

AV '23 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2023

Téma 1: Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek

Ing. Petr Bureš

28. – 29. listopadu 2023, České Budějovice

Motto: Po asfaltu z krize ven

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT

Zkoušení materiálů a konstrukcí vozovek

Téma 1 obsahuje celkem 10 příspěvků

- ➔ 7 od autorů z ČR
- ➔ 3 od zahraničních autorů
- ➔ 3 příspěvky budou prezentovány autory

VLIV TEPLOTY NA PENETRACI ASFALTOVÝCH POJIV

doc. Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

doc. Ing. Petr Hýzl, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Ing. Petr Veselý, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební

Vliv teploty na penetraci asfaltových poživ

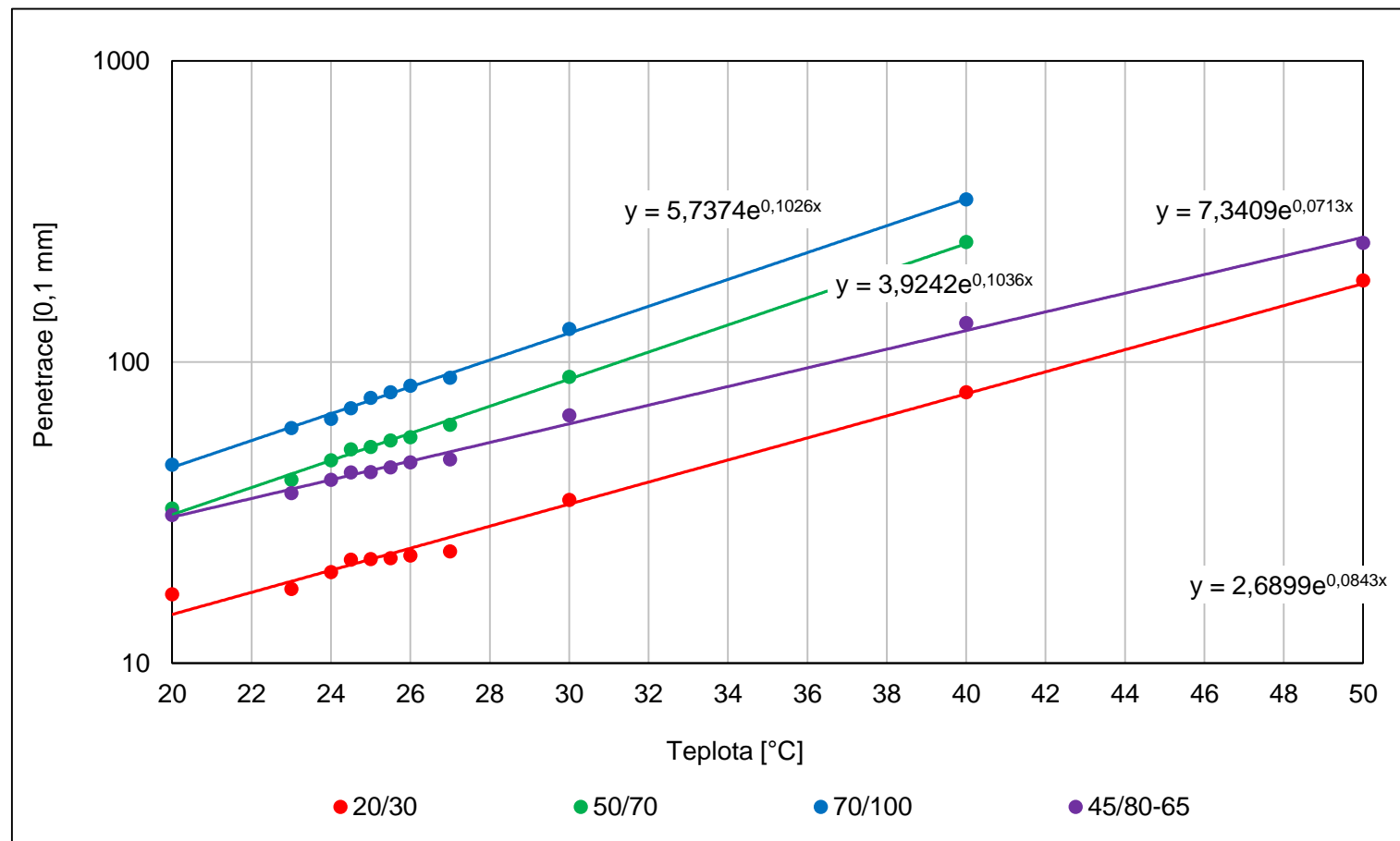
sledování vlivu teploty a podmínek temperace na výsledek zkoušky penetrace jehlou

- ➔ asfalt je viskoelastický materiál, a proto je jeho chování silně závislé na teplotě
- ➔ tři vzorky silničního asfaltu různé třídy (20/30, 50/70, 70/100)
- ➔ jeden vzorek polymerem modifikovaného asfaltu (45/80-65)
- ➔ při teplotách 20; 23; 24; 24,5; 25; 25,5; 26; 27; 30; 40 a 50 °C
- ➔ stanovení bodu měknutí
- ➔ penetrační index



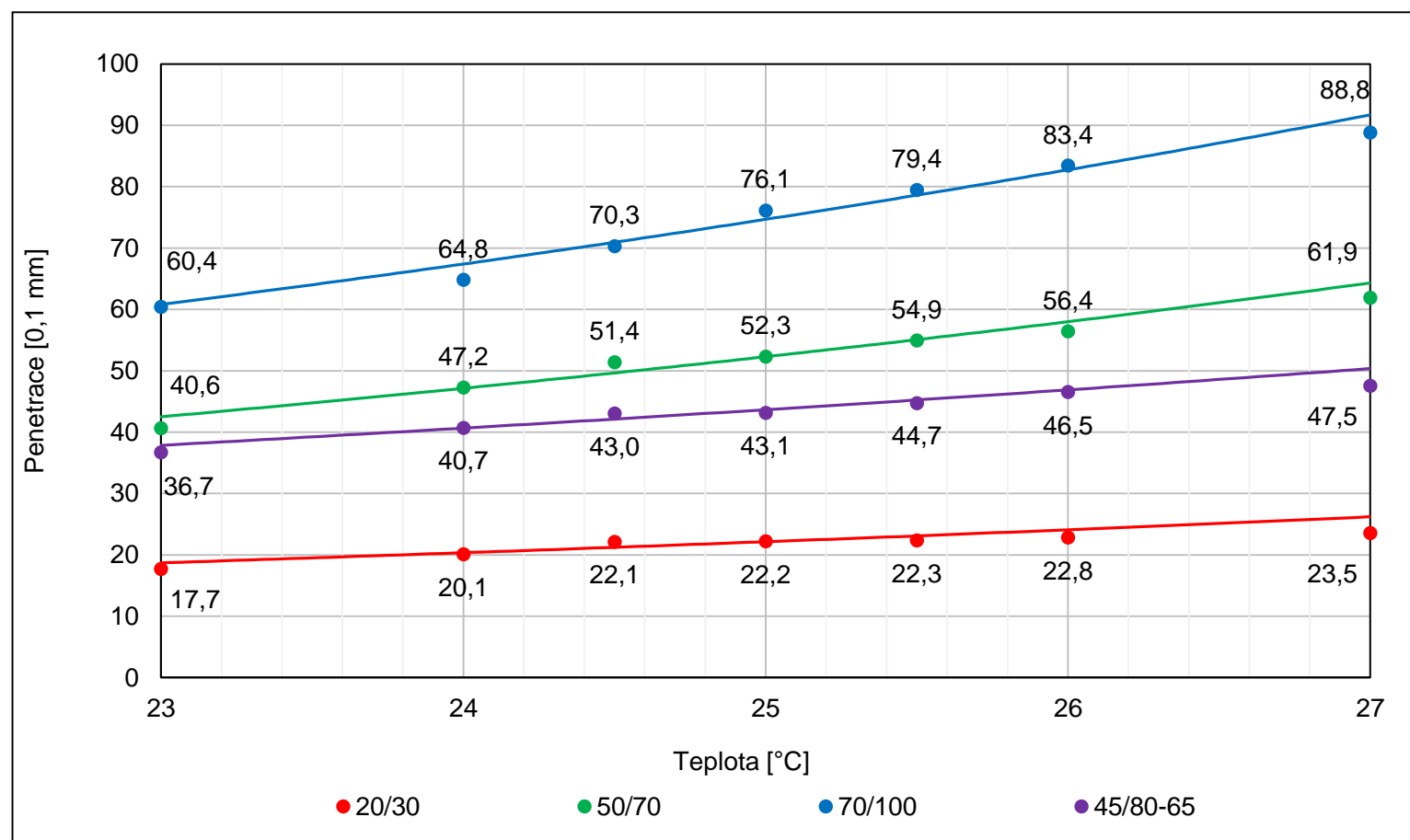
Vliv teploty na penetraci asfaltových pojiv

Teplotní citlivost pojiva, určená pomocí zkoušky penetrace jehlou, stanovené při různých teplotách



Vliv teploty na penetraci asfaltových pojiv

závislosti hodnoty penetrace na teplotě v teplotním rozsahu 23 °C až 27 °C



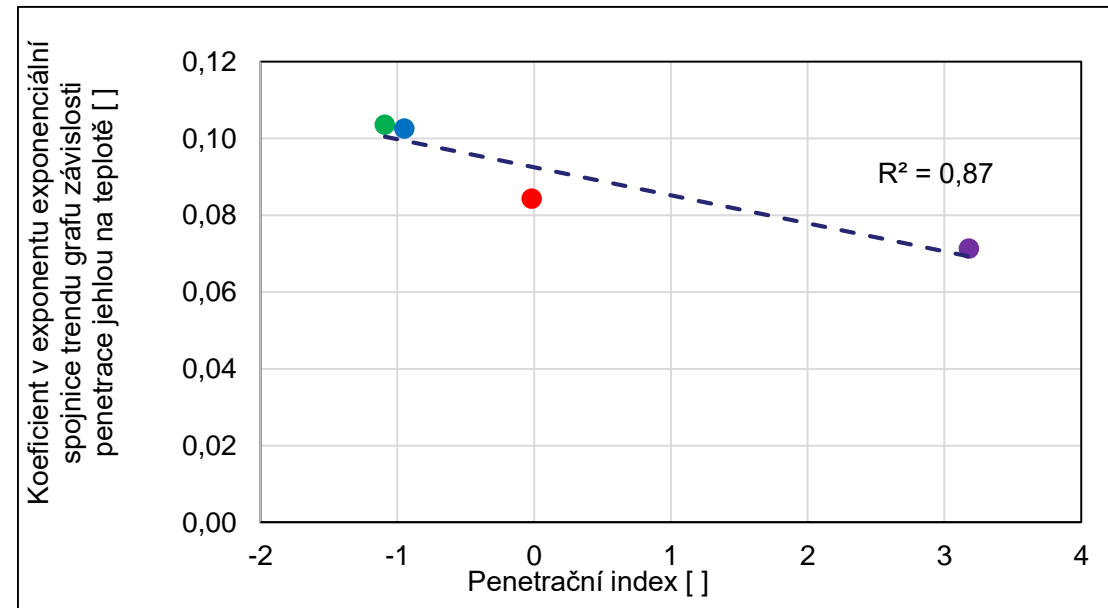
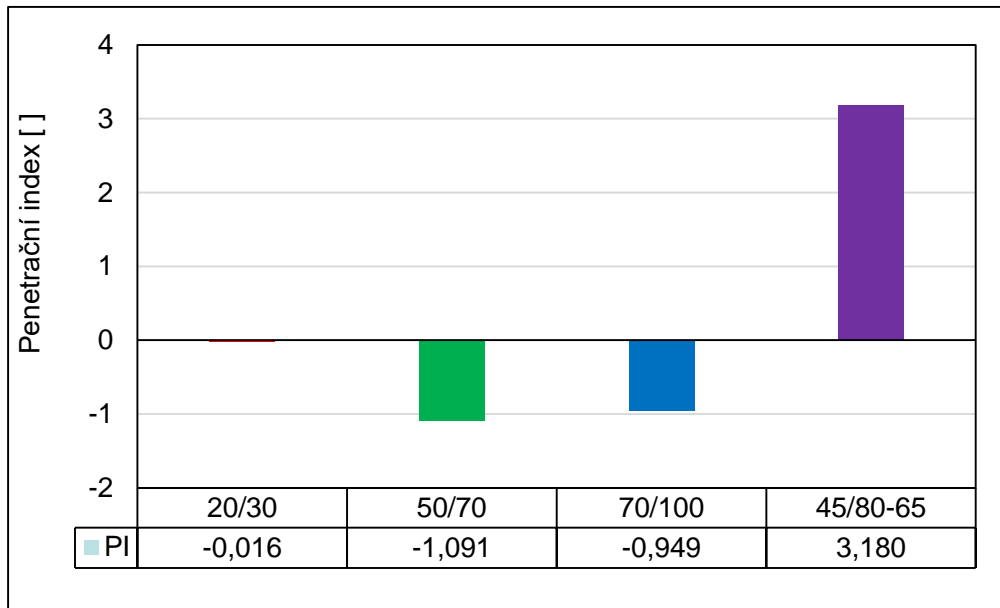
Vliv teploty na penetraci asfaltových pojiv

vliv temperování vzorku asfaltu na výsledné hodnoty penetrace

- ➔ větší chyba dosažena v případě měkčích pojiv
- ➔ při nastavení teploty 24,5 °C a 25,5 °C v případě silničního asfaltu třídy 20/30 je rozptyl hodnoty penetrace pouze 1,9 (0,1 mm)
- ➔ Pro silniční pojivo 70/100 se už jedná o hodnotu 7,6 (0,1 mm)
- ➔ V rozmezí teplot 24,0 °C a 26 °C (tzn. chyba temperace 1,0 °C nad resp. 1,0 °C pod požadovanou teplotu 25,0 °C) se už pro silniční asfalt 70/100 dosahuje rozsahu 15,4 (0,1 mm), čili ovlivnění výsledku penetrace jehlou o 7,7 (0,1 mm)
- ➔ Z toho vyplývá, že je velice důležité dodržovat požadavky normy ČSN 1426 na přesnost teploty temperace v rozmezí $\pm 0,15$ °C

Vliv teploty na penetraci asfaltových pojiv

- ➔ hodnoty penetračního indexu srovnávaných pojiv
- ➔ závislost mezi koeficientem v exponentu exponenciální spojnice trendu grafu závislosti penetrace jehlou na teplotě a hodnotou penetračního indexu



Vliv teploty na penetraci asfaltových poživ

závěr

- ➔ Penetrace má na teplotě silně exponenciální závislost (s rostoucí teplotou významně roste hodnota penetrace)
- ➔ Dle předpokladu má PMB nejnižší teplotní citlivost, naopak nejvyšší teplotní citlivost byla zjištěna u silničního asfaltu 50/70
- ➔ Teplotní citlivost, určená pomocí zkoušky penetrace jehlou, stanovené při různých teplotách dosahovala silné korelace s hodnotou penetračního indexu
- ➔ **Pro správné provádění zkoušky penetrace je nezbytně nutné mít kalibrovaný a přesně nastavený teploměr a umožnit zkoušenému vzorku dostatečnou dobu temperace!!!**

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

Ing. Tomáš Koudelka, Ph.D., Vialab CZ s.r.o., Praha

Ing. Petr Bureš, Vialab CZ s.r.o., Praha

Ing. Jakub Šedina, Ph.D., Vialab CZ s.r.o., Praha

Tomáš Mery, Vialab CZ s.r.o., Praha

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

proč používat modifikované KAE?

- ➔ lepší elastické vlastnosti
 - ➔ vyšší pevnost v tahu
 - ➔ širší rozsah použitelnosti (teplotní citlivost)
 - ➔ vyšší adhezi a kohezi
- ➔ z praktického pohledu to znamená, že například u nátěrů dochází k menší ztrátě kameniva/abrazi (vyšší adheze a koheze pojiva) nebo výskytu poruch typu pocení (vyšší viskozita pojiva), zatímco u kalových vrstev může docházet ke snížení výskytu trvalých deformací (vyšší bod měknutí a nižší nevratná smyková poddajnost pojiva)

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

cíle článku:

- ➔ **identifikace vhodných modifikačních přísad (elastomerů a plastomerů) pro výrobu modifikovaných KAE**
- ➔ **v rámci řešení projektu byla vybrána modifikace EVA (plastomer) jako referenční způsob modifikace**
- ➔ **byly zkoušeny různé plastomery a jeden SBS modifikátor**
- ➔ **použité plastomery se liší například z hlediska typu monomeru nebo způsobu výroby, což má vliv například na rychlost rozpouštění polymeru nebo výsledný bod měknutí**

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

modifikace KAE pomocí polymerů

	NEVÝHODY	VÝHODY
Latex	Latex obsahuje povrchově aktivní látky/emulgátory, které mohou ovlivnit proces zrání nátěru, EMK nebo spojovacího postřiku. Při skladování dochází k separaci latexu z KAE. Nelze zkoušet samotné pojivo, ale je nutné zkoušet zpětnězískané pojivo z emulze např. postupem EN 13074-1	Jednoduchý způsob výroby. Relativně dobrá disperze KAE.
EVA	Omezená dostupnost na trhu. Nevhodné pro použití v nátěrech vlivem nízké elasticity pojiva.	Oproti SBS jednodušší emulsifikace i modifikace.
SBS	Nutná delší doba zrání PMB. Horší disperze KAE způsobená vyšší viskozitou.	Univerzální použití pro všechny aplikace (EMK, nátěry, postřiky)

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

modifikace KAE pomocí polymerů



ukázka SBS KAE s nevyhovující disperzí částic asfaltového pojiva (vlevo), separace latexu při skladování v klidu (vpravo)

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

zkoušené materiály

- ➔ v článku jsou uvedeny výsledky devíti zkoušených pojiv
- ➔ referenční pojivo bylo pojivo modifikované 3,0 % a 5,0 % plastomeru EVA
- ➔ čtyři alternativními plastomery v kombinaci s různou gradací vstupního pojiva
- ➔ jedna varianta s polymerem typu SBS

PmB Pojivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plastomer	ref	1	1	2	3	4	ref	1	
Výrobní proces		X	X	X	Y	X		X	
Vstupní pojivo	70/100	70/100	50/70	70/100	70/100	70/100	70/100	70/100	70/100
Dávkování	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	3,0

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

postup hodnocení modifikovaných pojiv

Stanovení optimálních výrobních podmínek PmB pro KAE v laboratoři.	Výroba PmB, BM a disperze polymeru	EVA, 3,0 % SBS, 3,0 %
Stanovení empirických vlastností.	BM, dynamická viskozita, penetrace, bod lámavosti	Kategorizace modifikovaných pojiv dle EN 14023
Hodnocení kompatibility mezi polymerem a vstupním pojivem.	Skladovací stabilita	EN 13399
Odolnost proti smykovým silám (účinek elastomerů a plastomerů).	Koheze kyvadlem	EN 13588
Náchylnost k pocení a tvorbě trvalých deformací.	MSCR	EN 16659

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

souhrnný přehled výsledků

Pojivo		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Údaje o pojivu		EVA	70/100	50/70		Y	X	EVA 5,0 %	5,0 %	SBS 60-300
Plastomer		ref	1	1	2	3	4	ref	1	---
Penetrace	0,1 mm	68	71	45	66	75	70	66	69	65
Bod měknutí	°C	56,4	51,8	58,3	55,9	48,9	52	65,3	57,2	53,4
DV při 160 °C	mPa.s	211	156	222	213	175	172	283	185	201
Bod lámavosti	°C	-13	-14	-17	-15	-13	-14	-15		-13
Zbylá penetrace	%	75	69	69	73					66
Δ BM RTFOT	°C	5,2	2,8	6,5	0,5					2,4
Skladovací stabilita	°C	1,1	0,1	1,0	0,4	0,3	0,1	0,2	2,9	2,3
Účinný rozsah koheze	°C	21,5	18,2	19,1	21,3			21,4	21,3	29,9
Koheze	J/cm ²	0,82	0,80	0,82	0,86			0,84	0,97	1,19
MSCR, 50 °C, R _{3,2} kPa	%	38,3	10,4	28,8	27,1	9,4	11,4	68,5	26,4	45,0
MSCR, 50 °C, Jnr _{3,2} kPa	kPa ⁻¹	0,4	0,8	0,2	0,6	1,0	0,8	0,2	0,5	0,4

MODIFIKOVANÁ POJIVA PRO VÝROBU ASFALTOVÝCH EMULZÍ

článek si klade za cíl popsat relevantní parametry vztahující se k návrhům PmB pojiv, které lze použít pro výrobu modifikovaných asfaltových emulzí

- ➔ na trhu existují alternativní plastomery k modifikátoru EVA, které přinášejí lepší nebo srovnatelné vlastnosti z hlediska možnosti dosažení vyššího bodu měknutí, lepší odolnosti proti stárnutí, nebo nižšího nárůstu dynamické viskozity
- ➔ modifikační přísady lze volit vzhledem ke konečnému užití výrobku, např. pokud je cílem zvýšení odolnosti proti trvalým deformacím (např. pro EMK)
- ➔ SBS modifikátor výrazně zvyšuje účinný rozsah koheze pojiva na rozdíl od plastomerů. Při použití plastomerů je účinný rozsah koheze téměř nezávislý na dávkování polymeru. SBS pojivo má výrazně lepší odolnost proti smykovým silám než nemodifikované pojivo
- ➔ nově zkoušené plastomery mají dobrou tepelnou stálost a rychleji se rozpouští při srovnání s EVA

PŘÍKLADY POZNATKŮ Z POROVNÁNÍ TUHOSTI ASFALTOVÉ SMĚSI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI LABORATORNÍMI METODAMI

Ing. Majda Belhaj, Fakulta stavební ČVUT v Praze

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

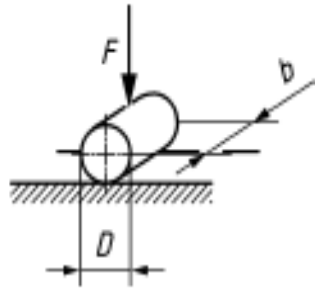
POROVNÁNÍ TUHOSTI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI METODAMI

příspěvek porovnává a vyhodnocuje moduly tuhosti stanovené třemi zkušebními metodami dle ČSN EN 12697-26

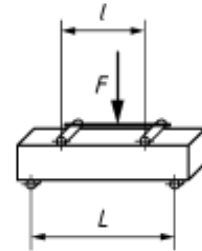
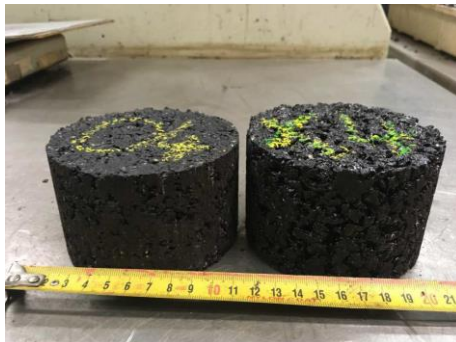
- ➔ v ČR dosud používané metody jsou dvoubodová zkouška na tělesech tvaru komolého klínu (2PB-TR) a opakované namáhání v příčném tahu na válcových zkušebních tělesech (IT-CY)
- ➔ hodnoty měřené oběma metodami se do nedávné doby vztahovaly k jedné normové mezní hodnotě, přičemž nebylo a není vůbec jasné, zda oba způsoby měření při stejné teplotě zkoušení vedou ke stejné hodnotě tuhosti.
- ➔ Aby byla problematika složitější, existuje i další v mezinárodním prostředí častá metoda využívající čtyřbodový ohyb na trámečkových tělesech (4PB-PR).

POROVNÁNÍ TUHOSTI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI METODAMI

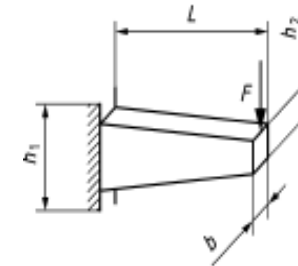
zkušební metody (ČSN EN 12697-26)



IT-CY



4PB-PR



2PB-TR



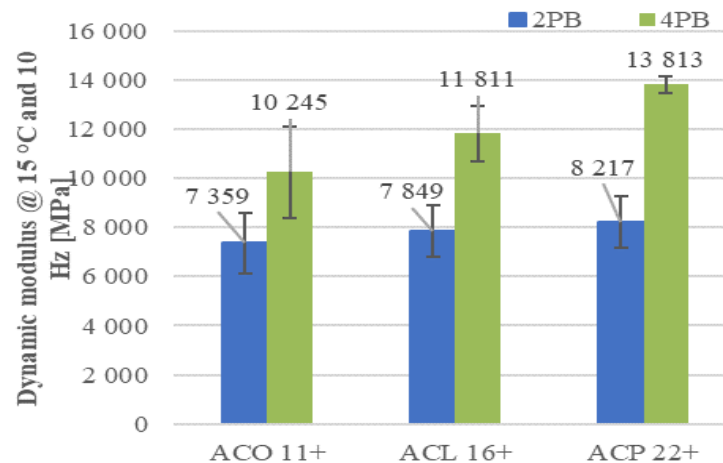
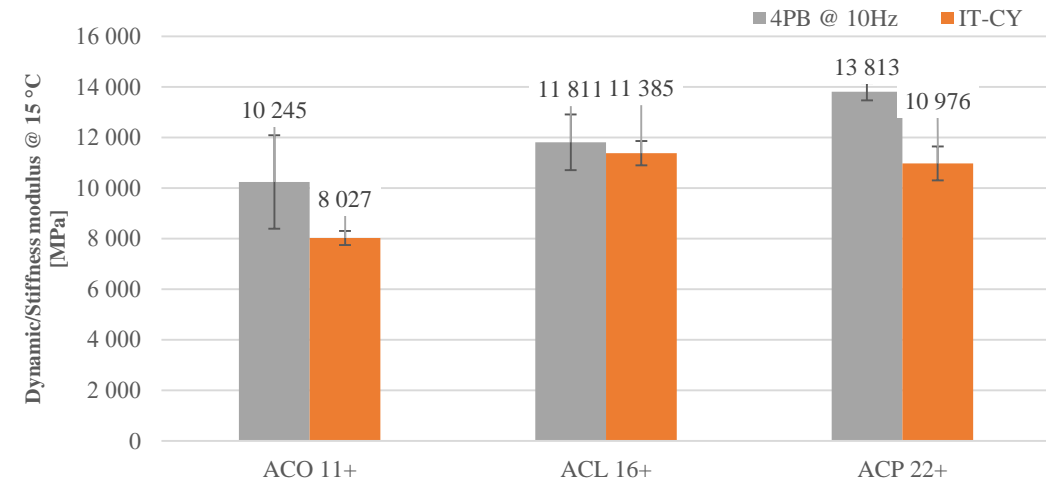
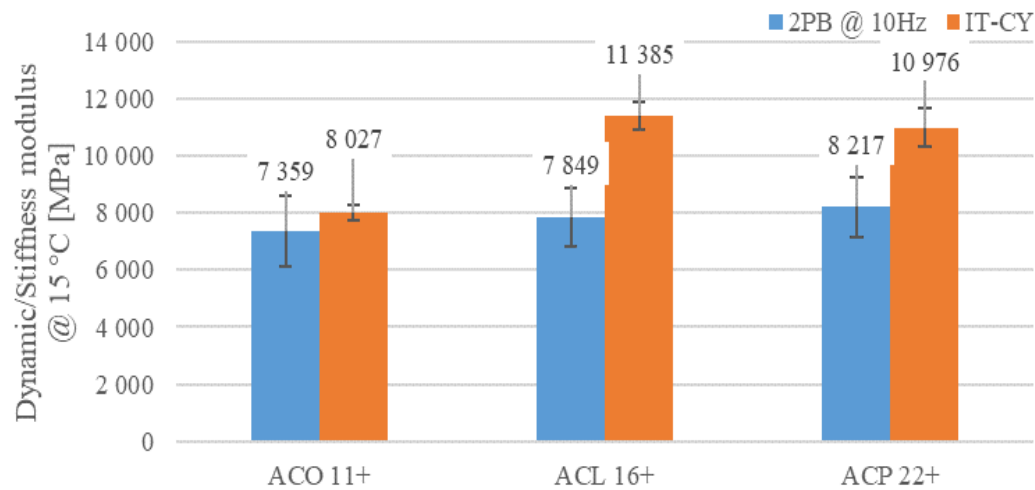
POROVNÁNÍ TUHOSTI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI METODAMI

základní shrnutí k testovaným asfaltovým směsím

Asfaltová vrstva	Typ	Objemová hmotnost zhutněného tělesa (kg/m ³)	Mezerovitost (%)	Meze pro mezerovitost stanovené normou (%)	Počet zkušebních těles dané zkušební metody		
					IT-CY	4PB-PR	2PB-TR
Obrusná vrstva	ACO 11+	2,442	3,7%	2 % - 6 %	6	5	7
Ložní vrstva	ACL 16+	2,477	5,3%	3 % - 8 %	6	5	8
Podkladní vrstva	ACP 22+	2,498	5,0%	3 % - 8 %	6	5	7

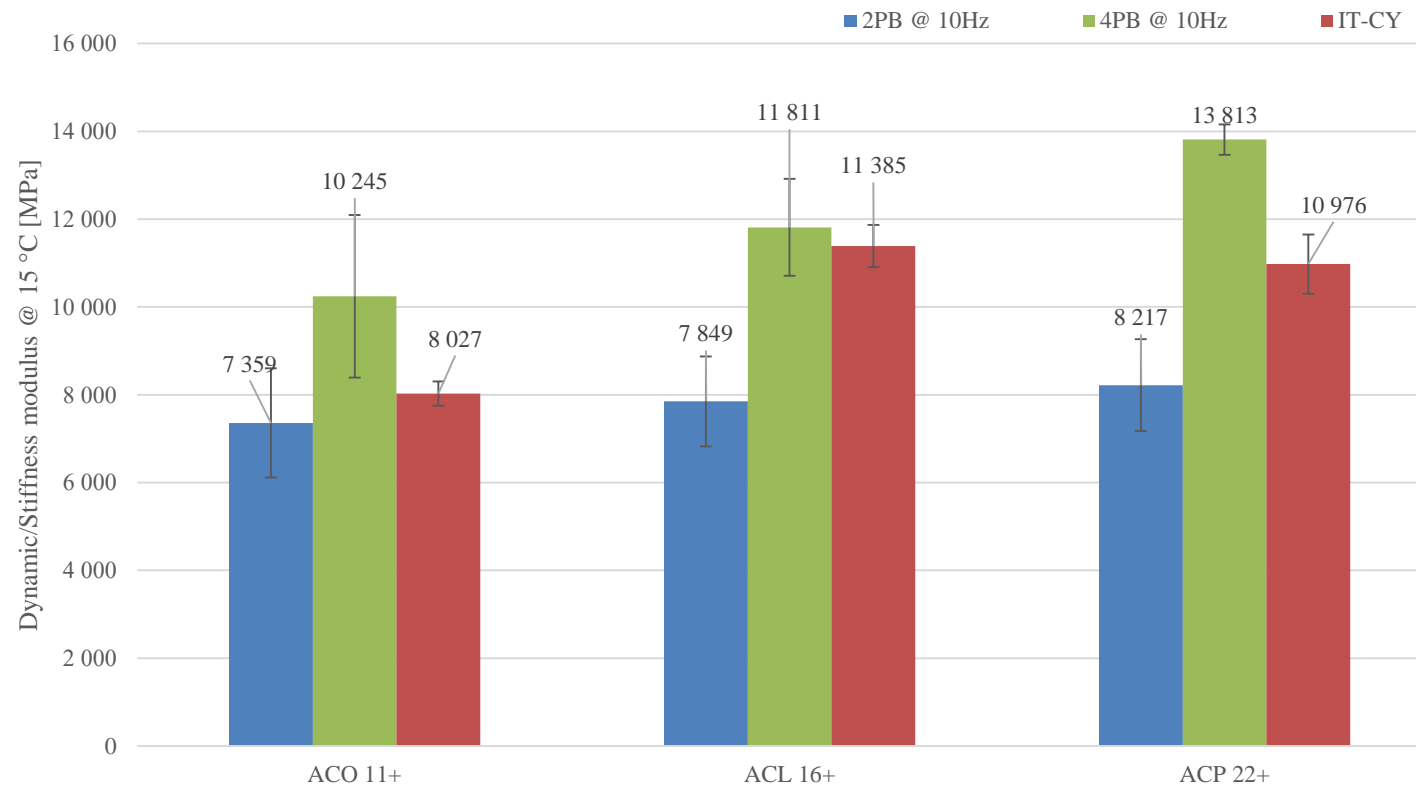
POROVNÁNÍ TUHOSTI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI METODAMI

porovnání mezi jednotlivými metodami



POROVNÁNÍ TUHOSTI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI METODAMI

porovnání všech tří zkušebních metod



POROVNÁNÍ TUHOSTI STANOVENÉ TŘEMI RŮZNÝMI METODAMI

závěr

- ➔ IT-CY a 4PB ukázalo, že ve frekvenčním rozsahu 3-8 Hz byla nalezena jistá korelace mezi těmito metodami, zejména u ACL
- ➔ další zajímavý výsledek se ukázal při srovnání 4PB a 2PB, kde bylo dosaženo poměrně dobré korelace. Tento výsledek byl očekáván, protože tyto dvě zkoušky mají podobný princip zatěžování (harmonické sinusové zatížení)
- ➔ **srovnání tří zkoušek však nepotvrdilo žádnou obecnou korelaci**
- ➔ v procesu jsou další zkoušky na dalších typech asfaltových směsí s různými pojivy
- ➔ záměrem je také alespoň subjektivně porovnat náročnost jednotlivých zkoušek tuhosti z hlediska pracnosti, která je nutná pro přípravu zkušebních vzorků a jejich pozdější úpravu pro zkoušení (řezání, lepení atd.). Největší potenciál a získání největšího spektra dat nabízí při přiměřené pracnosti zkušební metoda 4PB-PR

ALTERNATIVNÍ STABILIZAČNÍ PŘÍSLADY ASFALTOVÝCH SMĚSÍ Z TABÁKOVÝCH PRODUKTŮ

Ing. Peter Gallo, ČVUT v Praze, Fakulta stavební

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

Bc. Hugo Repáň, EcoButt s.r.o., Slovenská republika

Ing. Samuel Jalč, EcoButt s.r.o., Slovenská republika

ALTERNATIVNÍ STABILIZAČNÍ PŘÍSAKY Z TABÁKOVÉHO ODPADU

cíl studie

- využití odpadu z tabákových výrobků
- rozdrčené použité nebo vyřazené cigaretové filtry (CF)
- filtry z cigaret IQOS (elektronická cigareta)
- obojí obsahuje acetát celulózy (AC) což je ekvivalent k přírodní celulóze
- filtry IQOS obsahují cca 60% AC a 40% kyseliny polymléčné (PLA)
- jako alternativa k běžně používaným celulosovým vláknům

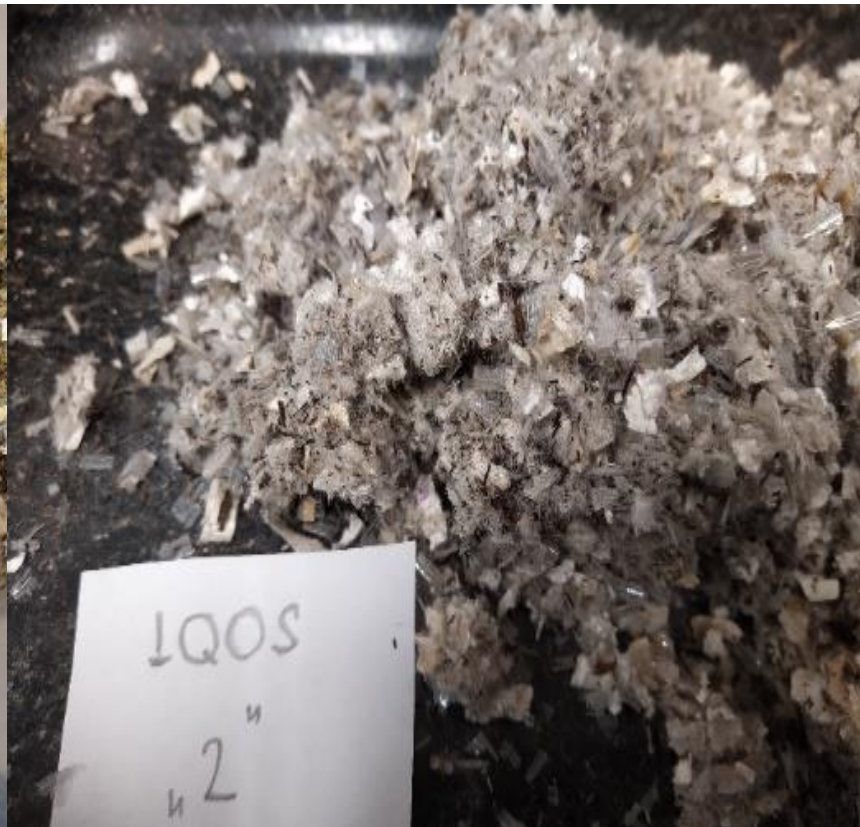


ALTERNATIVNÍ STABILIZAČNÍ PŘÍSAKY Z TABÁKOVÉHO ODPADU

použité rozdrčené CF



drcené filtry IQOS



ALTERNATIVNÍ STABILIZAČNÍ PŘÍSAKY Z TABÁKOVÉHO ODPADU

přehled zkoušených variant vláken

Název	Zmes	Spojivo	Prísada
ref.	SMA 8 NH	PMB 45/80-65	0,3 % S-cell 7G®
"1"			0,3 % CF
"2"			0,3 % IQOS
FI			FORTA-FI®

ALTERNATIVNÍ STABILIZAČNÍ PŘÍSAKY Z TABÁKOVÉHO ODPADU

provedené srovnávací zkoušky

- ➔ mezerovitost (ČSN EN 12697-8)
- ➔ citlivost vůči účinkům vody - ITSr (ČSN EN 12697-12)
- ➔ stanovení modulu tuhosti metodou IT-CY (ČSN EN 12697-26) pro teploty 0, 15, 27 °C
- ➔ index stárnutí (prEN 12697-52) směsi na základě porovnání modulů tuhosti měřených na zestárlých a nezestárlých vzorcích
- ➔ odolnost proti trvalým deformacím (ČSN EN 12697-22)
- ➔ stékavost pojiva (ČSN EN 12697-18)

názov	popis	D [%]
ref.	0,3 % S-cell	0,17
“1“	0,3 % CF	0,22
“2“	0,3 % IQOS	0,19
FI	FORTA-FI®	0,17

ALTERNATIVNÍ STABILIZAČNÍ PŘÍSAKY Z TABÁKOVÉHO ODPADU

závěr

- ➔ **předběžné výsledky ukázaly možnost použití přísad z odpadových cigaretových výrobků od asfaltových směsí**
- ➔ **mohou plnit funkci nosiče pojiva**
- ➔ **v porovnání se zavedenými celulóзовými vlákny je však potřeba se změřit na fyzikální vlastnosti materiálů**
- ➔ **například se ukázalo, že vlastnosti plastů přítomných v cigaretových a IQOS filtrech mohou mít významný dopad na konečné vlastnosti asfaltové směsi**

NOVÁ METODA FUNKČNÍHO NÁVRHU ASFALTOVÉ SMĚSI ZOHLEDŇUJÍCÍ GEOMETRII KAMENIVA

Frank K. A. Awuah, MSc., University of Nottingham (Velká Británie)

Dr. Alvaro Garcia-Hernandez, technická univerzita (RWTH) Aachen (Německo)

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

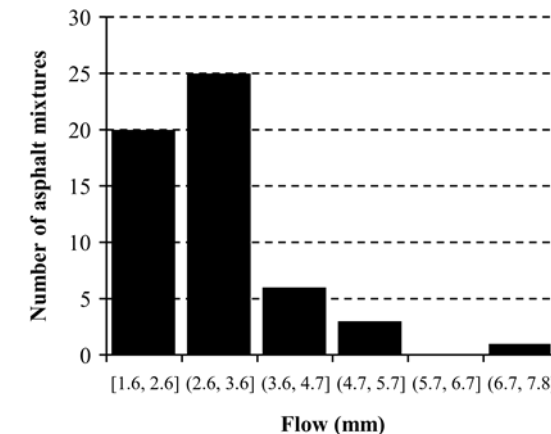
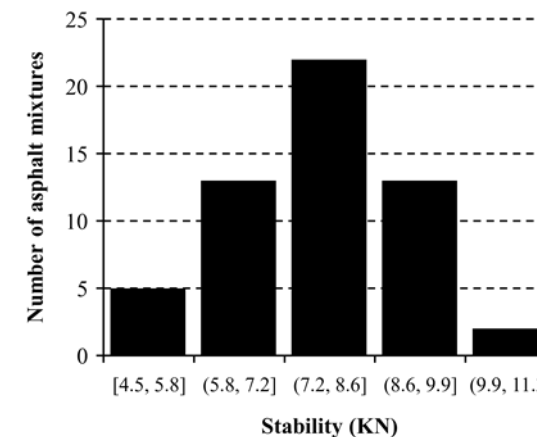
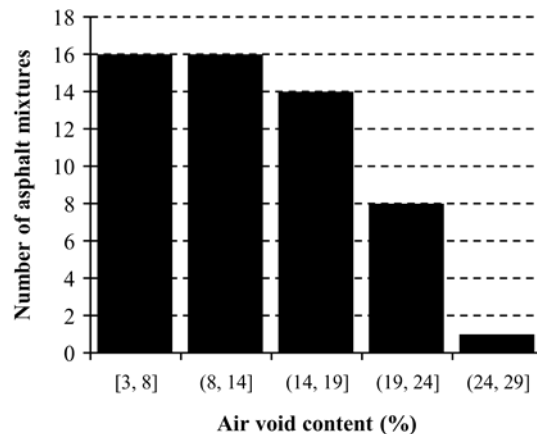
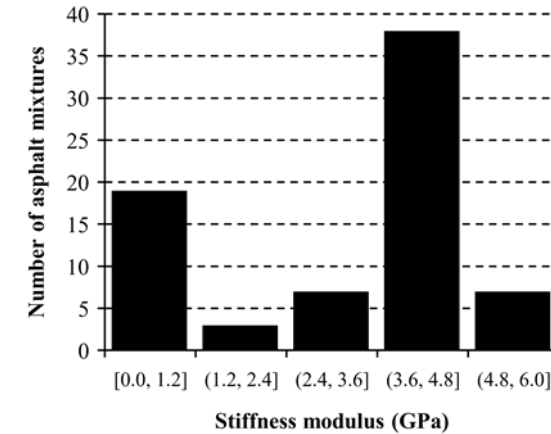
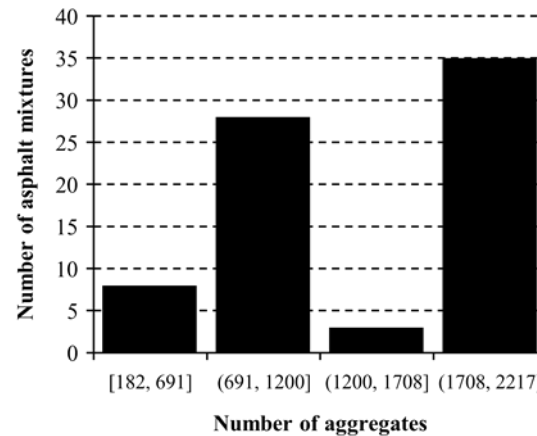
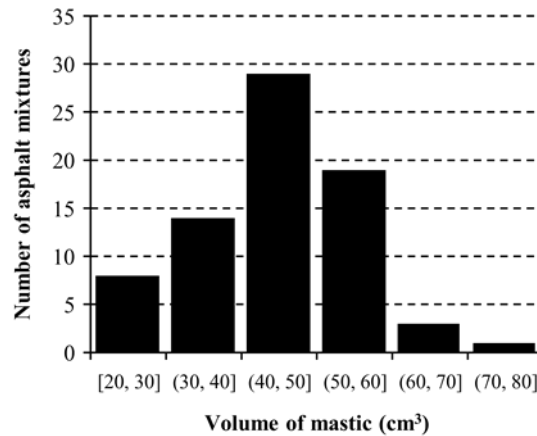
NOVÁ METODA FUNKČNÍHO NÁVRHU

příspěvek představuje novou metodu možného návrhu asfaltové směsi založenou na některých funkčních přístupech umožňující virtuální návrh směsí při splnění požadavků na:

- mezerovitost směsi
- tuhost
- Marshallovu stabilitu a přetvoření

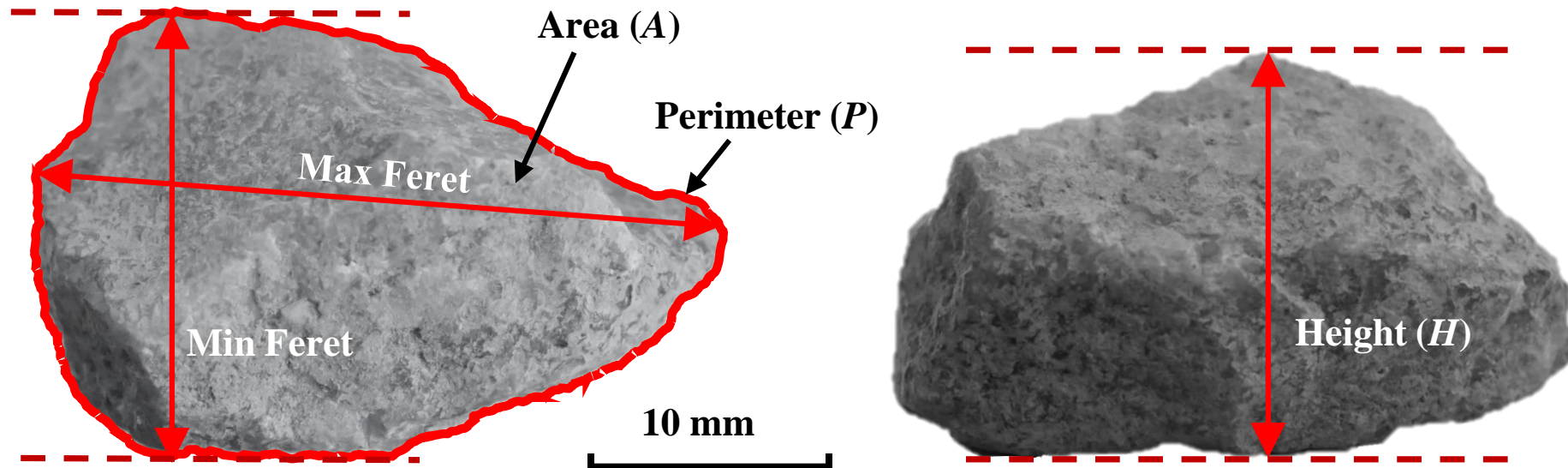
NOVÁ METODA FUNKČNÍHO NÁVRHU

Vytvoření databáze asfaltových směsí



NOVÁ METODA FUNKČNÍHO NÁVRHU

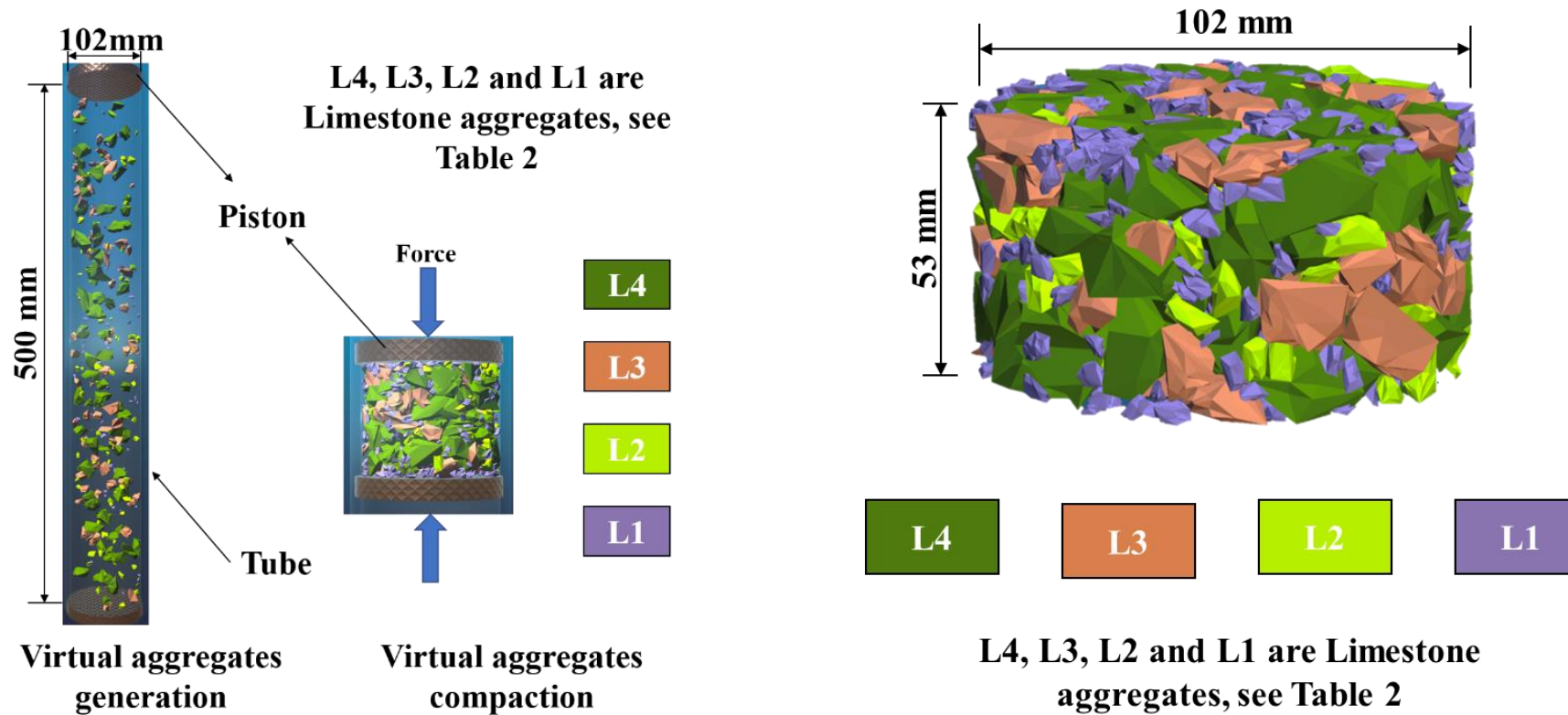
vytváření virtuálních zrn kameniva



- ➔ geometrické parametry definující zrno kameniva; (vlevo) horní pohled, (vpravo) boční pohled (A = obsah; P = obvod; H = výška).

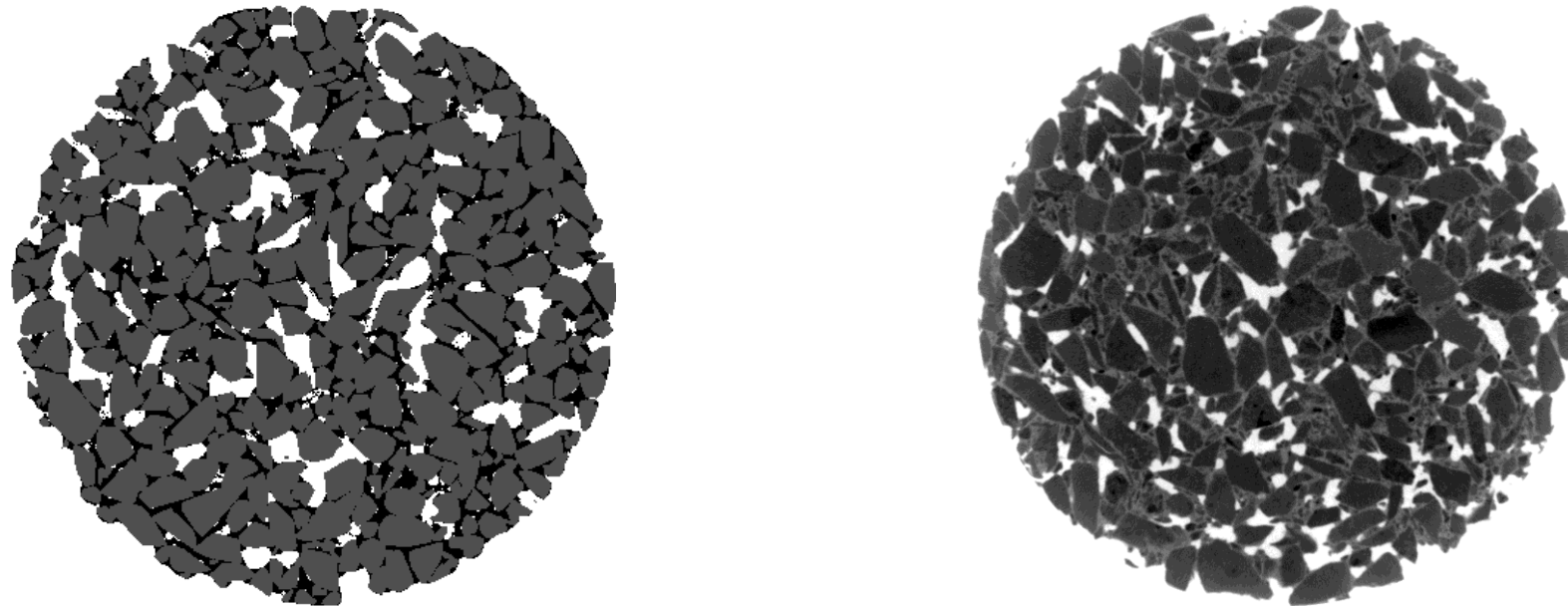
NOVÁ METODA FUNKČNÍHO NÁVRHU

příklad generování virtuální kamenné kostry a jejího hutnění



NOVÁ METODA FUNKČNÍHO NÁVRHU

vizualizace kostry kameniva, tmelu a vzduchových mezer asfaltové směsi



- ➔ příklad digitálního dvojčete asfaltové směsi, vlevo je virtuální řez (bílá barva = mezery; černá barva = tmel a šedá barva = zrna kameniva) a vpravo je snímek z tomografie (bílá barva = mezery; světle šedá barva = tmel a tmavě šedá barva = zrna kameniva)

AV '23 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2023

DĚKUJI ZA POZORNOST

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT