

Využívání R-materiálů při výrobě modifikovaných asfaltových směsí v návaznosti na revizi ČSN 73 6121 v roce 2023

Část 2 – zkušenosti ze staveb

V první části byly popsány souvislosti týkající se normalizace v oblasti používání R-materiálů (RA) při výrobě asfaltových směsí včetně popisu laboratorních výsledků a podkladů, které vedly ke změně normy ČSN 73 6121. V této části jsou prezentovány zkušenosti z praxe a popsány a vyhodnoceny výsledky zkoušek směsí obsahujících PMB RC s vysokým podílem RA. Ukázalo se, že při vhodném návrhu je možné splnit nejen konvenční požadavky na kontrolní zkoušky pro daný typ směsi, ale i dodatečné požadavky na směsi s obsahem RA > 15 % uvedené v ČSN 73 6141. Zároveň je možné dosáhnout vyhovujících funkčních a návrhových charakteristik směsí.

Úvod

V tomto článku jsou popsány zkušenosti se směsí typu asfaltový beton, jejichž složení je uvedeno v tabulce 1.

Všechny asfaltové směsi byly vyrobeny na obalovně s paralelním bubnem. Použitá dávkovaná pojiva byla dodávána od jednoho výrobce. Použitá pojiva se prodávají pod obchodním názvem Polybitume E45 RC (PMB 25/55 RC) a Polybitume E65 RC (PMB 45/80 RC). Směs ACO 11+ (viz tabulka 1) byla vyrobena v rámci zkušebního úseku s nadlimitním dávkováním R-materiálu oproti maximálnímu povolenému dávkování v ČSN 73 6121.

Obecné informace o technologii, která byla použita k výrobě směsí

Pro výrobu asfaltových směsí byla použita obalovna Herink v Praze. Použitá obalovna byla zkonstruována firmou Ammann, typové označení ABP 240/320 HRT s protisměrným paralel-

ním bubnem RAH 100. Výkon paralelního bubnu obalovny je 190 t/hod. V paralelním bubnu dochází k ohřátí a vysušení R-materiálu na výrobní teplotu až 170 °C. (Při výrobě všech směsí, o kterých je pojednáno v článku, byl R-materiál ohříván na teplotu 160 °C.) Předeřátý R-materiál je přes mezizásobník o kapacitě 25 tun a váhu v potřebném množství dávkován do míchačky.

Při použití této technologie je možné využití až 100 % R-materiálu pro výrobu asfaltových směsí tzv. 100% recyklace. Toto je umožněno díky inovativní konstrukci paralelního bubnu, který je rozdělen na dvě části. Účinné oddělení jednotlivých částí paralelního bubnu eliminuje možnost styku R-materiálu s přímým plamenem a zamezuje nadměrné degradaci asfaltového pojiva. Příklady, kdy byla využita technologie RAH 100 v České republice, jsou podrobněji popsány například v článku [1,2]. Na obrázku 1 je ilustrativně zobrazena obalovna vybavená technologií RAH 100.



Obrázek 1: Obalovna Ammann APB vybavená technologií RAH 100 (Eurovia, Německo)

ACP 22S PMB 25/55-60 (40 % RA)

Výroba směsi ACP 22S s výsledným deklarovaným modifikovaným pojivem PMB 25/55-60 a vysokým obsahem RA, který byl nemodifikovaný, a dávkovaným pojivem gradace PMB 25/55 RC, proběhla v květnu 2022, tedy ještě v době, kdy nebyla aktualizovaná norma ČSN 73 6121. Údaje o návrhu směsi jsou uvedeny v tabulce 1.

Výsledky kontrolních zkoušek směsi a pojiv sloužily nejenom pro ověření technických možností obalovny, ale zejména k ověření navrženého technického řešení, tj. návrh PMB RC pojiva a směsi. Tento příklad rovněž posloužil k potvrzení předpokladu, že lze vyrobit směsi, jejichž vlastnosti splňují všechny požadavky na směsi konvenční, které jsou uvedené v ČSN 73 6121

a v TP 170 (včetně funkčních charakteristik) i při vysokém obsahu RA, který není modifikovaný.

V tabulce 2 jsou zobrazeny vlastnosti vstupních materiálů a výsledky kontrolních zkoušek pojiv. V tabulce jsou uvedeny i požadavky na výsledky KZ zpětně získaných pojiv ze směsí obsahujících PMB pojiva. Tyto požadavky jsou uvedeny v normě ČSN 73 6141+Oprava1:2023.

Z výsledků v tabulce 2 vyplývá, že všechny kontrolované parametry vydestilovaného pojiva byly splněny. Pojivo PMB RC disponovalo dostatečnou rezervou pro kompenzaci přítomnosti nemodifikovaného zestárlého pojiva v RA. Graficky jsou výsledky kontrolních zkoušek pojiv zobrazeny na obrázku 2.

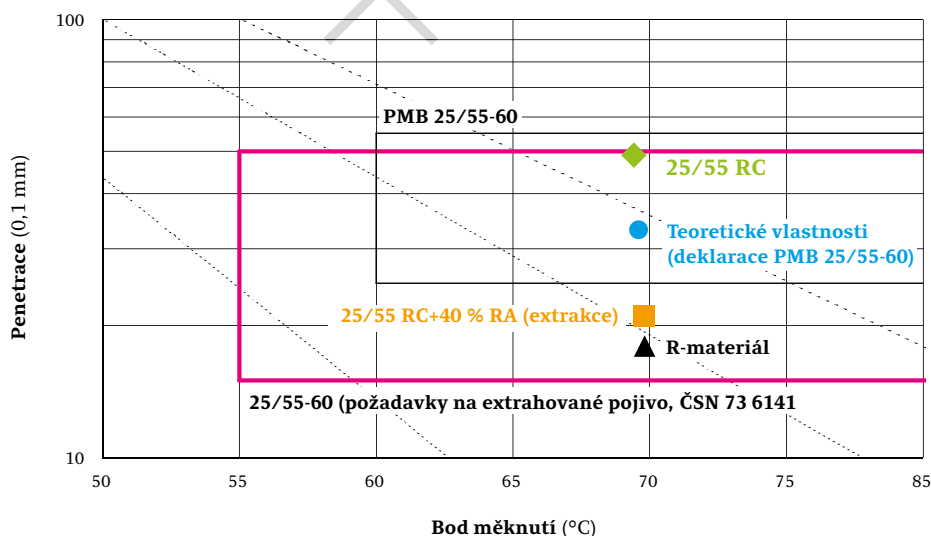
Tabulka 1: Popisované směsi typu asfaltový beton

Směs	RA (%)	Max RA (ČSN 73 6121) (%)	Dávkované pojivo	Oživ. přísada	Výsledné deklarované poj.
ACP 22S	40	50	PMB 25/55 RC	NE	PMB 25/55-60
ACL 22S	35	40	PMB 25/55 RC	NE	PMB 25/55-60
ACO 11+	35	30	PMB 45/80 RC	NE	PMB 25/55-60

Tabulka 2: Vlastnosti pojiva (dávkované pojivo, pojivo z RA a vydestilované pojivo ze směsi) použitého při výrobě směsi ACP 22S PMB 25/55-60 (PMB 25/55 RC + 40 % RA)

Vlastnost	Norma	Jednotky	Dávkované pojivo	RA pojivo	Vydestilované pojivo	Požadavky ČSN 73 6141
Penetrace	ČSN EN 1427	1/10 mm	49	18	21	15–50
Bod měknutí	ČSN EN 1426	°C	69,4	69,8	69,8	≥ 55*
Vratná duktilita	ČSN EN 13398	%	86	–	44	≥ 40
Penetrační index	ČSN EN 12593	–	2,68	0,57	0,85	

*Norma ČSN 73 6141 uvádí pouze požadavek na pojivo gradace PMB 25/55-65, kdy je u zpětně získaného (vydestilovaného) pojiva požadován bod měknutí 60 °C, lze proto odvodit, že pro pojivo PMB 25/55-60 bude požadavek u zpětně získaného pojiva 55 °C.



Obrázek 2: Výsledky zkoušek pojiv, materiály a směs ACP 22S PMB 25/55-60

Tabulka 3: Výsledky zkoušek směsi ACP 22S PMB 25/55-60 (PMB 25/55 RC + 40 % RA)

Parametr	Zkoušky směsi	Hodnota	Požadavek	Předpis
Únava	ϵ_6 (10^{-6})	114	min 100	TP 170
Modul tuhosti	S_{15} (Mpa)	11 136	7 500	TP 170
Mezerovitost	V (%)	5,2	4-9 (3-9)	ČSN 73 6121:2019 (2023)



Obrázek: 3 ACP 22S PMB 25/55-60 (PMB 25/55 RC + 40 % RA)

V tabulce 3 jsou shrnuty výsledky kontrolních zkoušek vyrobené směsi. Návrhové parametry dle TP 170 pro směsi typu AC podkladní jsou únava (ČSN EN 12697-24) a tuhost (ČSN EN 12697-26). Z hlediska kontrolních zkoušek je rozhodující mezerovitost směsi (ČSN 73 6121). Z výsledků vyplývá, že směs splnila nejenom požadavky standardních KZ, ale i návrhové požadavky, přičemž únavový parametr směsi byl splněn s poměrně významnou rezervou.

Na obrázku 3 je zobrazena vyrobená směs ACP 22S se 40 % R-materiálu na zkušební úseku. Samotná směs neobsahovala shluky ani slepence R-materiálu a byla homogenní. Lze proto říci, že při výrobě směsi byly optimálně nastaveny podmínky výroby z hlediska teploty ohřevu materiálů nebo doby míchání. U směsi s R-materiálem byl prodloužen čas míchání při srovnání se směsí bez R-materiálu.

ACL 22S PMB 25/55-60 (35 % RA)

V roce 2023 probíhala rekonstrukce dálnice D1 ve staničení 16–21 km. Oprava vozovky probíhala tak, že došlo k odřezování původních asfaltových vrstev (SMA a ACL) následně došlo k pokládce vrstvy SAL 8, ACL 22S a SMA 11S. Vrstva SAL, konkrétně se jednalo o technologii Viasaf®, byla použita z důvodu omezení prokopírování „trhlin“ z původního cementobetonového krytu vozovky.

Směs ACL 22S byla navržena s obsahem 35 % RA a dávkovaným pojivem PMB 25/55 RC, viz údaje v tabulce 1. Směs SMA 11S PMB 25/55-60 byla navržena obsahem 10 % RA a dávkovaným pojivem PMB 25/55-60.

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky kontrolních zkoušek zpětně získaných pojiv ze směsí, které byly odebrány v průběhu výstavby v měsících březnu až srpnu roku 2023. Z výsledků v tabulce 4 vyplývá, že požadavky na zpětně získaná pojiva byly splněny s dostatečnou rezervou, a to včetně elasticity pojiva, kdy průměrná hodnota vratné duktility byla 63 % (minimální požadovaná hodnota je 40 %).

Vyextrahovaná pojiva měla vždy hodnotu penetrace vyšší než 25 jednotek. Minimální požadavek byl splněn s velkou rezervou, což bylo zajištěno návrhem pojiva Polybitume E45 RC, které je navrženo tak, aby se penetrace pojiva po jeho výrobě pohybovala v rozmezí 45 až 55 jednotek. V tabulce 5 jsou uvedeny výsledky kontrolních zkoušek bodu měknutí a penetrace pojiva Polybitume E45 RC v roce 2023. Výsledky zahrnují celkem 16 vzorků pojiv.

Na obrázku 4 na následující straně je zobrazena vyrobená směs ACL 22S s 35 % R-materiálu. Směs neobsahovala shluky ani slepence R-materiálu a byla homogenní. Při kontrolních zkouškách na úseku se ukázalo, že mezerovitost směsi byla v rozmezí 3,0 % až 8,0 % a splňovala tak požadavky normy ČSN 73 6121.

Tabulka 4: Výsledky zkoušek zpětně získaných pojiv ze směsi ACL 22S PMB 25/55-60 (PMB 25/55 RC + 35 % RA)

Datum odběru	Bod měknutí ČSN EN 1427	Penetrace ČSN EN 1426	VD ČSN EN 13398	VD, protažení ČSN EN 13398
	(°C)	(0,1 mm)	(%)	(mm)
2. 8. 2023	67,0	43	75	200
22. 7. 2023	63,8	40	67	200
4. 5. 2023	67,8	26	54	186
11. 5. 2023	66,2	32	64	200
11. 4. 2023	66,2	33	71	200
29. 3. 2023	67,4	29	57	200
Průměrné hodnoty	66,4	34	65	
Min (ČSN 73 6141)	55,0	15	40	100
Max (ČSN 73 6141)		50		

Tabulka 5: Výsledky kontrolních zkoušek pojiva Polybitume E45 RC (PMB 25/55 RC) v roce 2023

Hodnota	Bod měknutí ČSN EN 1426 (°C)	Penetrace ČSN EN 1427 (0,1 mm)
Min	72,0	49
Max	83,0	55
Průměr	77,3 ± 2,5	51 ± 1,9



Obrázek 4: Pokládaná asfaltová směs ACL 22S PMB 25/55-60 (PMB 25/55 RC + 35 % RA)

ACO 11+ PMB 25/55-60 (PMB 45/80 RC + 35 % RA)

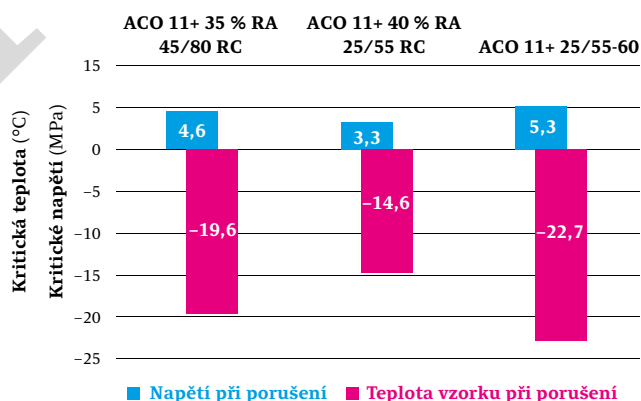
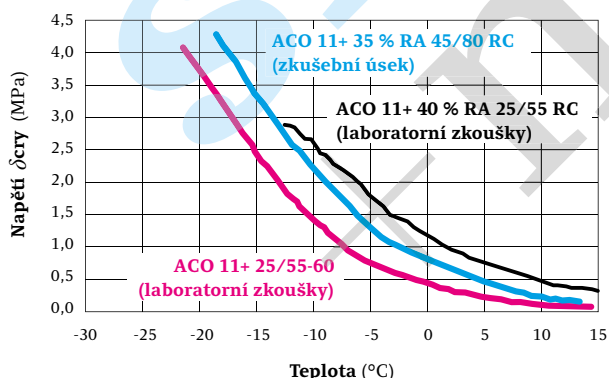
V předchozím díle článku byly v rámci laboratorních návrhů popsány výsledky zkoušek nízkoteplotního chování u směsi ACO 11+ při dávkování pojiva PMB 25/55 RC. Na základě těchto výsledků bylo do směsi na zkušební úseku místo pojiva gradace 25/55 navrženo pojivo gradace 45/80.

Pojivo PMB 45/80 RC použité při výrobě směsi (Polybitume E65 RC) je navrženo tak, aby penetrace pojiva byla v rozmezí 60–80 jednotek. Pojivo se oproti PMB 45/80-65 vyznačuje vyšším stupeň modifikace, který se projevuje vyšší hodnotou elasticity, kterou si pojivo zachovává i po simulaci krátkodobého stárnutí metodou ČSN 12607-1. Charakteristiky pojiva jsou uvedeny v tabulce 6.

Na obrázku 5 jsou zobrazeny výsledky zkoušek nízkoteplotního chování dle ČSN EN 12697-46. Na obrázku je zobrazena směs s 35 % R-materiálu, použitá na zkušební úseku, s PMB 45/80 RC, dále pak laboratorně vyrobená směs s dávkovaným pojivem PMB 25/55 RC a 40 % R-materiálu a směs s pojivem PMB 25/55-60 bez R-materiálu. Směs s 35 % R-materiálu dosahovala vyšší kritické teploty o 3,1 °C oproti směsi bez RA. U směsi s R-materiálem je možné pozorovat významný rozdíl při relaxaci, a i dosažená kritická teplota je o 5,0 °C vyšší v případě s pojivem PMB 25/55 RC. Při takto vysokých dávkováních R-materiálu do obrusných vrstev je proto vhodné dávkovat spíše pojivo gradace 45/80, vždy je však nutné zkontrolovat vlastnosti R-materiálu a směsi. U směsi se jedná zejména o odolnosti proti tvorbě trvalých deformací.

Tabulka 6: Vlastnosti a požadavky pojiva PMB 45/80 RC (Polybitume E65 RC)

Vlastnost	Norma	Jednotky	Požadavek	Návrh	Typické hodnoty (výsledky KZ)
Penetrace	ČSN EN 1427	(1/10 mm)	45-80	77	60–80
Bod měknutí	ČSN EN 1426	(°C)	≥55 °C	69,4	70–80
Vratná duktilita	ČSN EN 13398	(%)	≥80	90	≥90
Silová duktilita	ČSN EN 13589	(J/cm ² , 5 °C)	≥3	6,2	≥6
Bod lámavosti	ČSN EN 12593	(°C)	≤-18	-18	≤-18
Vratná duktilita, po RTFOT	ČSN EN 12607-1 + EN 13398	(%)	≥70	87	≥80



Obrázek 5: Výsledky zkoušek nízkoteplotního porovnání směsi ze stavby a směsi z laboratoře (Pozn.: Křivky na obrázku vlevo jsou vyneseny průměry ze třech měření, přičemž vynesena kritická teplota odpovídá teplotě, kdy se poškodilo těleso s nejvyšší kritickou teplotou.)

Tabulka 7: Výsledky kontrolních zkoušek pojiv, empirické vlastnosti dle ČSN 73 6141, ACO 11+ PMB 25/55-60 (PMB 45/80 RC + 35 % RA)

	Penetrace, ČSN EN 1426 (0,1 mm)	Bod měknutí, ČSN EN 1427 (°C)	Vratná duktilita ČSN EN 13398 (%)
Požadavek na pojivo PMB 25/55-60	15–50	≥55	≥40
Pojivo ze směsi ACO 11+	26	67,2	45

Tabulka 8: Výsledky kontrolních zkoušek pojiv, funkční vlastnosti dle ČSN 73 6141, ACO 11+ PMB 25/55-60 (PMB 45/80 RC + 35 % RA)

	$R_{3,2 \text{ kPa}, 60^\circ\text{C}}$ (%)	$J_{nr \text{ } 3,2 \text{ kPa}, 60^\circ\text{C}}$ (kPa^{-1})	$TK_{S(60)}$ ($^\circ\text{C}$)	$TK_{m(60)}$ ($^\circ\text{C}$)	ΔTC ($^\circ\text{C}$)
Pojivo ze směsi ACO 11+	51	0,12	-18,4	-17,2	-1,2



Obrázek 6: ACO 11+ PMB 25/55-60 (PMB 45/80 RC + 35 % RA)

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledky kontrolních zkoušek pojiv ze směsi ACO 11+ po výrobě. Pojivo splnilo požadavky uvedené v ČSN 73 6141. V tabulce 8 jsou uvedeny výsledky funkčních zkoušek. Na tyto parametry se nevztahují žádné požadavky, jedná se však o parametry, se kterými se uvažuje při tvorbě nové specifikace pro PMB pojiva.

Na obrázku 6 je zobrazen zkušební úsek, kde byla položena směs ACO 11+ s 35 % RA. Samotná směs neobsahovala shluky ani slepence R-materiálu a byla homogenní.

Závěr

V tomto článku jsou popsány zkušenosti s výrobou asfaltových směsí pro podkladní, ložní a obrusné vrstvy na obalovně. Při zkouškách směsí i zpětně získaných pojiv bylo dokázáno, že při správném návrhu a volbě vhodných materiálů lze s rezervou splnit požadavky kontrolních zkoušek, a to včetně funkčních parametrů. Rovněž se ukazuje, že **při revizi ČSN 73 6121 bylo správně navrženo, že při výrobě směsi s PMB není nutné použít modifikovaný R-materiál.** To bylo prokázáno např. při zkouškách směsi ACP 22S PMB 25/55-60 se 40 % RA. Při interpretaci zkoušek nízkoteplotního chování lze dojít k závěru, že

pro směsi s vyšším obsahem RA do obrusných vrstev je vhodné použití spíše pojiva gradace PMB 45/80 RC. K návrhu je však nutné přistupovat individuálně, volba gradace pojiva by měla být spojena s kontrolou vlastností pojiva v dávkovaném R-materiálu.

Na výše prezentovaných příkladech bylo také ukázáno, že při správně nastavených podmínkách je možné vyrobit homogenní směsi AC splňující požadavky normy ČSN 73 6121:2023, příloha E.

Ing. Tomáš Koudelka, Ph.D., VIALAB CZ s.r.o.

Ing. Petr Bureš, VIALAB CZ s.r.o.

Literatura

- [1] Kadlec, R. První obalovna asfaltových směsí v České republice umožňující výrobu asfaltových směsí s využitím 90 % R materiálu? [online]. 2021, 5, 1–10 [cit. 2023-07-07]. Dostupné z: <https://asfaltove-vozovky.cz/rocniky/rocnik-2021/>
- [2] Koudelka, T., Bureš, P., Šedina, J., Dostál, F., Mery, T. „100 % Recyklace“ asfaltových směsí na obalovně – první zkušenosti z ČR“. 2023, 1–10 [cit. 2024-19-08]. Dostupné z: <https://asfaltove-vozovky.cz/rocniky/rocnik-2023/>