání nizkoteplotních vlastností

**Mgr.Ing. Marius Jaczewski
Politechnika Gdańska, Poland**

- ➔ V poslední době v Polsku vysoký výskyt mrazových trhlin
- ➔ Některé dokonce na silnicích ještě ve výstavbě

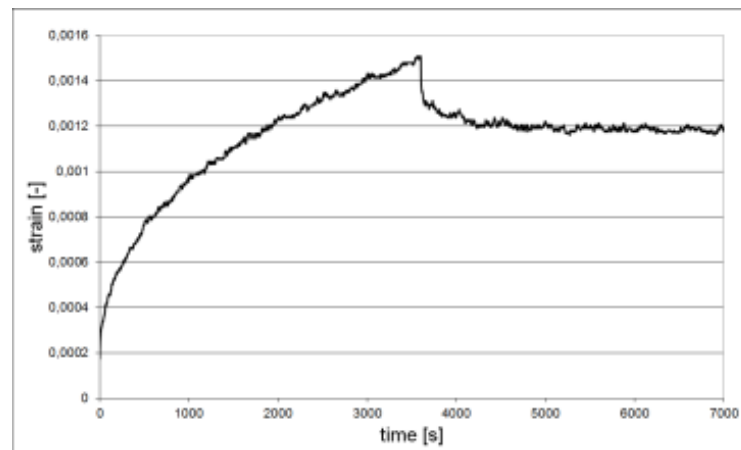
Možné příčiny:

- ➔ Použité materiály
- ➔ Nevhodně zvolený způsob výstavby
- ➔ Chyby vzniklé při výstavbě

- ➔ Pro posouzení vlivu použitých materiálů (především pojiva) byly sestavovány směrné křivky standardně používaných asfaltových směsí – AC, VMT
- ➔ 1. krok k hodnocení vlivu materiálů na analýzu teplotních napětí

Použité materiály:

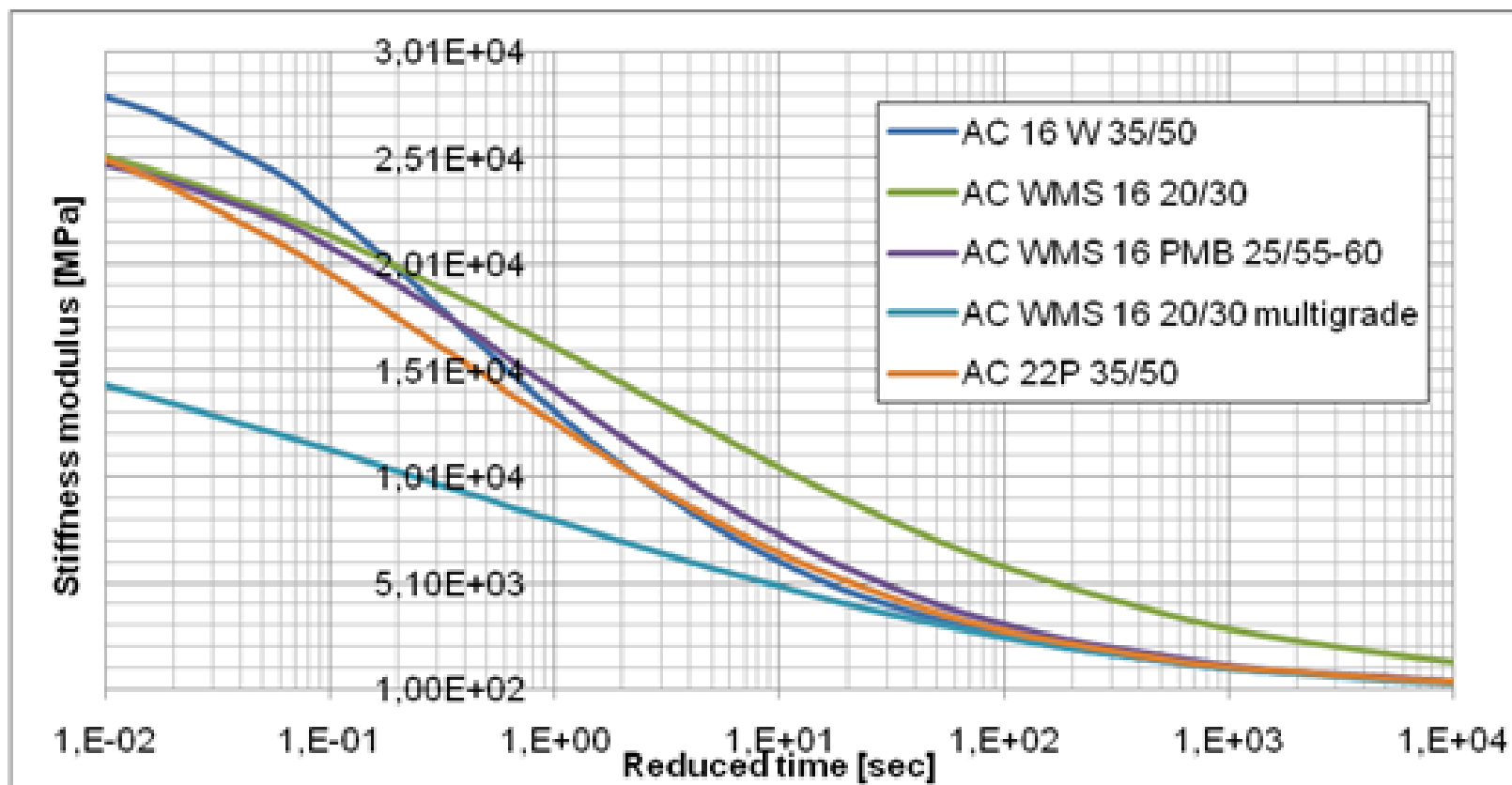
- ➔ Směsi typu AC a VMT se standardními čarami zrnitosti
- ➔ Zkušební tělesa připravena laboratorně i odběrem z vozovky
- ➔ Běžné silniční asfalty, PmB, multigrádové asfalty
- ➔ Rulové a vápencové kamenivo



- ➔ Zkouška třibodovým ohybem při statickém zatěžování konstantní silou (20 – 30% pevnosti) na trámečcích 300 x 50 x 50 mm
- ➔ Doba zatěžování 2400 nebo 3600 s při -20°C, -10°C a 0°C

Směrné křivky:

➔ Vznikají časově - teplotní superpozicí jednotlivých křivek modulů



Zhodnocení a závěry:

Popis asfaltové směsi pomocí směrné křivky má navzdory určitým omezením mnoho pozitiv:

- ➔ k výpočtu teplotních napětí v asfaltových vozovkách
- ➔ pro výpočet skutečného modulu tuhosti směsi namísto odhadu pomocí Van der Poelova nomogramu
- ➔ pro výpočet parametrů reologických modelů

Jediný větší problém je matematického rázu – je třeba lépe popsat aproximační rovnici.

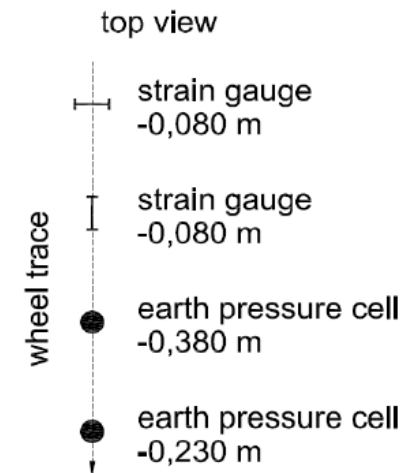
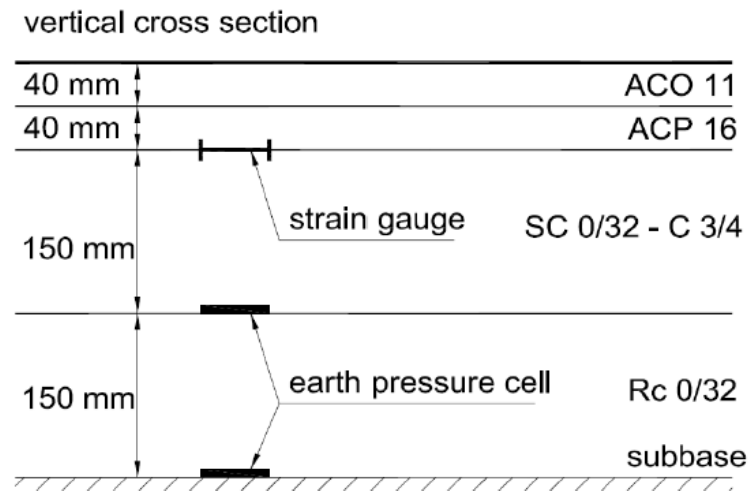
Možné pozitivní dopady této metody popisu asfaltové směsi na předpověď vzniku mrazových trhlin a na návrh konstrukce vozovky mohou být rozsáhlé.

Zatěžovací zkoušky na vozovce zkušebního polygonu s aplikací recyklovaných materiálů

Ing. Michal Doněk, Ph.D.
GEOSTAR, spol. s r.o.

Příspěvek popisuje měřičský experiment s cílem sledovat roznoš zatížení do podloží a podíl krytových vrstev z asfaltového betonu na přenosu zatížení

➔ Měřicí profil je zabudovaný ve vozovce s aplikací recyklovaných materiálů

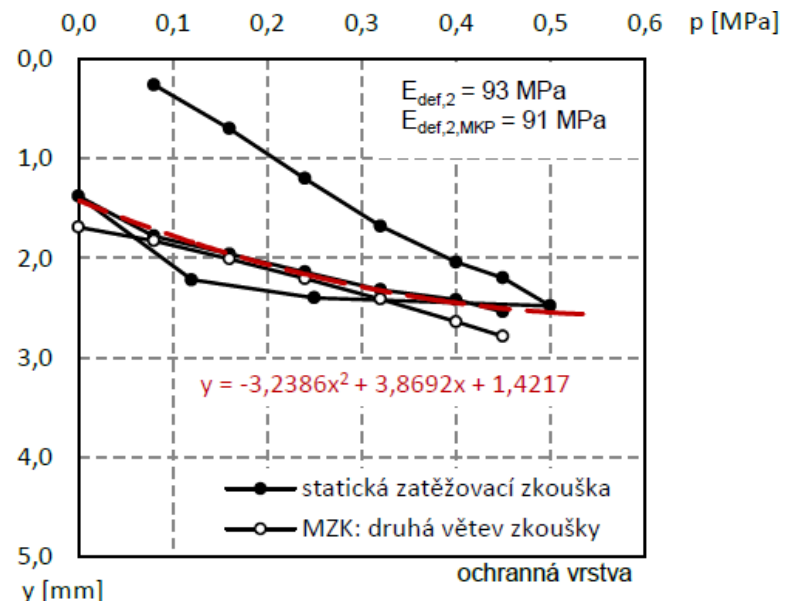
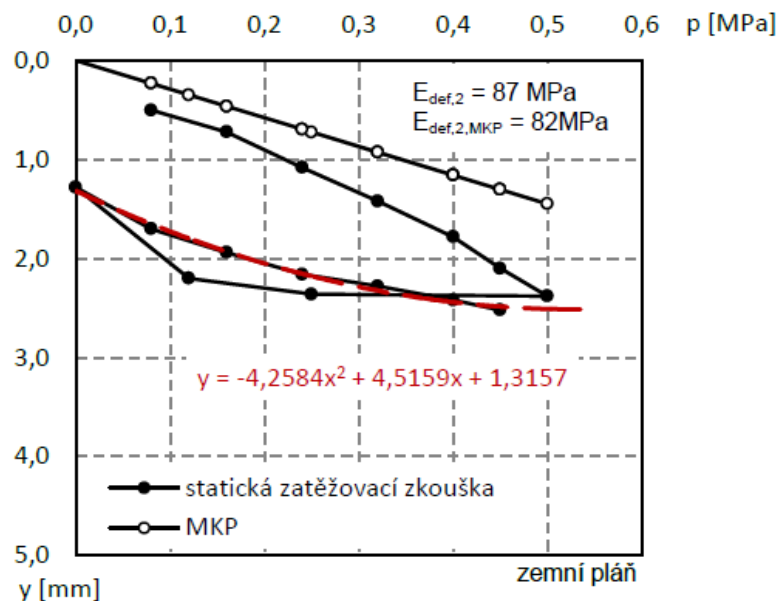


➔ Schéma monitorovacího profilu – 2ks snímačů tlaku + 2 ks tenzometrů

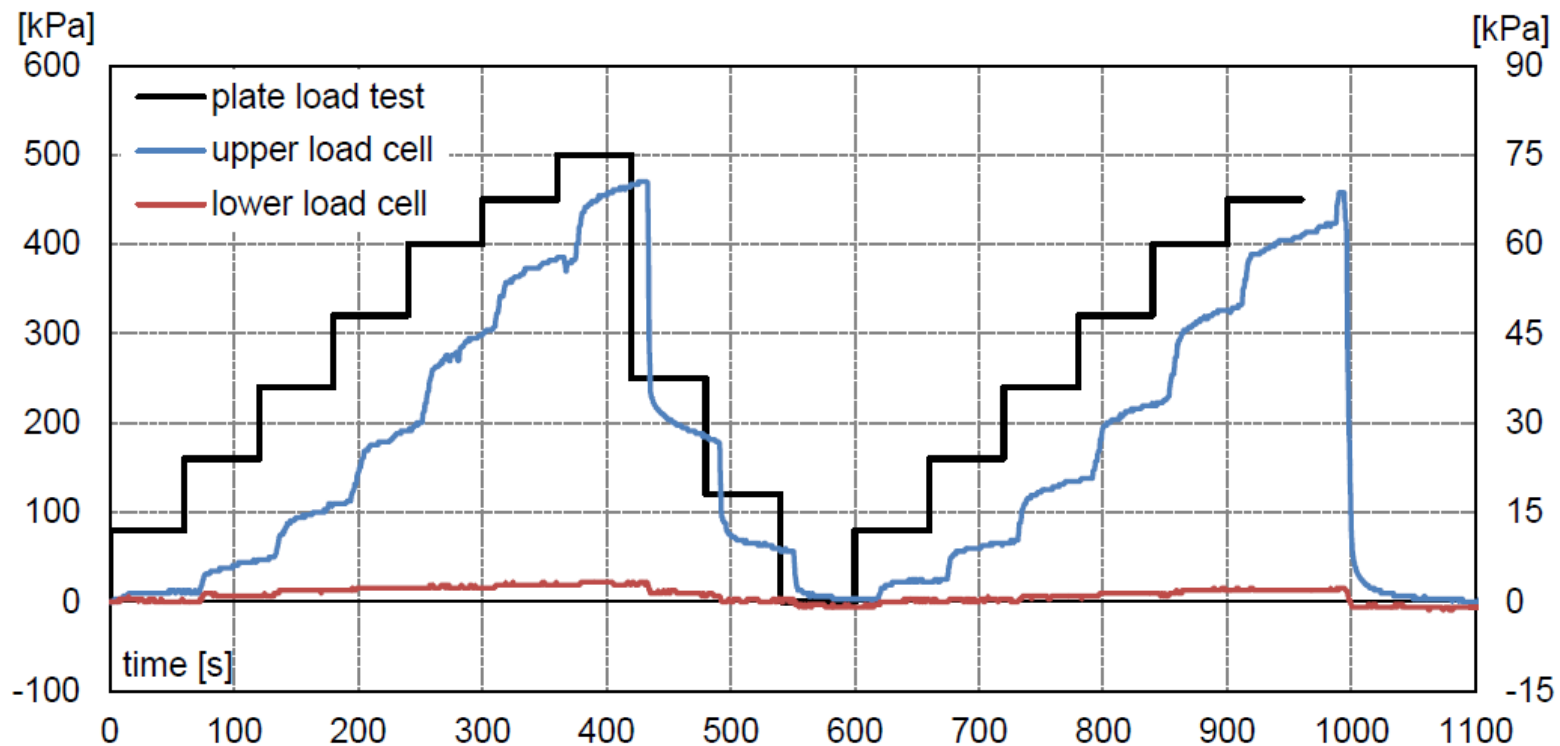
➔ Konstrukce vozovky

asfaltový beton	ACO 11	40 mm
spojovací postřik	SPA 0,5 kg/m ²	
asfaltový beton	ACP 16	40 mm
spojovací postřik	SPA 0,5 kg/m ²	
stmelená směs SC 0/32 – C 3/4	Rc + 5% DOROPORT	150 mm
betonový recyklát 0/32	Rc	150 mm
celkem		380 mm

➔ Provádění kontrolních zkoušek statickou zatěžovací zkouškou s cílem odladit hodnoty charakteristik konstrukčních vrstev v numerických modelech a porovnat je s návrhovými hodnotami



➔ Provádění experimentálních zkoušek statickou zatěžovací zkouškou na krytu vozovky z AC



➔ Výsledek zkoušky nad snímačem tlaku v úrovni -230 mm

Závěry:

- ➔ Z grafických výstupů je zřejmé, že měřená napětí jsou relativně malým zlomkem aplikovaného kontaktního napětí
- ➔ Grafické výstupy časových průběhů podávají další informace o roznosu zatížení
- ➔ Při statickém zatěžování je namáhání konstrukčních vrstev velmi lokální

Cílem těchto měření je:

- ➔ optimalizovat numerický model konstrukce vozovky metodou zpětné analýzy a jeho využití při návrhu vozovky,
- ➔ ověřit alternativní metodiku zkoušení pro stmelené vrstvy
- ➔ využít experimenty se statickým namáháním vozovky pro dynamické úlohy při zatížení dopravou.

**Je mechano-chemická aktivace cesta
k novým typům jemnozrnných
materiálů
v dopravním stavitelství ?**

Ing. Jan Valentin, Ph.D., ČVUT v Praze

Ing. Jan Suda, ČVUT v Praze

Mgr. Miloš Faltus, VŠB Ostrava

Ing. George Karraa, LAVARIS s.r.o.

- ➔ Mechano-chemická aktivace je proces přeměny materiálu, který je podroben vysokorychlostnímu nebo vysokoenergetickému mletí.
- ➔ Dochází k úpravě zrnitosti (10 až 100 μm) a k dílčím strukturálním změnám materiálu

Příspěvek popisuje příklady využití:

A) Betonový recyklát frakce $< 1 \text{ mm}$

- ➔ Na základě chemických analýz je možno tento materiál zvažovat jako částečná náhrada cementu či jako aktivní mikrofilér do asfaltových směsí pro zlepšení přilnavosti

B) Odprašky ze zpracování dolomitického vápence

- ➔ Aplikace společně s výše uvedeným recyklátem do 8 asfaltových směsí ACO 11+ se znělcovým kamenivem z lokality Chlum
- ➔ Pojivo 50/70
- ➔ Porovnání s jinými variantami pomocí parametru ITSR

B) Odprašky ze zpracování dolomitického vápence

Přilnavostní přísada/filer	ITSR [%]	Zlepšení/zhoršení oproti referenční směsi
Ad-Here LOF 65-00 X-light	62,1	+19,8
Filer Čertovy schody + dolomitický vápenec	60,5	+18,2
Mikrofiler z mletého dolomitického vápence	59,0	+16,8
Mikrofiler - vzorek DR	47,5	+10,5
Mikrofiler - vzorek KR	46,3	+7,7
Fluidní ložový popel	43,7	+1,5
Fluidní úletový popílek	43,0	+0,7
Referenční směs	42,3	-

- ➔ U všech aktivovaných materiálů došlo ke zlepšení parametr ITSR
- ➔ Pro splnění 80% kritéria u parametru ITSR by bylo nutné aplikovat vápenný hydrát či vyšší dávkování chem. přísady

C) Popílek ze spalování hnědého uhlí

- ➔ Navrženy 4 varianty směsí vznikající technologií recyklace zastudena dle TP 208 s aplikací popílku a referenční směs
- ➔ Provádění zkoušek pevnosti v příčném tahu a stanovování modulů tuhosti s různou dobou zrání
- ➔ Pozitivní vliv aktivace popílku na vodní citlivost

Závěry:

- ➔ Prezentované experimentální výsledky ukazují přínos procesu mechano-chemické aktivace u jinak hůře uplatnitelných materiálů, často kvalifikovaných jako odpad

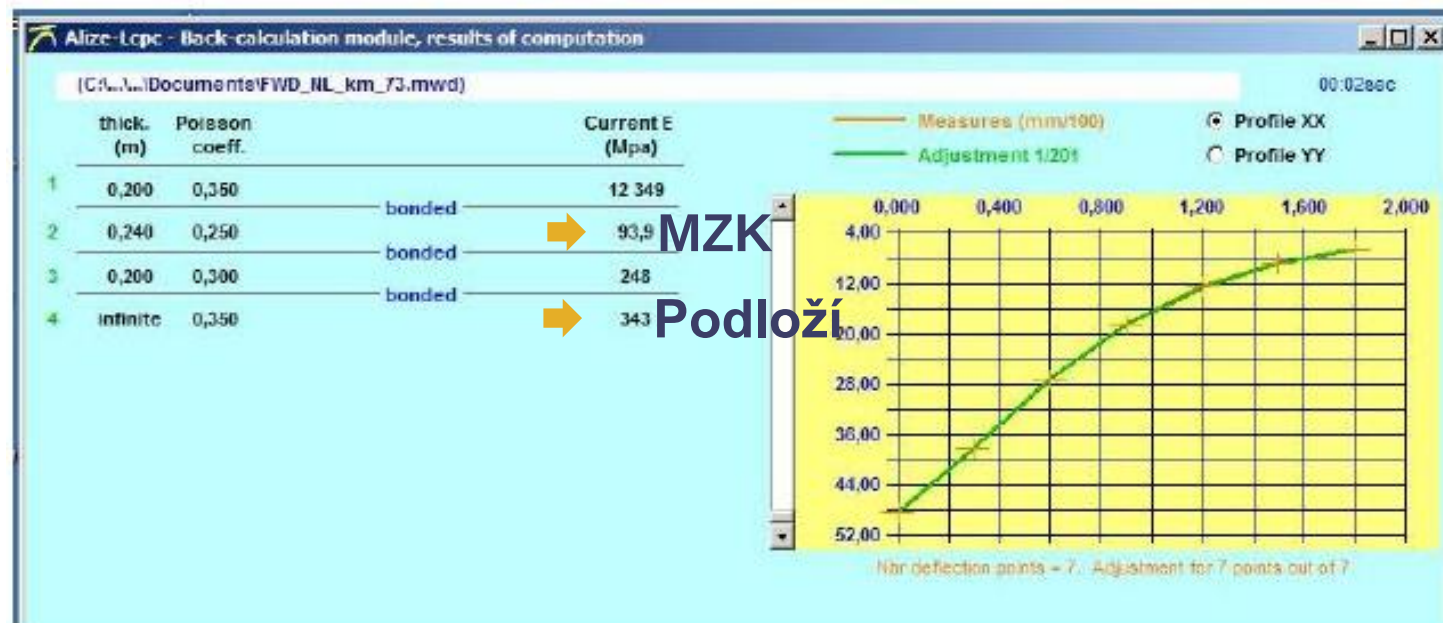
Vyhodnocování rázových zkoušek na asfaltové vozovce programem ALIZE

Ing. Jiří Fiedler, EUROVIA CS, a.s.

Ing. Petr Bureš, EUROVIA CS, a.s.

Ing. Zdeněk Komínek, EUROVIA CS, a.s.

- ➔ Příspěvek uvádí konkrétní příklady rozdílů u zpětně vypočtených modulů jednotlivých vrstev programem ALIZE při použití různých předpokladů
- ➔ Zpětné výpočty byly provedeny na výsledcích ze zařízení HWD
- ➔ Při prvním výpočtu a použití obecné iterační metody bez omezení byla relativní chyba měření velmi malá (0,79%) přesto byl výsledek evidentně chybný



➔ Dále byly prováděny různé varianty výpočtů s různými omezeními a sledovány výsledky

Číslo	Podmínka	Moduly MPa				stlačov. podloží	RMS	Báze AC	
		AC	MZK	ŠD	podloží	H ₁ m	%	ε _h μm	σ _h MPa
1	Bez omezení	12 349	94	248	343	∞	0,79	201	3,78
2	MZK ≥ 200	9 090	208	232	283	∞	7,1	232	3,14
3	podloží E= 100-200	5 901	343	266	187	∞	44,5	284	2,42
4	Irwin (v 4,5 m)	10 474	312	148	195 9547	3,86	3,3	204	3,18
5	Tuhé podloží (v 5,5 m)	6 520	411	317	152 10100	4,86	---	----	---
6	Evers (v 4,2 m)	10 586	299	157	191 4607	3,56	3,8	203	3,21
7	Evers (122/170)	8 287	429	292	162 9485	3,56	5,3	217	2,63
8	TP 170 (v 3,0 m)	9 451	433	224	140 10191	2,66	5,1	204	2,84
9	tuhé podloží (v 2,5 m)	9 442	455	272	118 9440	2,16	---	202	2,79
10	tuhé podloží (v 2,0 m)	10 173	447	309	91 9703	1,66	9,0	---	---

- ➔ Autoři doporučují provádět na hodnoceném úseku alespoň u vybraných míst výpočet pro více předpokladů
- ➔ U přístroje HWD (Heavy Weight Deflectometer) lze očekávat větší hloubku podloží, do které pronikne ráz než 3 m (v TP 170)
- ➔ Zkušenost zpracovatele zůstává klíčovým faktorem pro vyhodnocování modulů i únosnosti celé vozovky
- ➔ Dále byl sledován vliv teploty na vyhodnocování rázových zkoušek
- ➔ Velký vliv způsobu přepočtu na srovnávací teplotu
- ➔ V českých předpisech není žádný postup stanoven
- ➔ Autoři ukazují na způsob přepočtu ve slovenských předpisech, který považují za vyhovující

Poznámky k únavovým vlastnostem asfaltových směsí a k navrhování vozovek

Ing. Jiří Fiedler, TIP Servis

Ing. Petr Mondschein, Ph.D., ČVUT

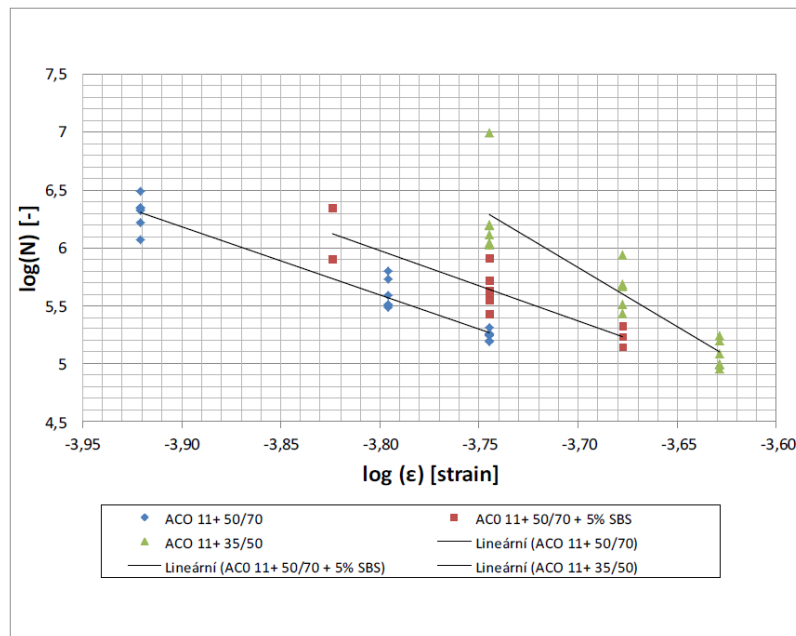
Ing. Josef Žák, ČVUT v Praze

- ➔ Článek je věnován vlivu modifikace asfaltů na únavové vlastnosti pojiv a směsí
- ➔ Asfaltové směsi s modifikované asfalty mají lepší odolnost proti únavě než směsi se silničními asfalty
- ➔ Ve Francii uplatněna směs s názvem GB5 (PmB, 2,5 % SBS), zvýšení parametru ϵ_6 o $(24 \text{ až } 29) \cdot 10^{-6}$
- ➔ Toto umožňuje buď zmenšit tloušťku vozovky, nebo snížit dávkování pojiva
- ➔ Naměřené zvýšení hodnoty ϵ_6 je však větší, než připouští francouzská návrhová metoda ($10 \cdot 10^{-6}$ nebo $15 \cdot 10^{-6}$)
- ➔ Pro zcela nové technologie se požaduje ověření na min. 5 úsecích
- ➔ Prodloužení životnosti vlivem PmB o 5 až 10 let se jeví jako pravděpodobné

- ➔ Různé modifikátory však působí odlišně a zobecňování do návrhových parametrů je obtížné
- ➔ Zejména u pojiv modifikovaných pryží je dlouhodobé chování nejisté, proto je třeba výsledky zkoušek, u kterých vyšly velmi příznivé parametry posuzovat obezřetně
- ➔ Při porovnání české a francouzské návrhové metody se ukázalo, že česká návrhová metoda je optimističtější
- ➔ Katalogové konstrukce v TP170 by francouzskou metodou nevyhověly
- ➔ Dále jsou v příspěvku prezentovány výsledky 3 únavových zkoušek provedených na ČVUT v Praze čtyřbodovou zkouškou

Označení:	Směs	Základní pojivo	Modifikace	Klasifikace PG
A	ACO 11 +	50/70	-	PG 64-xx
B		50/70	5% SBS Kraton D1101	PG 76-xx
C		35/50	Multigrádové pojivo	PG 76-xx

➔ Měření dle ČSN EN 12697-24 při 25 Hz a teplotě 15°C (oproti 10°C)



Asfaltová směs	b [-]	ϵ_6 [10^{-6}]	$\Delta\epsilon_6$ [10^{-6}]	B dle TP170 [-]	R^2
A	-0.169	135	3	5.91	0,94
B	-0.164	157	10	6.08	0,80
C	-0.098	192	6	10.17	0,82

- ➔ Naměřené hodnoty jsou zřetelně vyšší, než návrhové v TP 170
- ➔ Výsledky v čtyřbodovém uspořádání zkoušky však nevycházejí stejně jako u dvoubodové zkoušky
- ➔ Teplota zkoušení byla 15°C
- ➔ Bude třeba shromáždit více výsledků zkoušek na směsích, používaných v ČR, aby bylo možné posoudit vhodnost určité úpravy návrhové metody

Namrzavost zemin v podloží

Ing. Petr Pácha, VUT v Brně

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D.

- ➔ Příspěvek popisuje zkoušení namrzavosti zemin a upravených zemin v ČR a porovnává 3 zkušební postupy
- ➔ Informuje o drobných změnách při revizi normy ČSN 72 1191



- ➔ Zkušební přístroj pro přímou metodu (VUT v Brně)

➔ Byla ověřována míra namrzavosti jemnozrnné zeminy (F6 CI) při různých podmínkách teplotního zatížení

➔ Porovnávány 3 zkušební postupy

A) Nepřímá metoda (Scheibleho zrnitostní kritérium)

B) Přímá metoda dle ČSN 72 1191 – dle součinitele β

C) Přímá metoda dle ČSN 72 1191 – dle součinitele K_n

Označení zkušebních vzorků	Výška zkušebních vzorků	Teplota při fázi zchlazování zkušebních vzorků	Namrzavost dle Scheibleho zrnitostního kritéria podle ČSN 73 6133	Namrzavost – přímá metoda, β podle ČSN 72 1191	Namrzavost – přímá metoda, K_n podle ČSN 72 1191
Sada č.1	100 mm	-4 °C	vysoce namrzavý	0,51 nebezpečně namrzavý	1,32 namrzavý
Sada č.2	120 mm	-4 °C		0,30 namrzavý	1,44 namrzavý
Sada č.3	120 mm	-6 °C		0,38 namrzavý	1,31 namrzavý
Sada č.4	120 mm	-3 °C		0,31 namrzavý	0,86 nenamrzavý
Sada č.5	120 mm	-1 °C		0,10 nenamrzavý	0,01 nenamrzavý

Závěry:

- ➔ Malá shoda metody „Kn“ s ostatními metodami
- ➔ Ověřena teplota chlazení - 4°C pro vzorky Ø 100 mm a v = 120 mm
- ➔ Problematická korelace v závislosti metody „β“ a Scheibleho krit.

Změny v revidované ČSN 72 1191

- ➔ Úprava předmětu normy: ČSN 72 1191 je zkušební norma namrzavosti přímou metodou pro zeminy, upravené zeminy a vedlejší energetické produkty
- ➔ Zjednodušení popisu zkušebního přístroje
- ➔ Hodnocení součinitelem β i přes negativní ohlasy zachováno
- ➔ Stanoven minimální časový úsek zkoušky, na kterém je nutné stanovit součinitel β , v opačném případě nutno zkoušku opakovat
- ➔ Revidovaná ČSN 72 1191 byla navázána na používané evropské normy a hlavní předpis ČSN 73 6133

Směsi pro asfaltové vrstvy se zvýšenou odolností proti šíření trhlin

Ing. Pavel Coufalík,

VUT v Brně

Ing. Ondřej Dašek

VUT v Brně

prof. Ing. Jan Kudrna, CSc., VUT v Brně

Příspěvek se zabývá použitím asfaltové směsi se zvýšenou odolností proti šíření trhlin obsahující CRmB.

SAL - Stress Absorbing Layer (vrstva pohlcující napětí)

➔ Má za úkol nepřenášet pohyby spodních vrstev vozovky s trhlinami do vrstev ležících nad ní (navrhuje se jako vrstva podkladní nebo ložní)



➔ Asfalt 50/70 (OMV) modifikovaný pryžovým granulátem 0,0/0,7 mm

Pojivo	Penetrace	Resilience	Bod měknutí	Viskozita, 175 °C
	[p.j.]	[%]	[°C]	[Pa·s]
50/70 + 16,3 % (19,5 %) granulátu	28	33	71,2	4,5

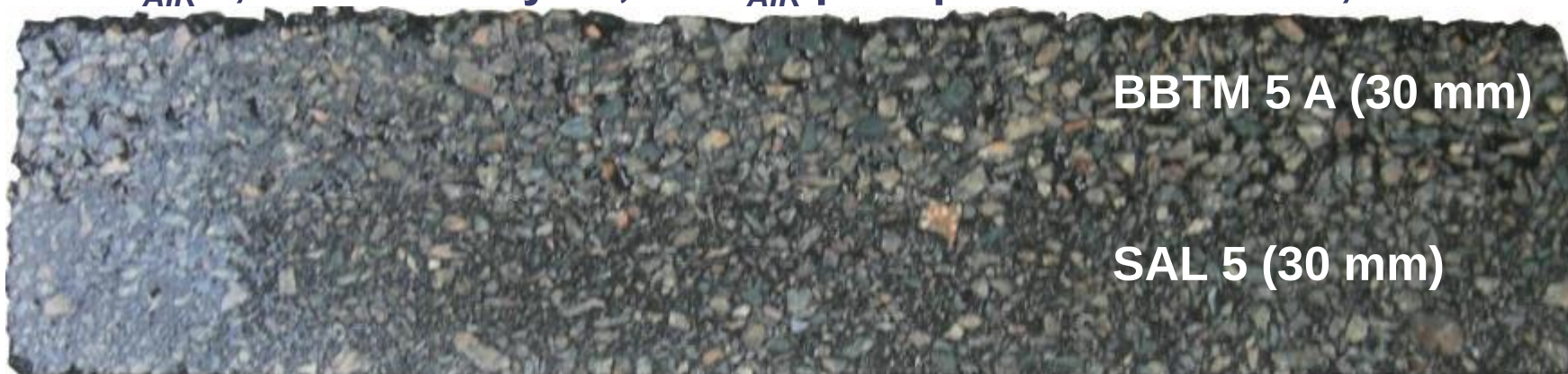
➔ Navrženo několik směsí typu SAL

Směs	Název směsi	Obsah pojiva	Obsah fileru	Součinitel sytosti	Tloušťka asfaltového filmu	Objemové charakteristiky		
		[%]	[%]			V _m	VMA	VFB
		[%]	[%]	[-]	[·10 ⁻³ mm]	[%]	[%]	[%]
1	SAL 5	10,0	7,5	6,57	7,7	5,0	26,2	80,9
2	SAL 5	10,0	5,0	6,97	10,4	6,7	27,6	75,8
		12,0		8,56	12,8	4,1	29,2	86,1
3	SAL 5	10,0	10,6	6,18	5,7	2,8	24,6	88,5
4	SAL 5	10,0	5,1	7,00	10,6	5,9	26,9	78,2
5	SAL 8	9,5	5,5	6,64	10,2	2,0	23,8	91,7
6	ACL 16+	8,3	7,5	5,55	7,6	3,3	22,0	85,0
Požadavky TP147			min. 10,0	min. 4,6	-	max. 3,0	min. 17,5	-

- ➔ Prováděna řada konvenčních a funkčních zkoušek
- ➔ Příklad: Zkouška pojíždění kolem dle ČSN EN 12697-22 při 50 °C

		SAL 5 směs 1 10,0 %	SAL 5 směs 2 10,0 %	SAL 5 směs 2 12,0 %	SAL 5 směs 3 10,0 %	SAL 5 směs 4 10,0 %	SAL 8 směs 5 9,5 %	ACL 16+ směs 6 8,3 %	Souvrství
Tl. desky	[mm]	29,8	30,0	29,9	29,9	30,2	40,0	50,0	60,7
$Y_{S,10}$	[mm]	0,46	0,52	1,22	1,34	0,53	1,31	0,99	0,90
PRD_{AIR}	[%]	1,54	1,73	4,08	4,48	1,76	3,28	1,98	1,48
WTS_{AIR}	[mm/10 ³ c.]	0,016	0,012	0,032	0,048	0,014	0,068	0,040	0,036

- ➔ Parametry TP 147 splněny s velkou rezervou
- ➔ WTS_{AIR} 0,08 mm/10³ cyklů, PRD_{AIR} při teplotě 40 °C max. 8,0 %



- ➔ Zkušební pokládka na ul. Koliště v Brně
- ➔ Frézování hl. 60 mm, sanace trhlin
- ➔ Nedodržení min. tl. překrytí vrstvy SAL (dle TP 147 min. 90 mm)



Závěry:

- ➔ Byly nalezeny základní poznatky a ověřeny metody zkoušení, které umožní další vývoj a optimalizaci návrhu směsí
- ➔ SAL s CRmB vyhovuje (vysoký obsah pojiva) požadavkům odolnosti vůči trvalým deformacím pro asfaltový beton pro ložní vrstvy
- ➔ I přes vysoký obsah pojiva prokázala směs SAL 5 vysoké moduly tuhosti a kvalitní únavové charakteristiky

Bude zajímavé pozorovat, jakým způsobem si konstrukce vozovky poradí s vysokou intenzitou dopravy a především pomalou jízdou a stáním vozidel před světelně řízenou křižovatkou.

Nové zkušební metody umožňující predikovat prodloužení životnosti AV

Ing. Ondřej Dašek,

VUT v Brně

Ing. Pavel Coufalík,

VUT v Brně

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.,

VUT v Brně

doc.Dr.Ing. Michal Varaus,

VUT v Brně

Ing. Petr Špaček,

Skanska a.s.

Ing. Zdeněk Hegr,

Skanska a.s.

RNDr. Svatopluk Stoklásek

Příspěvek popisuje laboratorní metody modelující stárnutí pojiv a směsí.

Představuje reologické vlastnosti běžně v ČR používaných pojiv zestárnutých metodou RTFOT stanovené v rotačním viskozimetru 3 metodami:

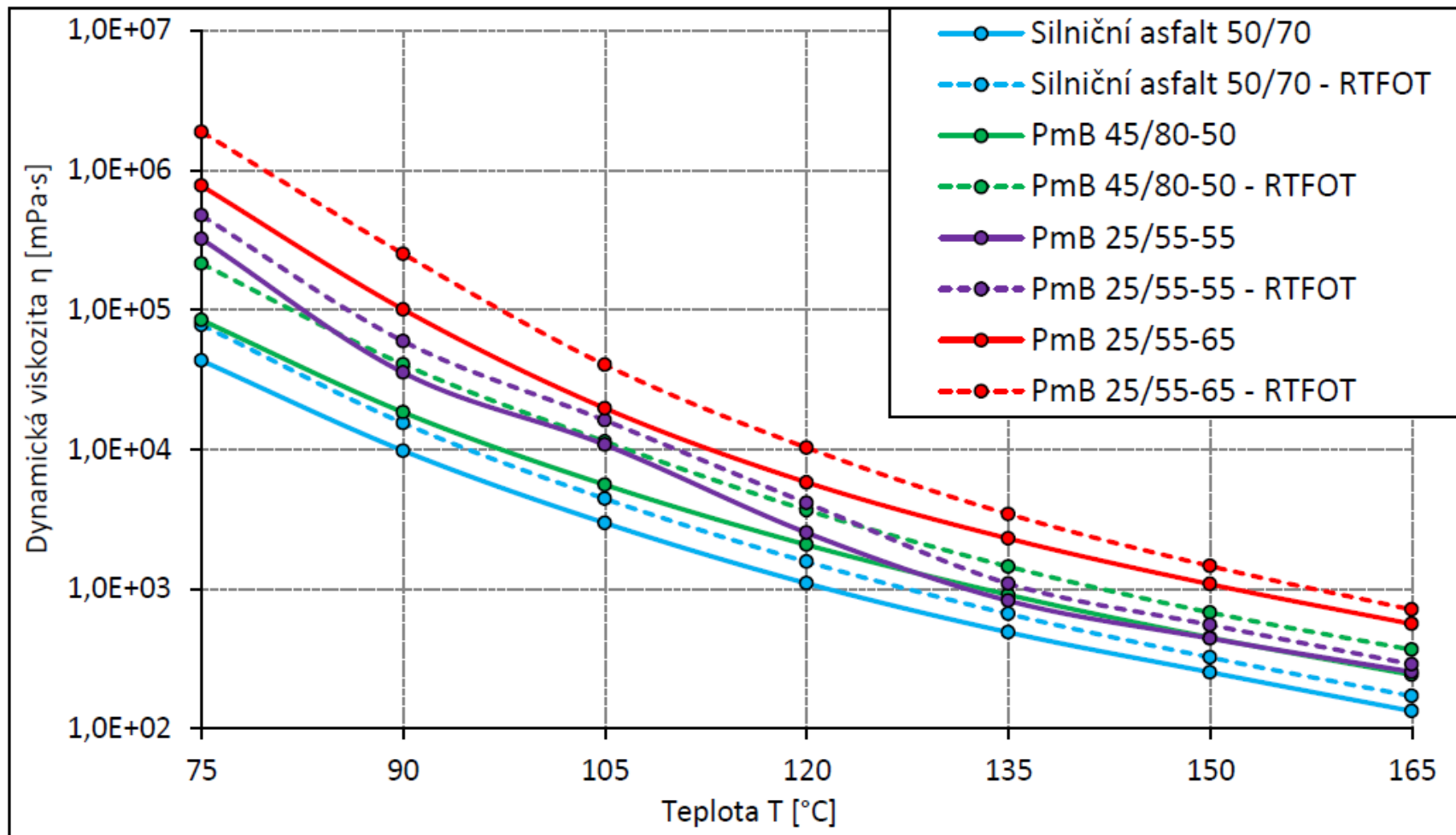
- ➔ Dynamická viskozita v DSR (kužel/deska)
- ➔ Komplexní modul tuhosti a fázový úhel v DSR
- ➔ Měření relaxace smykového napětí v DSR



➔ Základní charakteristiky pojiv před a po krátkodobém stárnutí (RTFOT)

Pojivo	Penetrace		Bod měknutí		Vratná duktilita	
	[dmm]		[°C]		[%]	
	-	RTFOT	-	RTFOT	-	RTFOT
Silniční asfalt 50/70	54	35	48,9	52,5	-	-
PmB 45/80-50	45	30	54,2	58,5	52,3	58,5
PmB 25/55-55	30	27	65,7	70,4	84,0	66,8
PmB 25/55-65	25	16	78,2	81,3	85,3	76,0
CRmB 25/55-60	38	28	62,3	68,4	61,5	77,0

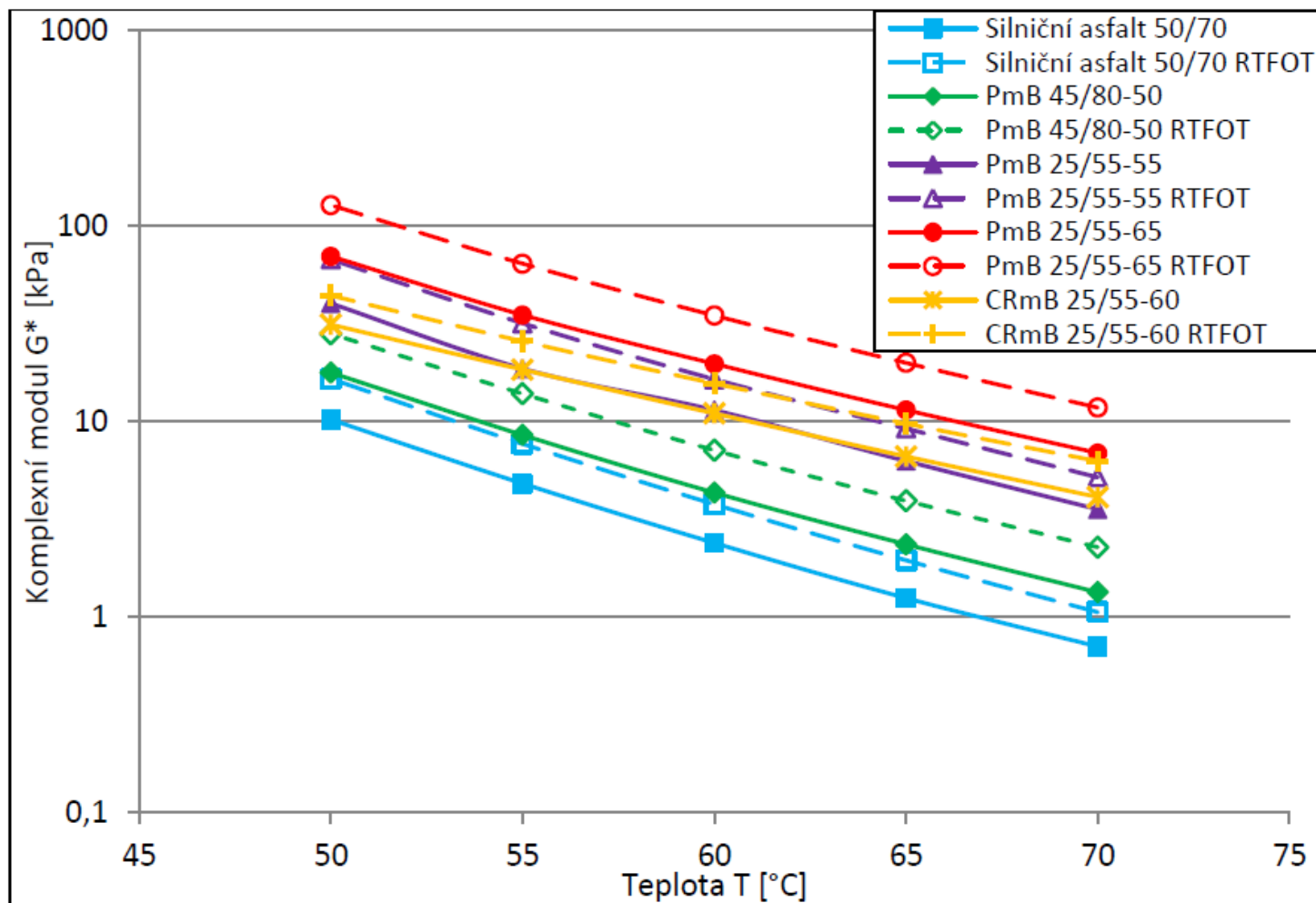
➔ Dynamická viskozita v DSR (kužel/deska) (smyk. rychlost 1,0 s⁻¹)



„...po stárnutí viskozita stoupá...” 50

➔ Komplexní modul tuhosti a fázový úhel

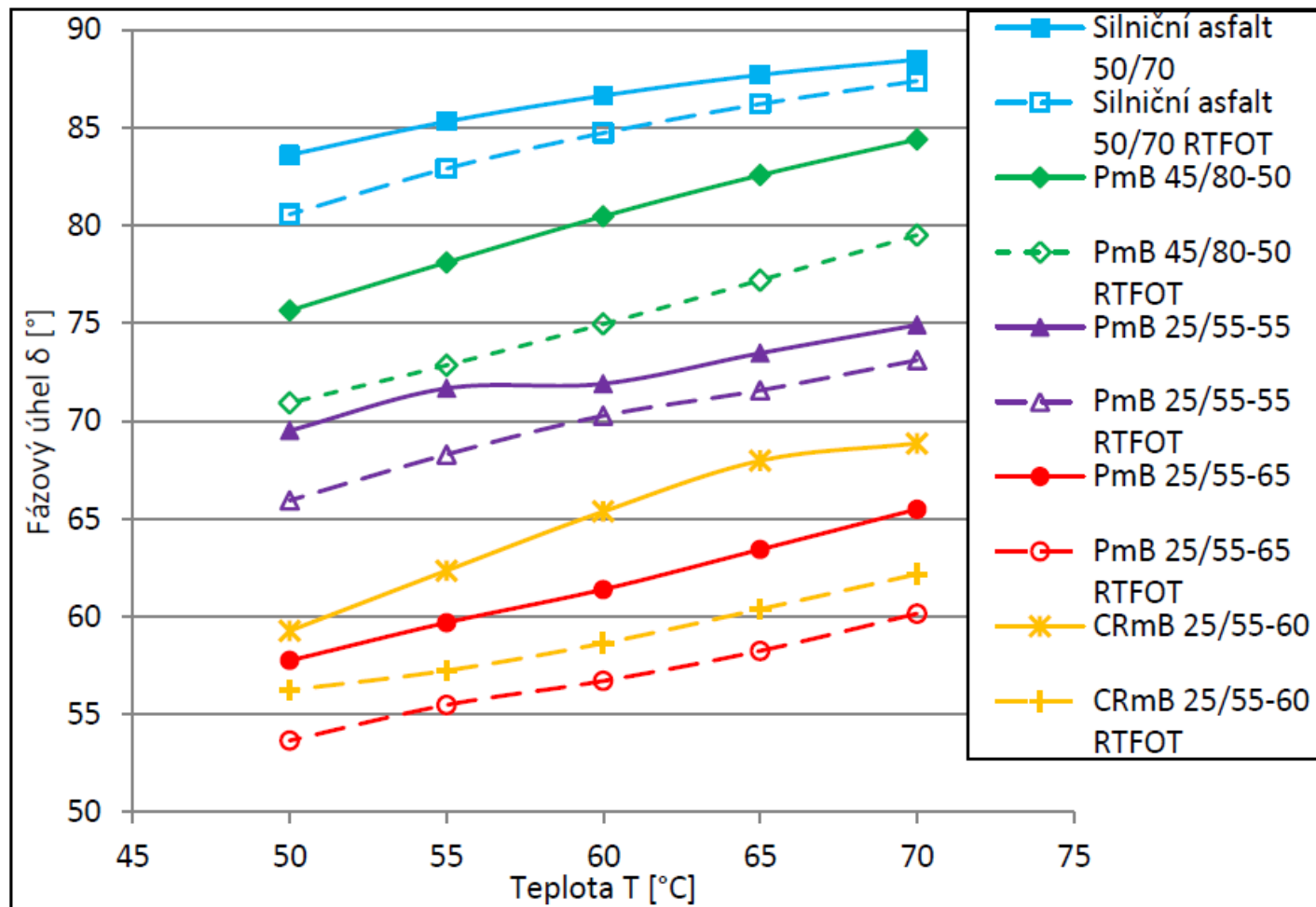
(frekvence 1 Hz)



„...po stárnutí tuhost stoupá...“

➔ Komplexní modul tuhosti a fázový úhel

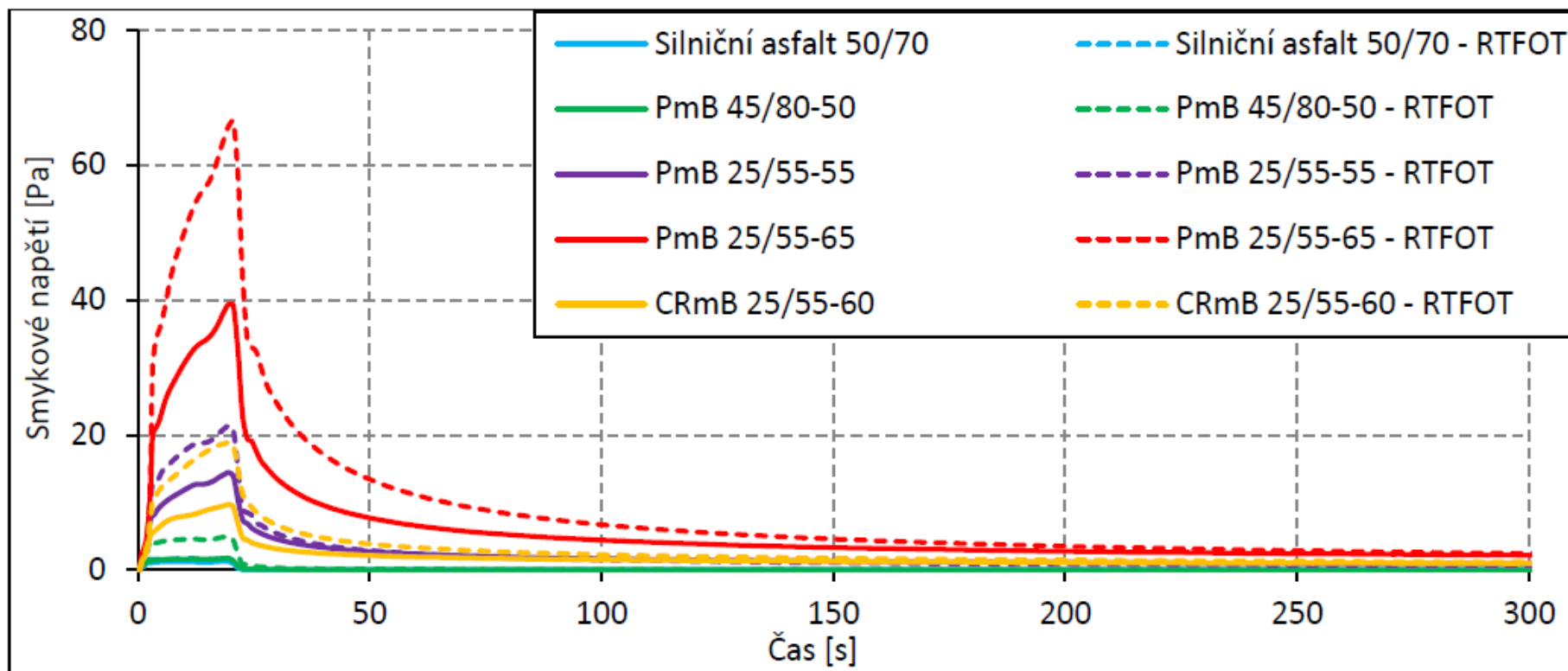
(frekvence 1 Hz)



„...po stárnutí fázový úhel klesá...” 52

➔ Relaxace smykového napětí

(smykové přetvoření 1% za 20 s)



Závěry:

- ➔ viskozita srovnávaných pojiv korelovala s výsledky zkoušky penetrace i bodu měknutí
- ➔ PmB se při zkoušce komplexních modulů a fázového úhlu s ohledem na svou tuhost seřadily podle stupně modifikace
- ➔ Při zkoušce relaxace smykového napětí v DSR prováděné při teplotě 50 °C je možné usuzovat o síle modifikačního systému a jeho kvalitě

Nová zkušební zařízení umožňují stále přesněji popisovat chování silničních materiálů.

V kombinaci s laboratorním modelováním stárnutí lze popsat vývoj funkčních vlastností asfaltových pojiv a predikovat jejich chování v reálné vozovce.

Děkuji za pozornost !!!