

# Nízkoteplotní asfaltové směsi

V České republice se nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS) aktuálně téměř nevyužívají, přestože v minulosti byla tato technologie úspěšně použita na několika významných stavbách (tunel Blanka, dálnice D5 aj.). Současný stav je přitom způsoben několika faktory. Mezi nejvýznamnější patří absence poptávky ze strany investorů, nulová bonifikace směsí NTAS oproti za horka vyráběným směsím, požadavek na osvědčení o vhodnosti, kterým nedisponuje žádná přísada na trhu, nutnost změny typu pojiva v projektu aj. Cílem článku je popsat způsoby, jakými lze změnit aktuální stav a zvýšit tak povědomí o výhodách technologie NTAS.

**Klíčová slova:** nízkoteplotní asfaltové směsi, NTAS, WMA, ČSN 73 6120, zhutnitelnost

*In the Czech Republic, low-temperature asphalt mixtures (LTA) are currently hardly used, although in the past this technology was successfully used on several significant construction sites (Blanka tunnel, D5 highway, etc.). The current situation is caused by several factors. Among the most significant are the absence of demand from investors, zero bonusing of LTA mixtures compared to hot mixtures, the requirement for a Certificate of Suitability, which no additive on the market has, the need to change the type of bitumen in the project, etc. The aim of the article is to describe the ways in which the current condition and thus raise awareness of the benefits of LTA technology.*

**Keywords:** low-temperature asphalt mixtures, LTA, ČSN 73 6120, compactability

### Úvod

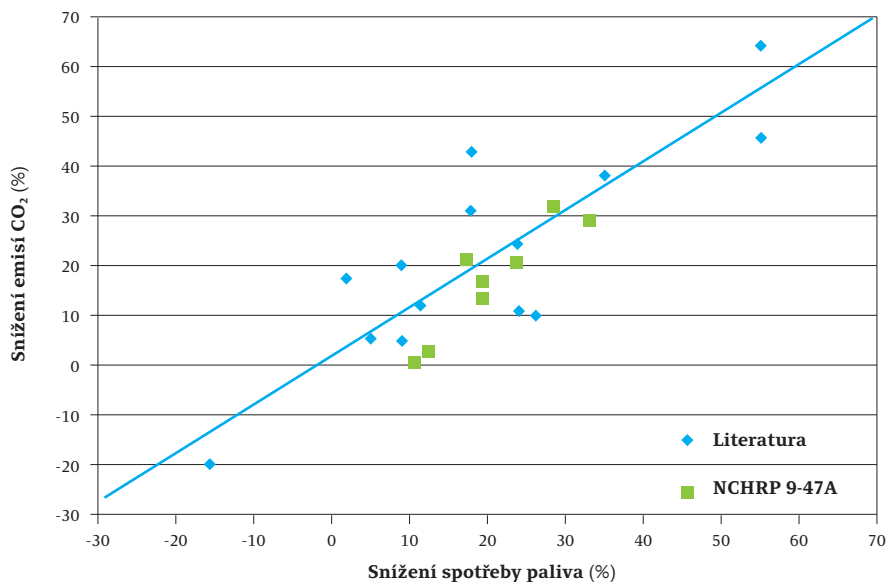
V roce 2024 nelze v žádném případě prohlásit technologii NTAS za novou, neozkoušenou, nebo dokonce bez referencí. Historie používání NTAS sahá až do 90. let 20. století, kdy se první pokusy o dosažení snížení teploty výroby a pokládky asfaltových směsí odehrály v Německu a v Norsku, kdy výrobci hledali odpověď na otázku, jak dosáhnout snížení emisí [1]. Cílem snižování emisí nebyla pouze reakce na Kjótský protokol o změně klimatu, který byl přijatý v roce 1997 a jehož signatáři se zavázali ke snížení emisí v prvním kontrolním období v letech 2008–2012 v průměru o 5 % oproti roku 1990 [2], ale také snaha o snížení expozice pracovníků vůči výparům z asfaltových směsí (v Německu tzv. Maximale Arbeitsplatzkonzentration – MAK). MAK určuje limity pro maximální emisní zatížení pracovního místa, přičemž od 90. let je tento limit průběžně zpřísnován (tabulka 1) [3]. Z údajů je vidět, že během cca 20 let došlo ke zpřísnění emisního zatížení o řád.

Aktuální stav o vývoji expozičních limitů v Německu byl uveden v příspěvku [4], kde se konstatuje, že v aktuálním přechodném období, kdy lze překračovat maximální hodnotu (MAK) 1,5 mg/m<sup>3</sup>, se u standardních za horka vyráběných asfaltových směsí pohybuje hodnota na úrovni 3,5 mg/m<sup>3</sup> až 5,5 mg/m<sup>3</sup>. V příspěvku [4] je zopakován i požadavek na povinné používání NTAS od 1. 1. 2025 v Německu. Například ve studii [10] je uvedeno, že použití NTAS snižuje expozici pracovníků z hlediska TOM (Total Organic Matter – celková organická hmota) o 36 %.

V USA se technologie nízkoteplotních asfaltových směsí prosadila o něco později než v Evropě, kdy první zkušební úsek byl postaven v roce 2004. Od té doby došlo k poměrně významnému rozšíření, které předčí mnohé státy v Evropě. V roce 2011 představovaly WMA v USA (Warm Mix Asphalt – anglické značení nízkoteplotních asfaltových směsí) celkem 19 % celkové výroby, zatímco v roce 2020 to bylo již 46 %. Použití WMA každým rokem

**Tabulka 1:** Vývoj doporučených/stanovených hodnot MAK v Německu [3]

Rok	1996	2001	2018
Limit/doporučení	15 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	1,5 mg/m <sup>3</sup>



**Obrázek 1:** Snížení spotřeby paliva oproti snížení spotřeby CO<sub>2</sub> [10]

přitom roste a jen v roce 2020 došlo v USA díky této technologii k úspoře 0,06 mil. tun až 0,25 mil. tun CO<sub>2</sub> [5, 6]. To je možné z toho důvodu, že při výrobě WMA dochází k úspoře energie (snížení spotřeby plynu, uhelného prachu aj.), a tím pádem i k úspoře CO<sub>2</sub>. Tuto závislost dokumentuje i graf na obrázku 1.

Popsat situaci s použitím NTAS v Evropě je poměrně komplikované, protože jednotlivé státy neposkytují dostatečná data. Výjimkou je například Francie, kde se dle údajů EAPA [7] podílely v roce 2022 směsi typu NTAS na celkové výrobě z 25 %, přičemž trend je stoupající, protože od roku 2019 se podíl NTAS na výrobě asfaltových směsí zdvojnásobil. Jedním z důvodů, proč může docházet ke zvýšení produkce směsí NTAS ve Francii, je například fakt, že se organizace v rámci IDRRIM (organizace sdružující veřejné a soukromé organizace v oblasti dopravní infrastruktury) zavázaly vyrábět více než 80 % produkce asfaltových směsí v roce 2030 jako nízkoteplotní. V tomto případě by měla být teplota výroby nižší než 150 °C. V doporučení IDRRIM [8] je uvedeno, že snížení teploty výroby o 30 °C může snížit spotřebu energie v průměru o 12 % a zároveň snížit emise v pracovním prostoru obsluhy v průměru o 75 %.

V České republice byla výroba NTAS v roce 2022 dle údajů v literatuře [9] nulová a například Eurovia CZ použila směsi NTAS naposledy v roce 2018 právě při rekonstrukci dálnice D5 u Rozvadova.

Důvody, proč v ČR nejsou používány nízkoteplotní asfaltové směsi, byly diskutovány například na jednání pracovních týmů 6 a 7 při Sdružení pro výstavbu silnic a v nedávné době také přímo na jednání Komise pro problematiku asfaltových technologií Ředitelství silnic a dálnic. Jak již bylo naznačeno v úvodu článku, tento stav je způsoben zejména chybějící poptávkou ze strany investorů, tlakem na konečnou cenu asfaltové směsi, nulovou bonifikací, nezohledněním dalších externalit (snížení emisí, menší stárnutí pojiva, jednodušší zhutnitelnost aj.), nutností projít procesem záměny pojiva nebo požadavkem na získání osvědčení o vhodnosti (OVH) v případě, kdy se nízkoteplotní

lotní přísada dávkuje na obalovně. Kuriozní je, že pokud se stejná nízkoteplotní přísada použije již při výrobě asfaltového pojiva v terminálu, pak OVH není nutné vypracovávat. V již zmiňované příručce IDRRIM [8] je uvedeno, jakým způsobem lze dopomoci k rozšíření používání NTAS. Jednotlivá doporučení jsou uvedena v následujícím odstavci.

### Uzpůsobení trhu pro rozšíření technologie NTAS – příklad z Francie

V dokumentu [8] jsou uvedena doporučení, pomocí nichž má být dosaženo vytyčených cílů.

#### Doporučení 1: Vyrábět současné typy směsí při teplotě nižší než 150 °C

Všechny asfaltové směsi s pojivy gradace 35/50, 50/70 nebo měkčími (v případě použití R-materiálu) musejí být vyráběny při teplotách nižších než 150 °C za dodržení dalších doporučení: směsi jsou pokládány výhradně mechanizovaně, ruční pokládka je omezena, při pokládce by měla být okolní teplota vyšší nebo rovna 10 °C, nemělo by pršet a rychlost větru by měla být maximálně 30 km/h a doba dopravy z výroby by měla být kratší než 1,0 hod. V případě použití tvrdých asfaltů (10/25 nebo 15/25), modifikovaných asfaltů nebo směsí typu BBTM je nutné věnovat zvýšenou pozornost okrajovým podmínkám pokládky.

#### Doporučení 2: Zvýšit četnosti kontrol teploty směsi

Měření teploty při výrobě umožňuje ekonomicky posoudit spotřebu energií. Je proto doporučeno měřit teploty při výrobě a vztahovat je k teplotám směsí na stavbě při zvážení času dopravy a doby čekání na vykládku. Výrobní teploty směsí mohou být požadovány odběratelem směsi nebo investorem, aby se posoudilo, zda výrobní teploty odpovídají stanoveným závazkům. Měření se provádí dle EN 12697-13 v minimální četnosti jednou na každých 200 t asfaltové směsi.

### Doporučení 3: Podniknout kroky pro přizpůsobení trhu, aby se vyhovělo stanoveným závazkům

Minimálně by se zadávání zakázek mělo upravit tak, aby odpovídalo doporučení 1 výše. To znamená, že po výrobcích je požadováno, aby vyráběli směsi při průměrné teplotě nižší než 150 °C, přičemž výrobce uvede způsob, jakým dojde ke snížení teploty. Výrobci jsou povzbuzováni, aby snížili teploty výroby směsi alespoň o 30 °C, tj. pro pojivo 50/70 by měla být průměrná výrobní teplota 130 °C a maximální pak 140 °C. Následně by mělo dojít k zavedení environmentálních kritérií, jako např. spotřeba energie, emise skleníkových plynů nebo třeba spotřeba přírodního kamenu v případě používání R-materiálu. Pro posouzení je možné použít například software SEVE (<https://www.seve-tp.com/>).

### Doporučení 4: Uzpůsobit normovou základnu

Při každé revizi norem zohlednit technologický rozvoj na poli snižování výrobních teplot a ukotvit ho v revidovaném předpisu bez toho, aniž by došlo ke zhoršení dalších technických parametrů materiálů.

### Doporučení 5: Utvořit pracovní skupinu pro monitoring používání NTAS

Utvořit pracovní skupinu, která bude monitorovat rozvoj technologie, stejně tak jako problémy při realizaci. O vývoji se bude pravidelně informovat.

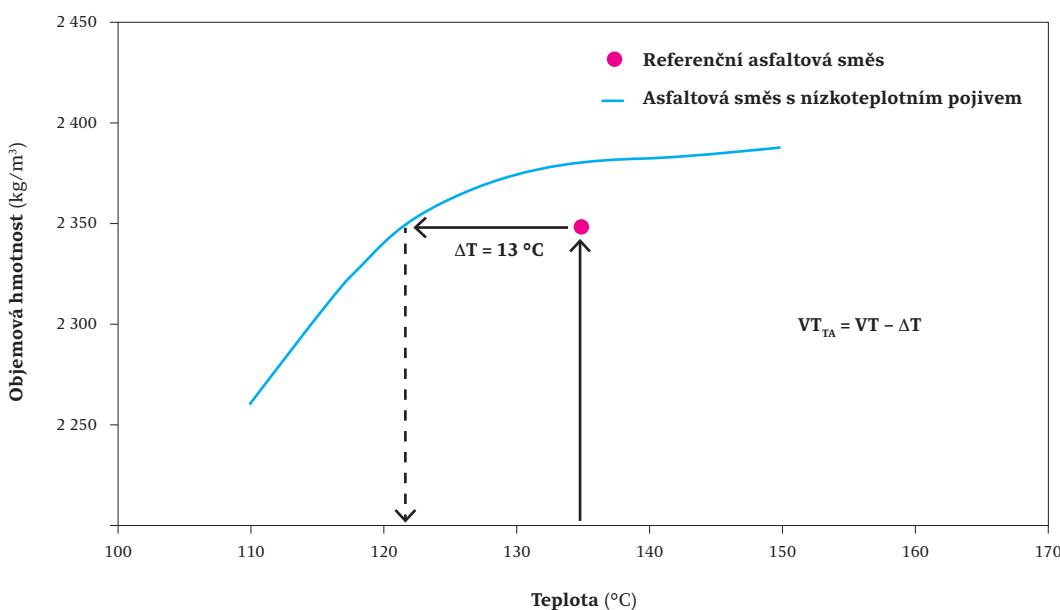
## Normová základna pro směsi NTAS v České republice

Požadavky pro NTAS jsou v České republice specifikované v normě ČSN 73 6120 z roku 2021. V této normě je mimo jiné uvedeno, že NTAS se vyrábí a rozprostírají při teplotách vyšších než 120 °C a snižují pracovní teplotu minimálně o 15 °C. Z hlediska návrhu a posouzení se NTAS posuzují a navrhují stejnými postupy jako za horka vyráběné asfaltové směsi a musí splnit stejné návrhové parametry (mezerovitost, tuhost, únava aj.). NTAS jsou použitelné pro všechny TDZ a všechny vrstvy. V normě jsou rovněž uvedena specifika týkající se výroby, skladování a přepravy. V příloze K této normy je také uveden postup pro návrh referenční teploty hutnění.

### Posouzení nízkoteplotních přísad z hlediska přílohy K normy ČSN 73 6120

V příloze K je uveden postup pro stanovení teploty výroby Marshallových těles. Pro stanovení určující teploty hutnění ( $VT_{TA}$ ) se hutní vždy minimálně tři tělesa při teplotách 110 °C, 120 °C, 130 °C a 150 °C. Následně se do grafu vynese závislost zhuštěné objemové hmotnosti na teplotě hutnění a hledá se objemová hmotnost, která odpovídá referenční objemové hmotnosti u směsi bez přísady. Graficky je způsob určení teploty  $VT_{TA}$  uveden na obrázku 2.

Druhým požadavkem pak je ověření minimální mezerovitosti směsi, aby se zabránilo neúměrnému zvýšení množství dávkovaného pojiva, při teplotě hutnění  $VT_{TA}$  při hutnicí energii  $2 \times 100$



**Obrázek 2:** Příklad zjištění požadované teploty hutnění, viz příloha K normy ČSN 73 6120:2021

**Tabulka 2:** Porovnání požadavků na návrhovou mezerovitost směsí typu asfaltový beton z ČSN 73 6121:2023 a požadavků na minimální mezerovitost při zvýšené hutnicí energii v příloze K normy ČSN 73 6120:2021

Norma: rok	Hutnicí energie	ACO 11+/16+	ACL 16/22 S/+	ACP 16/22 S/+
ČSN 73 6121:2023	2 × 50	2,5–4,0	4,0–6,0	4,0–7,0
ČSN 73 6120:2021	2 × 100	min. 2,5	min. 2,5	min. 2,0

**Tabulka 3:** Údaje o použité asfaltové směsi

<b>Typ směsi</b>	Asfaltový beton pro obrusné vrstvy ACO 11+
<b>Gradace pojiva</b>	PMB 25/55-60
<b>Ref. teplota hutnění</b>	160 °C
<b>Dávkování přísady</b>	0,5 % a 1,0 % z hm. pojiva
<b>Ref. obsah pojiva ve směsi</b>	5,9 %
<b>Mezerovitost, 2 x 50 při 160 °C</b>	3,0 % (návrh 2,5 % až 4,0 %)

úderů Marshallova zhuťovače. Je stanoveno, že pro podkladní vrstvu nesmí být mezerovitost menší než 2,0 % a pro obrusnou a ložní vrstvu 2,5 %. V tabulce 2 je uvedeno srovnání požadavků na mezerovitost z normy ČSN 73 6121:2023 a požadavků na minimální mezerovitost při zvýšené hutnicí energii v příloze K normy ČSN 73 6120.

Při pohledu na hodnoty v tabulce 2 je zřejmé, že požadavek přílohy K normy ČSN 73 6120 je například pro směsi AC pro obrusné vrstvy stanoven nelogicky, protože minimální požadavek při dvojnásobné hutnicí energii odpovídá minimální hodnotě mezerovitosti, ale pro standardní hutnicí energii 2 x 50 úderů Marshallova zhuťovače.

### Technologie pro výrobu NTAS

Uvádí se, že při výrobě nízkoteplotních asfaltových směsí lze snížit teplotu výroby v rozmezí 20 °C až 50 °C [10, 11]. Dosažené teplotní snížení je závislé na použité technologii. Nejjednodušeji lze nízkoteplotní technologie rozdělit do 3 kategorií:

- ▶ zpěňování;
- ▶ organické přísady;
- ▶ chemické přísady.

Někdy se uvádí i 4. kategorie, a to je kombinace některých z výše uvedených možností.

Mezi organické přísady lze zařadit například vosky nebo amidy, které musejí být vybrány s ohledem na jejich bod tání (vosky), aby nebyl tento nižší než provozní teploty na vozovce, a s ohledem na nízkoteplotní chování. Tyto přísady zpravidla mění viskozitu asfaltového pojiva. Tato změna viskozity je poměrně jednoduše popsatelná zkouškou přechodu změny fáze, kdy dochází k odlišnému chování pojiva v důsledku smykového namáhání. Některé výsledky reologických zkoušek nízkoteplotních pojiv s organickými přísadami jsou uvedeny například v [12].

Chemické přísady na druhou stranu nemění viskozitní chování pojiv, ale účinkují jako povrchově aktivní látky na rozhraní pojiva a kameniva. Tím pádem se snižuje třecí síla a usnadňuje se tak hutnění. Tuto vlastnost je složité popsat pomocí standardních laboratorních zkoušek.

Technologie zpěňování spočívá na principu vsřiku malého množství vody do asfaltového pojiva. Voda se následně mění v páru, zvětšuje objem pojiva a krátkodobě snižuje jeho viskozitu. Zvětšování objemu pojiva usnadňuje obalování kameniva i při nižších teplotách a zbytková vlhkost ve směsi usnadňuje hutnění. Pro usnadnění zpěňování lze použít různé hydrofilní přísady jako například zeolity. Při použití technologie zpěňování je však nutné věnovat zvýšenou pozornost zkoušce odolnosti proti vodě.

### Osvědčení o vhodnosti

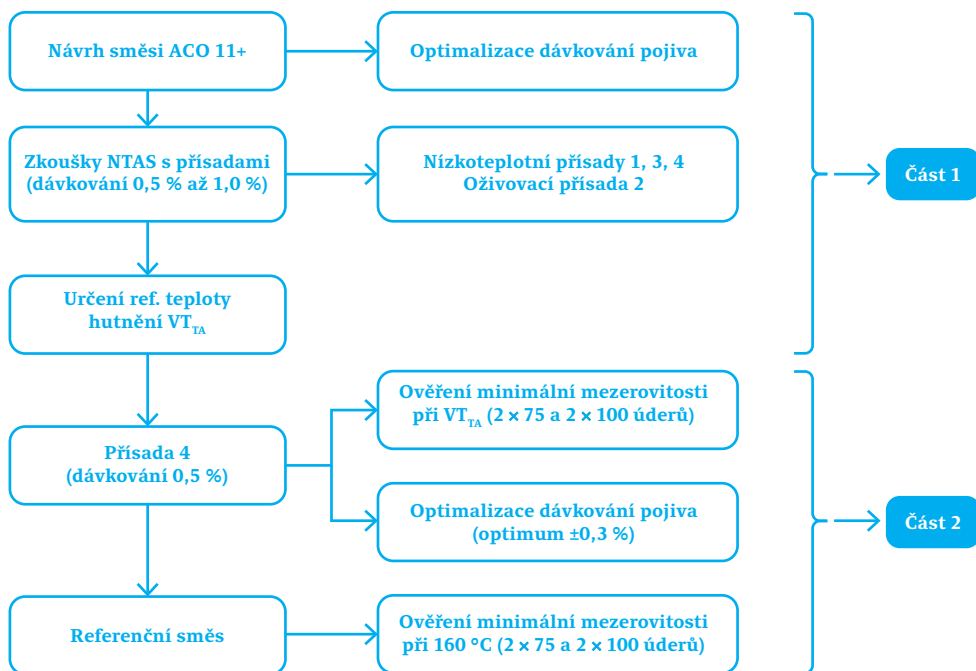
Požadavky na vhodnost výrobku jsou uvedeny v metodickém pokynu (Systém jakosti v oboru pozemních komunikací – SJ-PK) [13], který schvaluje Ministerstvo dopravy. V metodickém pokynu se uvádí, že pro výrobky, pro které „... nejsou dány ČSN, TP schválenými Ministerstvem dopravy, EN/ENV, případně jejich návrhy, TKP/ZTKP, stanoví tyto na žádost výrobce Ministerstvem dopravy pověřený subjekt vydáním osvědčení o vhodnosti výrobku.“ Osvědčení o vhodnosti výrobku je jeho technickou specifikací ve vztahu k jeho zamýšlené funkci. OVH mimo jiné postihuje technické charakteristiky výrobku. Tyto technické požadavky jsou aktuálně voleny arbitrárně bez jasné metodiky, jak se dané charakteristiky volí. V případě nízkoteplotních přísad bylo na 44. jednání pracovního týmu 6 uvedeno, že jeden z faktorů, proč se nepoužívají NTAS, je právě chybějící OVH pro přísady, které jsou na trhu. Toto OVH chybí i pro přísady, které byly vyzkoušeny v České republice nebo v zahraničí a o jejichž využití jsou vedeny podrobné záznamy jako například v literatuře [14].

V dokumentu [14] jsou popsány technologické zásady týkající se používání technologií pro výrobu NTAS, environmentální posouzení spotřeby energií, ale zejména jsou detailně popsány zkušenosti z výstavby vozovek ve Francii pomocí NTAS. Tyto úseky byly hodnoceny v časovém intervalu až 5 let od poklady. Mezi posuzované technologie patřily například 3 ELT (Colas), Tempera (Eurovia) nebo EBT (Eiffage), Azalt ECO (Total). Při realizaci zkušebních úseků byly použity jak speciální směsi typu BBTM, tak i asfaltové betony. Bylo konstatováno, že z hlediska trvanlivosti nebo výskytu poruch nedocházelo u směsí NTAS k odlišnému způsobu degradace než u referenčních směsí.

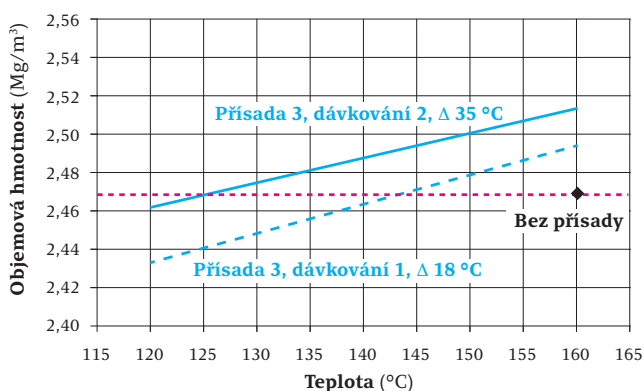
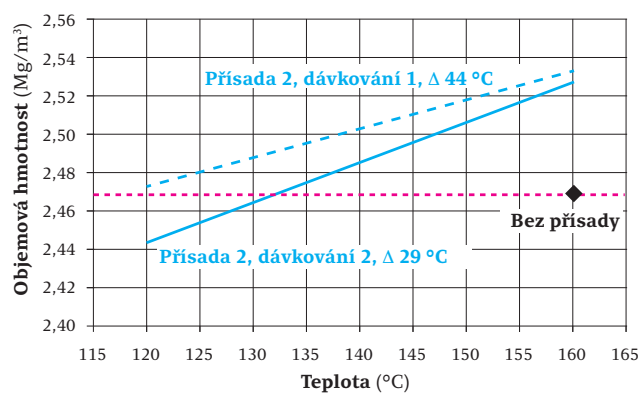
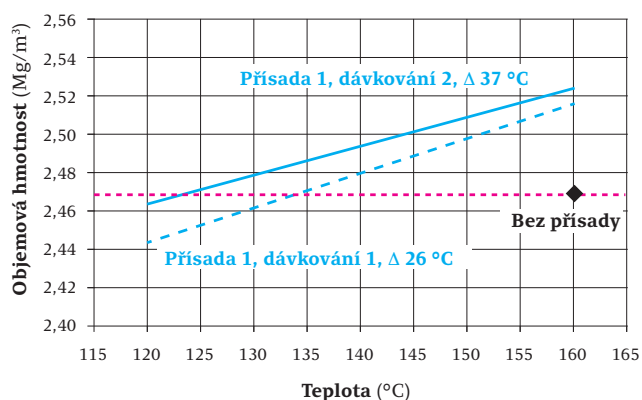
### Výsledky zkoušek zhuťitelnosti dle přílohy K normy ČSN 73 6120

V rámci jednání již zmíněného odborného týmu 6 pro asfaltové směsi bylo konstatováno, že metodika uvedená v příloze K normy ČSN 73 6120:2021 nefunguje pro některé typy směsí nebo přísady a účinnost přídatku přísad nelze prokázat. Proto byl tento postup ověřen. Pro posouzení byla zvolena směs typu asfaltový beton ACO 11+ (tabulka 3). Postup zkoušení je zobrazen na obrázku 3.

Při výrobě směsí byly použity tři nízkoteplotní přísady od třech různých dodavatelů a jedna oživovací přísada. Nízkoteplotní přísady lze zařadit do kategorie povrchově aktivních látek. Cílem těchto zkoušek bylo ověření postupu pro návrh referenční teploty hutnění v příloze K.



Obrázek 3: Vývojový diagram pro postup prací

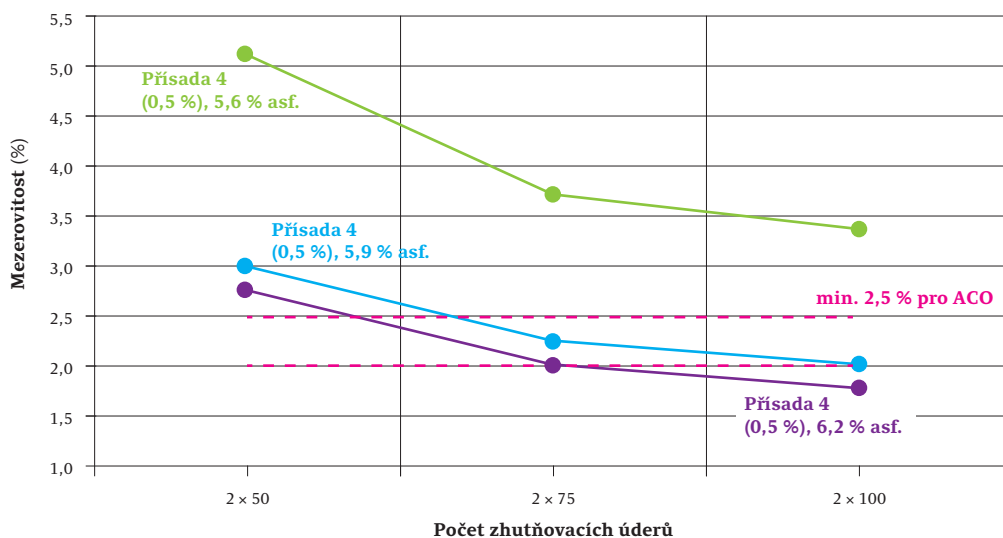


Obrázek 4: Výsledky zkoušek zhutnitelnosti, nízkoteplotní přísady 1 a 3 a oživovací přísada 2

Tabulka 4: Výsledky zkoušek zhutnitelnosti, přísady 1–4

	Druh přísady	Snížení teploty (°C)
<b>Přísada 1</b>	Nízkoteplotní	26–37
<b>Přísada 2</b>	Oživovací	29–44
<b>Přísada 3</b>	Nízkoteplotní	18–35
<b>Přísada 4</b>	Nízkoteplotní	24 (jedno dávkování)





**Obrázek 5:** Vývoj mezerovitosti směsi v závislosti na hutnicí energii a obsahu pojiva ve směsi, teplota hutnění 135 °C

Zkušební plán měl dvě části. V první části se ověřil vliv přísad 1–3 na zhutnitelnost směsi s cílem zjistit, zda se mění objemová hmotnost s teplotou hutnění při dávkování přísady na úrovni 0,5 % a 1,0 % z hm. pojiva a zda lze považovat postup v příloze K jako funkční pro směs typu ACO 11+. V této první části se zvolily teploty hutnění 160 °C, 140 °C a 120 °C a obsah pojiva ve směsi byl na optimu, tj. 5,9 %. Výsledky zkoušek jsou graficky zobrazeny na obrázku 4.

Z výsledků na obrázku 3 vyplývá, že všechny přísady byly schopné snížit referenční teplotu hutnění  $VT_{TA}$ , a to včetně přísady 2, která je oživovací (to znamená, že některé přísady na trhu mohou mít hybridní efekt). Zároveň ve všech případech došlo ke snížení teploty  $VT_{TA}$  o více než 15 °C, tj. všechny přísady byly schopny splnit požadavek na nízkoteplotní směsi. Dále je nutné upozornit na skutečnost, že oživovací přísady mají za primární účinek změkčení pojiva. Proto musí být věnována zvýšená pozornost parametru odolnosti proti trvalým deformacím.

Po ověření funkčnosti postupu se přistoupilo k části 2, kdy se zkoušela přísada 4 při dávkování na úrovni 0,5 %. Teploty hutnění odpovídaly požadavkům normy, tj. 150 °C, 140 °C, 130 °C, 120 °C a 110 °C. Vypočítaná snížení referenční teploty hutnění  $VT_{TA}$  jsou tabelárně uvedena pro přísady 1–4 v tabulce 4.

Při referenční teplotě hutnění byla směs s přísadou 4 hutněna při hutnicí energii 2 × 75 úderů Marshallova zhutňovače a následně 2 × 100 úderů, aby se mohl vyhodnotit požadavek na minimální mezerovitost. Tento hutnicí pokus byl proveden i s obsahem pojiva optimum  $\pm 0,3$  %, tj. 5,6 % a 6,2 % dávkovaného asfaltu.

Z výsledků na obrázku 5 vyplývá, že při dávkování pojiva na optimum měla směs nižší než minimální mezerovitost už při zvolení 2 × 75 úderů Marshallova zhutňovače. Při 2 × 100 úderech měla směs ACO 11+ mezerovitost 2,0 %. Zároveň lze konstatovat, že při snížení obsahu dávkovaného pojiva na úroveň 5,6 % splnila směs požadavek na minimální mezerovitost.

Z výsledků vyplývá, že pro splnění požadavků přílohy K normy ČSN 73 6120 na minimální mezerovitost by se musel snížit

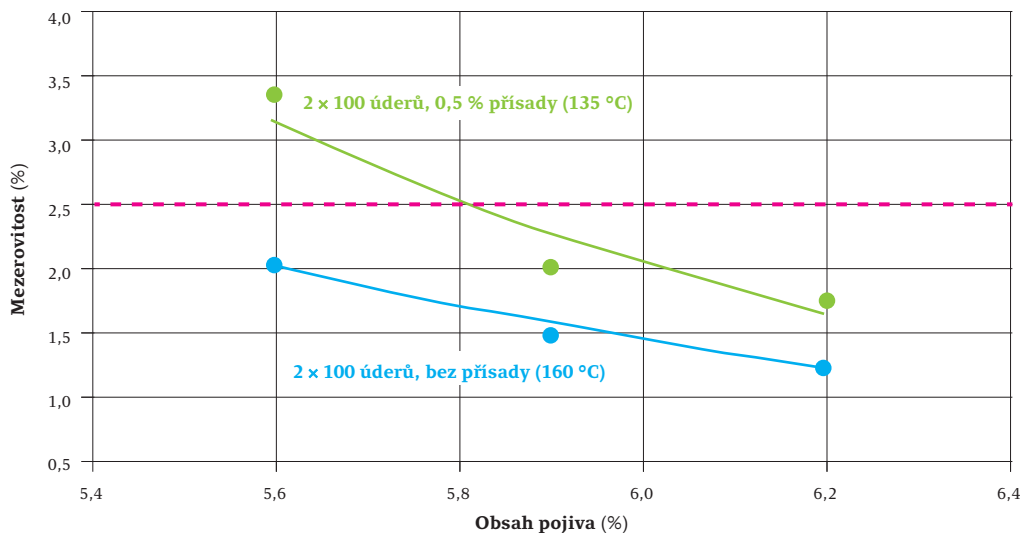
obsah pojiva ve směsi, čímž by se šlo proti smyslu revize normy ČSN 73 6121, kde se u vydání z roku 2023 naopak minimální obsah pojiva zvyšoval oproti požadavkům z roku 2019, např. u směsi ACO 11+ to bylo z 5,6 % na 5,7 % rozpustného pojiva. Z toho důvodu bylo přistoupeno v dalším kroku k ověření požadavku na minimální mezerovitost i u referenční směsi bez přísady. Teplota hutnění byla 160 °C. Z výsledků na obrázku 6 vyplývá, že referenční směs (ACO 11+, hutnění při 160 °C) samotná nesplňuje požadavky uvedené v příloze K normy ČSN 73 6120. Z toho důvodu by bylo vhodné, aby se požadavky v příloze K upravily, popřípadě, aby byla rozhodující zkouška trvalých deformací dle ČSN EN 12697-22, která se například u směsi typu ACO 11+ standardně provádí. V případě úpravy požadavku na minimální mezerovitost při zvýšené hutnicí energii 2 × 100 pro obrusné vrstvy (dnes 2,5 %) by bylo vhodné zmírnit tento požadavek, a to tak, aby byla minimální mezerovitost např. 1,5 %.

## Závěr

Článek se zabývá problematikou nízkoteplotních asfaltových směsí (NTAS) a možnostmi jejich širšího uplatnění v běžné stavební praxi v České republice. Na několika příkladech je představeno, že normová soustava je pro uplatnění NTAS připravena, i když některé požadavky by bylo vhodné modifikovat, např. minimální mezerovitost při hutnění 2 × 100 údery Marshallova zhutňovače.

Problémem zůstává nedostatečná poptávka ze strany investorů a z ní vyplývající prozatímní nízká motivace stavebních firem se touto technologií zabývat. Další problém, který přetrvává, je nedostupnost nízkoteplotních přísad, které disponují osvědčením o vhodnosti výrobku. Je ovšem možné předpokládat, že vzhledem k tlaku na snižování energetické náročnosti výroby materiálů, omezování spotřeby paliv a expozicí výparů však bude nutné technologii NTAS využívat v mnohem větším rozsahu než doposud.

Z hlediska získání osvědčení o vhodnosti lze doporučit, aby se ověřování vlivu přísad na vlastnosti směsi provádělo u smě-



**Obrázek 6:** Vývoj mezerovitosti směsi v závislosti na obsahu pojiva ve směsi při hutnění 2 × 100 úderů (porovnání referenční směsi a směsi s přísadou 4)

si, které jsou jednodušeji zhutnitelné, např. ACO 11+. Je možné, že u hůře zhutnitelných směsí jako např. ACP může být použití Marshallovy metody problematické. Proto by bylo vždy vhodné, aby se provedl hutnicí pokus na stavbě, kdy se ověří referenční teplota  $V_{T_A}$ .

Při posuzování účinku přísad by bylo vhodné, aby se nebral ohled na požadavek na minimální mezerovitost při zvýšené hutnicí energii, který je stanoven nelogicky, když požadavek na minimální mezerovitost u směsi AC pro obrusné vrstvy je při hutnění 2 × 50 úderů 2,5 % (ČSN 73 6121) a při hutnění 2 × 100 rovněž 2,5 % (ČSN 73 6120), viz porovnání parametrů směsí v tabulce 2.

### Poděkování

Príspevek vznikl s podporou Technologické agentury České republiky, projekt CL01000060 „Snižování ropné závislosti při výrobě krytových vrstev netuhých vozovek“.

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

**doc. Ing. Ondřej Dašek, Ph.D., VUT v Brně**

### Literatura

- [1] EAPA (2014) *The use of Warm Mix Asphalt*, European Asphalt Pavement Association, Brussels, Belgium. <https://eapa.org/the-use-of-warm-mix-asphalt-2014/>
- [2] Úřední věstník L130, 15/05/2002 S 004-0020 (2022) Kjótský protokol k rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu
- [3] Johansen, K. (2019), *Fumes from hot bitumen*, Eurovia meeting
- [4] Valentín, V. (2024), *Nízkoteplotní asfaltové směsi – osvěta v Německu*, Silnice Mosty, dostupné online: <https://www.silnice-mosty.cz/2886-nizkoteplotni-asfaltove-smesi-osveta-v-nemecku/>
- [5] Information Series 138 (2011) 2<sup>nd</sup> Annual Asphalt Pavement Industry Survey on Reclaimed Asphalt Pavement, Reclaimed Asphalt Shingles and Warm-Mix Asphalt Usage: 2009–2011, NAPA – National Asphalt Pavement Association

- [6] Information Series 138 (2020) *Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage 2020*, NAPA – National Asphalt Pavement Association
- [7] EAPA Asphalt in Figures 2022, European Asphalt Pavement Association, Brussels, Belgium <https://www.silnice-mosty.cz/2886-nizkoteplotni-asfaltove-smesi-osveta-v-nemecku/>
- [8] IDRRIM (2021) Note D'information N 46 février 2021, Institut Des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité, <https://www.idrrim.com/publications/8277.htm>
- [9] Přehled výroby a zpracování materiálů pro stavbu vozovek v roce 2022 (2023), Sdružení pro výstavbu silnic, Praha
- [10] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2014. *Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/22272>.
- [11] Zaumanis, M., Olesen, E., Haritonovs, V., Brencis, G., Smirnovs, J., (2012) *Laboratory evaluation of organic and chemical warm mix Asphalt technologies for SMA Asphalt*, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 7(3): 191–197
- [12] Dašek, O., Hýzl, P., Koudelka, T. (2021) *Možnosti hodnocení vlastností nízkoteplotních asfaltových pojiv*, *Silnice Mosty 2021*, č. 3, str. 33–39
- [13] Metodický pokyn, *Systém Jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK)* (2020) Schváleno Ministerstvem dopravy, Odborem pozemních komunikací pod č. j. 65/2019-120-TN/6 ze dne 21. ledna 2020 se současným zrušením Metodického pokynu SJ-PK schváleného pod č. j. 65/2019-120-TN/2 ze dne 26. září 2019.
- [14] Guide technique, (2015) *Abaissement de température de mélanges bitumineux*, État de l'art et recommandations, Cerema, IDRRIM, Direction technique infrastructures de transport et matériaux – 110 rue de Paris – 77171 Sourdun, <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/abaissement-temperature-melanges-bitumineux>