

Jaký přístup zvolit k prokázání, zda nízkoteplotní asfaltová směs je skutečně zpracovatelná při snížené teplotě



Doc. Ing. Jan Valentin, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Katedra silničních staveb



Amira Ben Ameer, MSc.
ČVUT v Praze, Fakulta stavební
Katedra silničních staveb

Článek se zaměřuje na aktuálně hojně diskutovanou problematiku prokazování, zda určitá asfaltová směs, kde byla použita vhodná přísada nebo odpovídající technologický proces, splňuje předpoklady pro její zařazení jako tzv. nízkoteplotní asfaltová směs. Vychází se přitom z laboratorního postupu uvedeného v příloze I normy ČSN 73 6120. V praxi se nicméně opakovaně již několik let ukazuje, že normový postup má značná omezení a nedokáže dostatečně postihnout účinek řady přísad nebo technologických úprav, které dle zavedené zahraniční praxe prokazatelně jsou jako nízkoteplotní asfaltové aplikace využívány – tedy včetně možnosti provádět pokládku z hlediska kvality bezpečně při snížené pracovní teplotě. Na příkladu laboratorního posouzení je tento problém demonstrován a je provedeno celkové zamyšlení, jak postupovat v budoucnosti. Potřeba existující normový nesoulad vyřešit je nasnadě, neboť možnost nízkoteplotní asfaltové směsi využívat je zájmem veřejných správců i zhotovitelské sféry.

Klíčová slova: nízkoteplotní asfaltová směs, ČSN 73 6120, charakteristiky asfaltové směsi

The article focuses on the currently widely discussed issue of proving whether a certain asphalt mixture, where a suitable additive or a corresponding technological process was used, meets the requirements for its classification as a so-called low-temperature asphalt mixture. The basis is the laboratory procedure specified in Annex I of the ČSN 73 6120 standard. However, in practice, it has repeatedly been shown for several years that the standard procedure has significant limitations and cannot sufficiently capture the effect of a number of additives or technological modifications that, according to established foreign practice, are demonstrably used as low-temperature asphalt applications - i.e. including the possibility of laying safely at reduced working temperature in terms of quality. This problem is demonstrated using examples of laboratory assessment and a general reflection is made on how to proceed in the future. The need to resolve the existing standard discrepancy is obvious, since the possibility of using low-temperature asphalt mixtures is of interest to both public administrators and the construction sector.

Keywords: low-temperature asphalt mixture, ČSN 73 6120, asphalt mixture characteristics

1 ÚVOD

Důvodem pro sledování trendů a rozvoj nízkoteplotních asfaltových směsí je dlouhodobě sledovaný příklon k zavádění jednotlivých technologických variant této úpravy směsí s cílem postupného dosahování snížené energetické náročnosti a omezené produkce emisí skleníkových plynů i organických výparů. Pojmem „nízkoteplotní“, jak jsme jej v silničním hospodářství před mnoha lety zavedli, označujeme určující způsob technologického řešení, jak při výrobě asfaltové směsi snižovat výrobní teploty při zachování jejich stejného užitného chování, jako mají tradiční asfaltové směsi. Primárně sice hovoříme o výrobě, nicméně potenciál využití nízkoteplotních směsí se nutně neomezuje jen na výrobu jako takovou, ale lze jej využít při pokládce v teplotně méně vhodných měsících nebo při prodlužování vzdálenosti přepravy asfaltové směsi.

Při zavedení nebo rozšiřování uplatnění tohoto typu směsí usilujeme o zachování technických parametrů chování asfaltových vrstev, které u běžných asfaltových směsí očekáváme – dostatečná odolnost proti vzniku trvalé deformace, trvanlivost v podobě požadované odolnosti proti účinkům vody nebo odolnost proti vzniku a šíření trhlin v oboru nízkých teplot nebo jako dů-

sledek dosažení kritické meze únavové životnosti. Vzhledem ke skutečnosti, že využitím potřebných chemických přísad (ať již v asfaltové směsi nebo v asfaltovém pojivu) zpravidla dochází ke zvýšení ceny produktu, očekává se při aplikaci nízkoteplotních asfaltových směsí i jisté zlepšení některých charakteristik užitného chování, které by umožnilo lépe obhájit dražší technologické řešení. Ekonomické stránce problému se přitom dosavadní experimentální a výzkumné aktivity věnovaly jen velmi omezeně, nicméně dlouhodobým důrazem kladeným na funkční charakteristiky a jejich uplatňování při vymezení chování asfaltové směsi výzkum nepřímou na otázku odpovídající ekonomické relevantnosti zvoleného řešení odpovídá, resp. má snahu takové odpovědi přinášet. Aktuálně se však jeví, že prvotní motivací pro větší uplatnění nízkoteplotních asfaltových směsí by měl být příspěvek k celkovému trendu dekarbonizace průmyslu. To je na první pohled bezesporu úctyhodný počín, avšak dává smysl, pokud bude takový přínos v dostatečné míře prokazatelný a bude obhajitelný z pohledu celého životního cyklu výrobku. V tomto ohledu jsme od odpovídajícího přínosu pořád ještě velmi daleko, přičemž důvodem není samotný fakt existence nízkoteplotní asfaltové směsi, ale celkový, a především jednotný přístup, jak takový přínos prokázat. Tato

stránka věci není jednoduchá, pokud se neomezíme jen na cvičení s několika čísly, která poskládáme dohromady a prohlásíme za uhlíkovou stopu produktu.

Minimální přínos z pohledu situace v ČR lze spatřovat v tom, že na základě provedených výzkumů bylo možné v uplynulých 10 letech nejprve zpracovat a vydat technické podmínky Ministerstva dopravy TP 238 a následně od roku 2021 včlenit požadavky na nízkoteplotní směsi do nové technické normy ČSN 73 6120. S odstupem času dnes vnímáme některé slabiny, které s sebou vývoj přináší a které byly již při formulování uvedené normy ve větší míře na ČVUT v Praze známé. K tomu ale později.

Možnosti snížení energetické náročnosti výroby, zpracování a uplatnění asfaltových směsí nelze hledat jen v optimalizaci materiálové základny a užívání vhodných přísad či technických postupů, díky kterým směs vyrobíme při teplotě například o 20 °C nižší. Samozřejmě je to samo o sobě hezký počín, ale jedná se o jeden dílek z mnoha. U kompozitu asfaltové směsi je třeba zlepšovat celý výrobní proces v místních centrech (obalovnách), který zahrnuje co nejdůslednější odizolování trubních vedení, skladovacích nádrží i vlastního míchacího zařízení, stejně jako i zkrácení doby skladování pojiva a vyrobené směsi, což má ve svém důsledku dopad na řadu dalších faktorů, zejména na trvanlivost a životnost výrobku. Obdobně lze docílit nemalých energetických úspor vhodným způsobem skladování kameniva (zakryté skládky s omezeným přístupem vlhkosti). Dalším významným faktorem je míra recyklace, ke které se uchýlíme a kterou budeme schopni efektivně ve výrobě integrovat. Mnohdy vyšší podíl R-materiálu může vytvářet větší pákový efekt než použití konceptu nízkoteplotní asfaltové směsi. Z tohoto důvodu je nezbytný ucelený systémový pohled. Tedy vnímat materiálovou základnu, výrobu, přepravu, rozprostírání a hutnění jako jeden systém dílčích procesů, u kterého je snahou snížit jeho celkovou potřebu vložené energie. Pozornost je přitom třeba věnovat i tomu, kolik energie si s sebou nesou vstupní složky asfaltové směsi, a to včetně použitých aditiv. K čemu bude skvělá přísada, pokud bude její výroba energeticky velmi náročná a budeme ji muset na obalovnu přepravit např. ze vzdálenosti 1 000 km? Souvisejícím krokem je bezesporu postupný přechod na takové zdroje energie či způsoby její výroby, které povedou k průběžnému snižování uvolňovaných skleníkových plynů – především CO₂, jakkoli se pravděpodobně jeho vliv v porovnání s metanem občas nadhodnocuje. Optimalizace celé technologie asfaltových směsí je tak kombinací obou systémů, tzn. části závislé na vlastním produktu (asfaltové směsi) a části závislé na výrobních zařízeních a použitých stavebních strojích.

Uvedené předpoklady či podmínky lze bezesporu zevšeobecnit a hlavně z hlediska využití průmyslových zařízení a strojů pro výrobu nebo při realizaci vlastních staveb co do celkové potřeby energie vymezit hlavní požadavky, jež by měly vést ke snížení energetické náročnosti:

- Omezení spotřeby paliv v důsledku dalšího zlepšení výkonosti pohonů výrobních zařízení a strojů.

- Optimalizace výrobních procesů z hlediska hospodárného zacházení s energetickými zdroji, a to především důslednou přípravou a plánováním jednotlivých procesů (to zahrnuje i minimalizaci energetických ztrát v rámci dílčích procesů).
- Využívání obnovitelných zdrojů, pokud to je v daném místě efektivní a proveditelné, přičemž se to týká jak oblasti výroby energie, tak i oblasti jejich zpracování při současném prokázání nižší energetické náročnosti.
- Diverzifikace energetických zdrojů, která znamená především vhodnou kombinaci zajištění potřebné energie při využívání i přírodních obnovitelných zdrojů (zemní energie, solární energie, teplo získatelné z odpadního vzduchu budov apod.), kombinovaná se snahami nevyužitou energii rekuperovat.
- Znalost energetické náročnosti vstupů a jejich vhodná volba, aby např. nízkoenergetický produkt z hlediska produkce ekvivalentu CO₂ „nezabíjela“ přeprava na větší vzdálenosti.
- Nahlížení na konečné výrobky optikou jejich užitné hodnoty a celkové životnosti, neboť nízkoemisní výrobek, jehož životnost bude poloviční oproti tradiční variantě stejného výrobku, nedává příliš smysl. Ano, v aktuální okamžik vykážeme nižší uhlíkovou stopu, avšak za cenu, kdy například danou asfaltovou vrstvu budeme dříve frézovat a obnovovat.

2 K ZAVÁDĚNÍ A ROZVOJI NÍZKOTEPLNÝCH ASFALTOVÝCH SMĚSÍ

Technologie nízkoteplotních hutněných asfaltových směsí (NTAS) jsou známé od konce devadesátých let, kdy na základě předešlých poznatků se zlepšováním zpracovatelnosti litých asfaltů především v Německu započaly první praktické snahy přenést tento přístup jako technickou výhodu i do oblasti hutněných asfaltových vrstev. Proto první generace NTAS využívaly převážně různé formy syntetických vosků a v omezené míře i minerální přísady podporující efekt napěňování asfaltového pojiva (zpravidla zeolity). Variace technického řešení NTAS se postupem času rozvíjely a například v USA se po roce 2005/6 začala ve větší míře prosazovat i technologie zpěněného asfaltu integrovaná do obalovny. V Evropě se tento přístup plošně neprosadil, naopak se hledala další řešení v podobě vhodných přísad, které by mohly buď rozšířit rodinu již používaných vosků, nebo by byly jejich alternativami. Zde do hry vstoupily chemické přísady zpravidla založené na úpravě povrchového napětí mezi asfaltovým pojivem a kamenivem (v prvním období označované jako tenzidy). V současné době lze dokonce pozorovat, že postupně začaly být právě tyto novější generace přísad častěji voleným řešením. Důvodů může být mnoho – cena, energetická náročnost získávání některých vosků, lepší manipulace s přísadou, protože přísady založené na povrchové aktivitě jsou zpravidla vždy dodávány tekuté, občasné přínosy v oblasti vylepšené přilnavosti nebo eliminace někdy negativního dopadu ztužení asfaltové směsi, které je charakteristické u některých vosků. S řadou těchto přísad a s postupným vývojem jsme měli možnost se seznámit v posledních 20 letech i v ČR.

Vedle toho jsme zavedli v normách na asfaltová pojiva samostatnou kategorii pro tzv. nízkoviskózní asfalty, ověřili jsme si možnosti přímého dávkování přísad při výrobě asfaltové směsi.

Chyběl nám však vhodný normový předpis a tak jsme tuto mezeru zaplnili přílohou I normy ČSN 73 6120.

S tím však vznikla i jistá úskalí, která jsme již například v rámci výzkumných aktivit Centra kompetence CESTI v minulosti u některých případů experimentálních směsí identifikovali. Je-li totiž neexistoval dostatečný soubor podpůrných dat, převzala uvedená normová příloha postupy zavedené v TP 238, které vycházely z původní generace technických předpisů zavedených v Německu (Merkblatt für Temperaturabsenkung von Asphalt (M TA) z roku 2006). Velmi zjednodušeně lze v ČR zavedený přístup shrnout tak, že potenciál snížení pracovní teploty u asfaltové směsi se odvozuje od vztahu mezi objemovou hmotností ztuhlého zkušební tělesa referenční asfaltové směsi (bez přísady) a teplotou, při které je docíleno této objemové hmotnosti v případě NTAS. K tomu následně přistupují ještě doplňující ověření, jak je uvádí příloha I normy ČSN 73 6120, ale podstata prokázání potenciálu NTAS je založena na postupu uvedeném v předchozí větě. To dobře funguje v případě, kdy přísada má významnou závislost změny viskozity na teplotě, tedy dokáže při přidání do asfaltové směsi projevit ztekucovací efekt – typicky vosk, který při dosažení bodu skápnutí řádově změní svou viskozitu a její nízká hodnota bezprostředně ovlivní viskozitu, resp. zpracovatelnost asfaltové směsi. Bohužel tento jednoduchý princip nemusí fungovat u přísad, které jsou svou podstatou založené na jiném fyzikálním či chemickém mechanismu. A to představuje momentální složitost, se kterou se při větším zastoupení přísad upravujících povrchové napětí (aktivitu) mezi pojivem a kamenivem potýkáme. Zde totiž nejde o viskozitu asfaltového pojiva upravenou například voskem, ale o vzájemné intereagování mezi minerálními složkami a asfaltovým pojivem.

3 PŘÍKLAD POROVNÁNÍ NTAS SE TŘEMI PŘÍŠADAMI

3.1 Vymezení experimentální studie

V rámci laboratorní studie zpracovávané pro stavební praxi byla zvolena standardní směs ACO 11+ s pojivem 50/70 a běžným slabě kyselým kamenivem. Zkušební válcová tělesa byla hutněna rázovým zhutňovačem s počtem 2x50 úderů, neboť jsme již v minulosti ověřili, že použitím gyrátoru, kterým je ČVUT v Praze jako jediné pracoviště v ČR vybaveno, není jiných poznatků dosaženo. Pro výrobu zkušebních těles byly v souladu s přílohou I normy ČSN 73 6120 zvoleny teploty 110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C a 150 °C. Receptura asfaltové směsi vycházela z platné a schválené zkoušky typu. V prvním kroku byla vyrobena směs referenční (bez jakékoli přísady pro NTAS), která byla hutněna při všech výše uvedených teplotách. Následně byla tatáž směs vyrobena s přídavkem 0,4 %-hm. přísady NT-A v asfaltovém pojivu. V dalších krocích byla aplikována přísada FT parafínu (Sasobit) s dávkováním 3 %-hm. asfaltového pojiva a přísada NT-B v množství 0,5 %-hm. asfaltového pojiva. Přísady NT-A a NT-B reprezentují dva komerční výrobky založené na principu povrchově aktivních látek odlišného původu. Všechny uvedené přísady byly nejprve dávkovány do asfaltového pojiva, kde byly při teplotě 150 °C po dobu 15–20 minut míchány laboratorním stojanovým míchadlem při cca 300 ot./min.

U všech vyrobených zkušebních těles byla stanovena objemová hmotnost ztuhlého zkušební tělesa, došlo ke stanovení maximální objemové hmotnosti asfaltové směsi a výpočtu mezerovitosti. V dalším kroku byla pro všechna zkušební tělesa stanovena tuhost při 15 °C a 0 °C dle ČSN 12697–26, příloha C (metoda IT-CY). V posledním kroku došlo k seříznutí zkušebních těles na 50 mm a k jejich rozpůlení na dvě půlválcová zkušební tělesa – pro každou variantu směsi a teploty hutnění vzniklo celkově 6 zkušebních těles. Tato tělesa byla použita pro zkoušku odolnosti proti šíření trhliny dle ČSN EN 12697–44 a upravené metodiky FSv ČVUT, a to při teplotě zkoušení 0 °C. Úprava metodiky zkoušení spočívá v dále uvedených skutečnostech: (a) použita jsou zkušební tělesa s průměrem 100 mm, a nikoli 150 mm, jak preferuje uvedená norma; (b) tělesa jsou hutněna rázovým zhutňovačem a nikoli gyrátorem; (c) rychlost zatěžování zkušební tělesa činí 2,5 mm/min, a nikoli 5,0 mm/min, jak uvádí norma; (d) zkouška probíhá nejen do dosažení maximální síly (momentu iniciace trhliny), ale pokračuje dále se zachycením postupného šíření (propagace) trhliny, a to do dosažení síly přibližně 0,30 kN, kdy je zkouška ukončena. V důsledku uvedeného lze získat nejen informaci o lomové houževnatosti, jak předepisuje tuto klíčovou charakteristiku lomové mechaniky norma ČSN EN 12697–44, nýbrž i energetické veličiny v podobě lomové energie do maximální síly a celkové lomové energie, včetně možnosti dopočtení kvalitativní charakteristiky indexu pružnosti (flexibility index, FI), který je vztažen k celkové lomové energii a směrnici odtěžovací větve vlastní zkoušky (tedy k části, kde dochází k šíření trhliny).

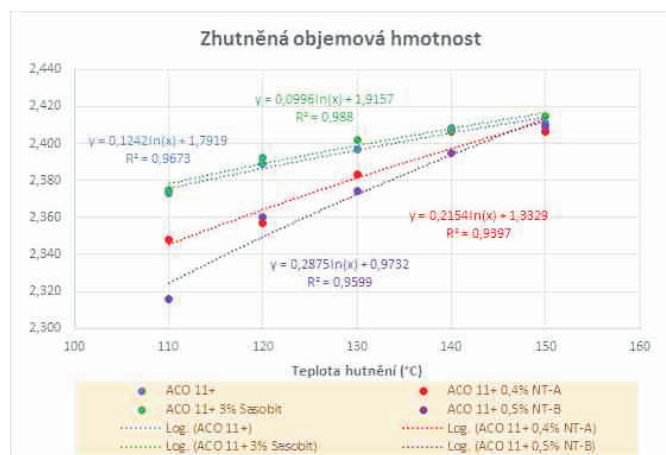
Cílem víceparametrického ověření je zjištění, zda lze některým z uvedených přístupů a souvisejících materiálových charakteristik získat jednoznačný doklad vlivu použitých přísad pro nízkoteplotní asfaltové směsi (NTAS) na její zpracovatelnost při různých teplotách, potažmo na další charakteristiky asfaltové směsi, které nás zpravidla zajímají z hlediska kvality či výkonnosti asfaltové směsi ve vozovce. Důvodem, proč jsme k tomu na ČVUT přistoupili, byla skutečnost, že opakovaně sami máme zkušenost nebo jako zpětnou vazbu získáváme informace z trhu, že postup uvedený v příloze I normy ČSN 73 6120 není průkazný nebo je jen omezeně funkční.

3.2 Vyhodnocení posuzovaných charakteristik

První sledovanou charakteristikou je objemová hmotnost ztuhlého zkušební tělesa a z něj odvozená mezerovitost asfaltové směsi.

V případě objemové hmotnosti ztuhlého zkušební tělesa NTA směsi je v souladu s přílohou I normy ČSN 73 6120 předpokladem, že při porovnání s referenční asfaltovou směsí (hutněné při standardní teplotě, např. ACO 11+ 50/70 při 150 °C) bude objemové hmotnosti NTAS dosaženo při nižší teplotě. Opakovaně se však v tomto případě nedaří především u přísad na bázi povrchově aktivních látek tohoto předpokladu dosahovat a normový postup mnohdy vede k nelogickým nebo neočekávaným výsledkům. Jakkoli se uvedené jeví na první pohled překvapivé, je to do značné míry logické. Metodika uvedená v normě byla v minulosti převzata z německých technických předpisů, které vznikaly před více než 15 lety a byly primárně určené pro přísady

NTAS, které mají ztekucující charakter, tedy zjednodušeně řečeno se jednalo o různé typy vosků. To u povrchově aktivních přísad nemusí vůbec platit, protože princip, jakým pozitivně působí na zpracovatelnost, je odlišný a souvisí s napětím, které vzniká na rozhraní kameniva a pojiva, kdy je tento systém doplněn právě o povrchově aktivní látku, aby zjednodušeně řečeno jednotlivá zrna obalená asfaltovým filmem po sobě snadněji „klouzala“.



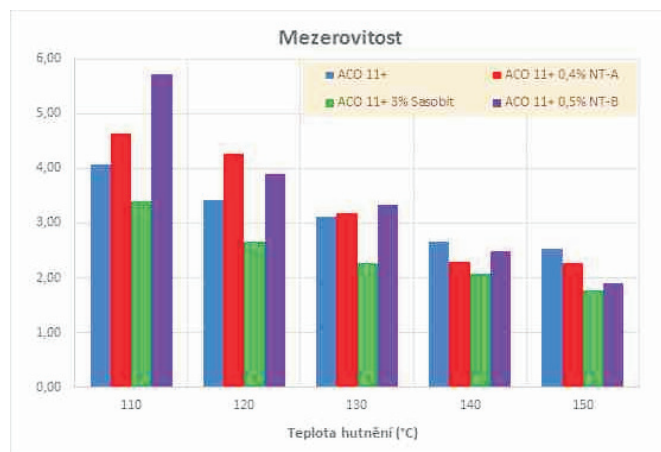
obr. 1 Závislost objemové hmotnosti zhutněného tělesa na teplotě hutnění

U výsledků objemové hmotnosti je patrné, že závislost této veličiny na teplotě může být vyjádřena logaritmickou křivkou, přičemž obecně se bude pravděpodobně očekávat, že má-li být při nižší teplotě hutnění zkušební tělesa vliv přísady pozitivní, bude pokles (tečna) této křivky pozvolnější. Současně by mělo být docíleno průběhu, který v porovnání s referenční směsí bude vertikálně výše položený – tedy objemové hmotnosti referenční směsi (v našem případě 2 411 kg/m³) bude u NTAS dosaženo při nižší teplotě hutnění. Zjištěný stav zobrazený grafem na obr. 1 je však odlišný. Referenční směs ACO 11+ má již při 150 °C mírně vyšší objemovou hmotnost, což znamená, že při této teplotě má nižší mezerovitost v porovnání s variantou, kde je aplikována přísada NT-A nebo NT-B. Důvod této skutečnosti neumíme vysvětlit, protože se na první pohled jeví jako nelogický. Alespoň částečně normová metoda funguje v případě použití přísady FT parafínu, kde je nicméně dosažený efekt mnohem menší, než se obecně u tohoto typu přísad očekává (tedy snížení teploty hutnění o 20–25 °C).

Zásadnější je zjištění, dle kterého má referenční asfaltová směs (ACO 11+) závislost objemové hmotnosti na teplotě v porovnání se směsmi s přísadami NT-A a NT-B menší hodnotu směrnice tečny, tedy referenční směs je méně citlivá na změnu teploty při hutnění. U směsi s NT-A je tento pokles výraznější, v případě přísady NT-B dosahuje směrnice dalšího nárůstu. Uvedené by v praxi indikovalo, že s postupným ochlazováním asfaltové směsi bude pravděpodobně docházet k horší zpracovatelnosti. Na druhé straně varianta s přísadou FT parafínu dosahuje menší hodnoty směrnice, což potvrzuje očekávaný vliv těchto přísad.

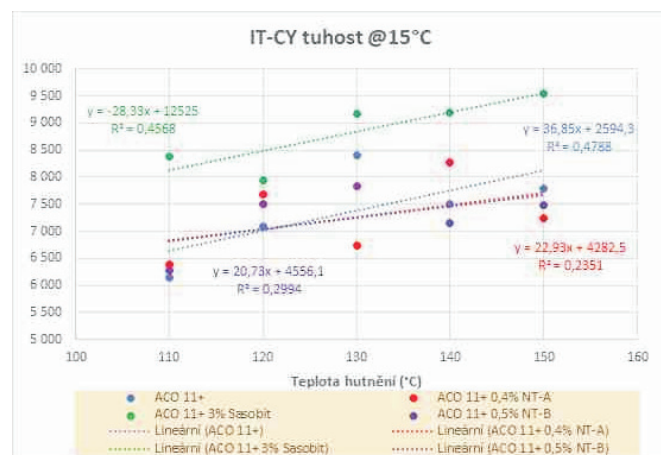
Na obr. 2 jsou poznatky zjištěné u objemové hmotnosti dle očekávání potvrzeny. Zde lze zvolit jiný náhled hodnocení potenciálu přísad pro NTA směsi – splnění normových požadavků pro mezerovitost. Z hlediska návrhu asfaltové směsi by se v případě ACO 11+

měla mezerovitost pohybovat v intervalu 2,5 až 4,0 %-obj. Z tohoto hlediska pro jednotlivé varianty asfaltové směsi platí, že mezerovitost je splněna při dále uvedených teplotách hutnění: (a) 120–150 °C pro ACO 11+; (b) 130 °C pro ACO 11+ s 0,4% NT-A; (c) 110–120 °C pro ACO 11+ s 3% Sasobit; (d) 120–130 °C pro ACO 11+ s 0,5% NT-B. Maximální objemová hmotnost se pohybovala v rozmezí 2 456 až 2 474 kg/m³.



obr. 2 Závislost mezerovitosti asfaltové směsi na teplotě hutnění

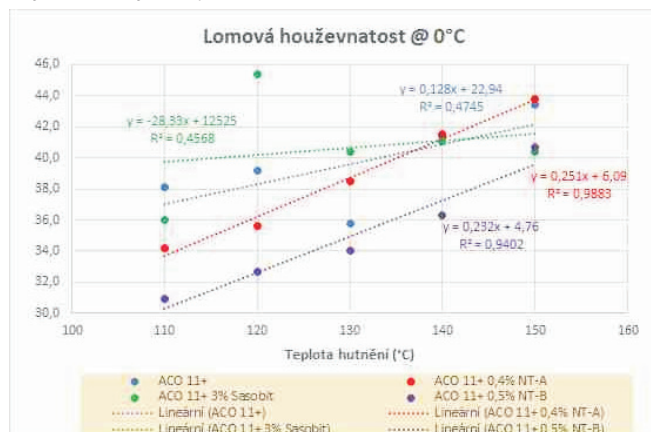
Další charakteristikou, kterou lze u válcových zkušebních těles hodnotit, je jejich tuhost při různých teplotách zkoušky. V případě prezentovaných experimentů byla zvolena standardní teplota 15 °C, která se uvažuje jako určující z hlediska vymezení této deformační charakteristiky při dimenzování asfaltových vozovek. I v tomto případě byla zvolena analýza mezi tuhostí a teplotou hutnění zkušebních těles (obr. 3), přičemž je na první pohled patrné, že hodnoty jsou mnohem více rozkolísané a zvolené funkce trendu mají mnohem nižší koeficienty determinace (max. R²=0,48). Obecně je trend patrný, avšak vyskytují se zde při některých teplotách nelogické výsledky, což je vzhledem ke sledovanému nárůstu mezerovitosti při klesající teplotě hutnění překvapující. Kromě směsi s přísadou FT parafínu se ostatní posuzované asfaltové směsi od sebe dramaticky neodlišují, přičemž se zde při standardní závislosti (lineární), kterou máme na ČVUT z minulosti ověřenou, jeví varianty s CWM a AN jako méně citlivé na vliv teploty hutnění. Pokud by se stanovení tuhosti při některých teplotách (kde vybočují z logiky trendu) vyloučila, bude pravděpodobně průběh závislosti velmi podob-



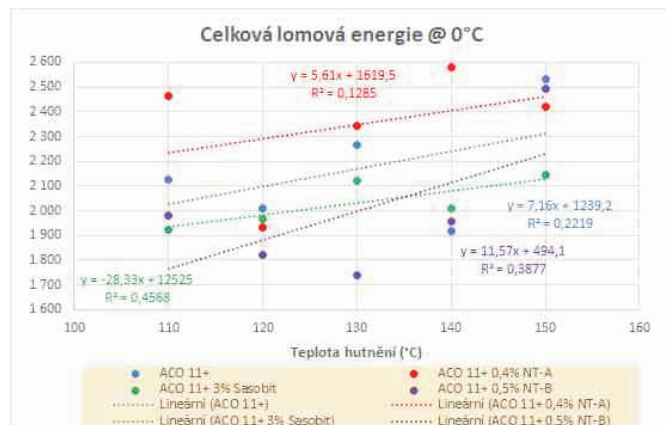
obr. 3 Závislost tuhosti (IT-CY) mezerovitosti asfaltové směsi na teplotě hutnění

ný, a proto se tuhost zatím nejeví jako vhodná charakteristika, kterou by bylo možné ověřit vliv nebo přínos u NTAS. Lze si samozřejmě všimnout, že asfaltová směs s FT parafínem co do tuhosti vybočuje a potvrzuje se dobře známý ztužující efekt tohoto typu parafínu (tedy pokud je zvolen standardní vosk Sasobit a nikoli Sasobit REDUX). Rovněž platí, že u referenční asfaltové směsi modul tuhosti při standardní teplotě hutnění 150 °C splňuje předpoklady, které z hlediska návrhu asfaltových vozovek pro tento typ směsi máme ($S = 7\,500\text{ MPa}$).

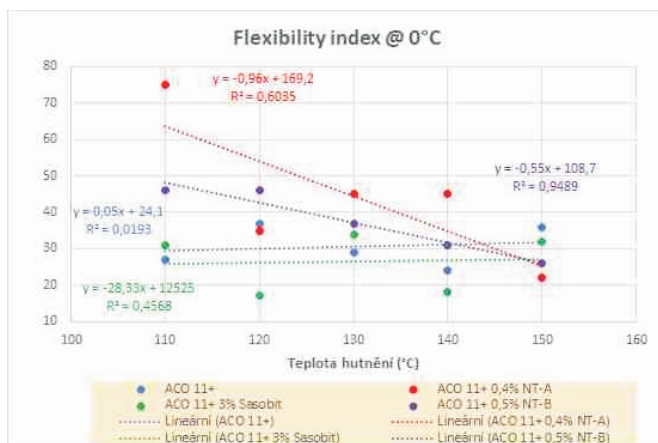
Poslední provedenou zkouškou bylo stanovení odolnosti proti šíření trhliny (SCB zkouška), přičemž v rámci mnohaletého sběru dat u různých typů asfaltových směsí na ČVUT sledujeme celou řadu parametrů: lomovou houževnatost (K_{IC}), lomovou energii do maximální síly ($G_{f,max}$), celkovou lomovou energii (G_f), lomovou práci do maximální síly ($W_{f,max}$), celkovou lomovou práci (W_f), index pružnosti (G_f/m) a další sklonové charakteristiky u odtěžovací větve pracovního diagramu. V odborné literatuře lze nalézt i jiné charakteristiky, jež lze v souvislosti se zkouškou SCB odvozovat a hodnotit. Z hlediska problematiky vlivu teploty hutnění zkušebních těles na chování asfaltové směsi jsme zvolili čtyři z výše uvedených charakteristik (obr. 4–7). Z výsledků v uvedených obrázcích je zřejmé, že silnější závislost je patrná mezi lomovou houževnatostí a teplotou hutnění zkušebních těles. V případě celkové lomové energie, indexu pružnosti (FI) i indexu odolnosti proti vzniku a šíření trhliny (CRI) vykazují zvolené funkce trendu malé koeficienty



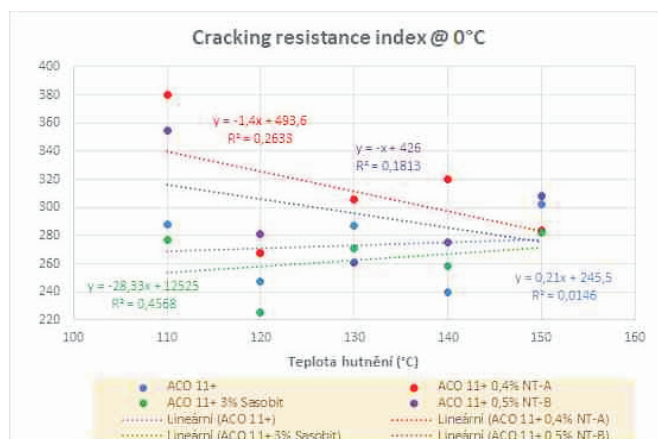
obr. 4 Závislost lomové houževnatosti asfaltové směsi na teplotě hutnění



obr. 5 Závislost celkové lomové energie asfaltové směsi na teplotě hutnění



obr. 6 Závislost indexu pružnosti asfaltové směsi na teplotě hutnění



obr. 7 Závislost indexu odolnosti proti vzniku trhliny asfaltové směsi na teplotě hutnění

determinace a nelze zde v nejmenším usuzovat na jasný trend posuzované závislosti. Je také patrné, že hodnoty jsou v tomto případě značně rozkolísané a zjevně existují jiná hlediska, která mají vliv na výslednou hodnotu těchto dvou sledovaných charakteristik. Pro doplnění uvedme, že charakteristiku CRI by v zásadě nebylo potřebné ani uvádět, neboť vyjadřuje vzájemný podíl mezi celkovou lomovou energií a maximální silou, při které dochází k iniciaci trhliny.

Obdobně jako v případě objemové hmotnosti je i v tomto případě komplikované zvolit vhodné kritérium hodnocení vlivu teploty hutnění například v podobě parametru „a“ zvolené lineární rovnice trendu. Z pohledu porovnání referenční směsi a varianty s přísadou FT parafínu by bylo možné usuzovat, že zvolená přísada pro NTAS je málo citlivá na teplotu hutnění zkušebních těles a vyšší nebo stejné lomové houževnatosti, jako je hodnota referenční směsi těles hutněných při 150 °C, je dosahováno i při nižších teplotách hutnění. Tato skutečnost však již neplatí v případě varianty asfaltové směsi s přísadou NT-A a NT-B, kde jsou naopak hodnoty parametru „a“ vyšší, a tudíž se tyto asfaltové směsi jeví jako více citlivé na vliv teploty hutnění. Navíc je u směsi s přísadou NT-B patrná celkově mírně nižší hodnota lomové houževnatosti. Z hlediska lomové energie navíc tato směs vykazovala dokonce opačný trend oproti zbývajícím posuzované směsi. Tyto skutečnosti potvrzují, že ani charakteristiky odolnosti proti šíření trhliny z hlediska posuzovaného souboru as-

faltových směsí nelze doporučit jako kvalitativní kritéria, která by pomohla posoudit potenciál přísad pro NTAS.

4 SHRNUÍ

Na základě získaných poznatků by sice bylo možné tvrdit, že neexistuje jednoznačný přínos přísad NT-A a NT-B, a současně jen velmi omezený přínos přísady zvoleného FT parafínu, na druhé straně poznatky posilují otázku, zda v ČSN 73 6120 (příloha I) stanovená metodika je nadále vhodná a správná. Posuzované směsi byly přiměřeně zpracovatelné i při nižších teplotách hutnění. Je však třeba zdůraznit, že k zavedení došlo před přibližně 10 lety, a to na základě převzetí přístupu, který byl u prvních generací NTA směsí zvolen v Německu a v té době již téměř dalších 10 let platil. Od té doby samozřejmě z pohledu nízkoteplotních asfaltových směsí došlo k dalšímu vývoji a především vznikly nové přísady, což posiluje nezbytnost normový postup a pravděpodobně celý vlastní přístup posuzování NTAS předefinovat. V tomto článku prezentované výsledky laboratorní studie (a z loňského roku máme minimálně jednu další s podobnými poznatky) používají oproti ČSN 73 6120 upravený postup metodika hodnocení získaných dat. Cílem je posoudit závislost teploty hutnění zkušebních těles na souboru více vybraných charakteristik a nikoli pouze na objemové hmotnosti. Závěry je třeba přesto považovat za předběžné, protože dosud byl upravený postup hodnocení proveden na omezeném počtu asfaltových směsí. Navíc jsme se zaměřili pouze na směs asfaltového betonu pro obrusnou vrstvu. Přesto je i v tomto případě patrné, že nejspíše ani tento upravený přístup není správným směrem, stejně jako byla v minulosti vyloučena vhodnost zavedení hutnění zkušebních těles gyrátorem. Samozřejmě lze souběžně s tím argumentovat, že zvolený přístup a analýza trendu mezi konkrétní charakteristikou a teplotou hutnění zkušebních těles by měla mít technicky vzato opodstatněnou logiku, neboť asfaltová směs je a nadále bude teplotně značně závislý kompozit. Nakolik ale tento přístup může být využitelný pro lepší deklaraci při-

nosu konkrétně posuzované přísady pro NTA směs, však zatím s dostatečnou mírou spolehlivosti říci nelze. Upravený či rozšířený přístup posuzování vlastností asfaltové směsi na teplotě hutnění by však měl být více vypovídající než dosavadní normový postup. Jiným aspektem pak bezesporu je, zda by posouzení mělo probíhat ve zvoleném intervalu 110–150 °C (v případě použitého silničního asfaltu 50/70) nebo by dokonce měla být volena teplota z intervalu 90–110 °C. Přístupy a odborné diskuse vedené například na německém trhu se k tomu dnes mnohem více přiklánějí.

Jiným argumentačním hlediskem však může být i skutečnost, že pokud je asfaltová směs při výrobě zkušebních těles dobře zhutnitelná i při snížené teplotě a pokud nedojde k dramatickému zvýšení mezerovitosti (samozřejmě při zachování obsahu asfaltového pojiva jako v případě referenční směsi), neměla by existovat obava ze zhoršení kvality asfaltové směsi, resp. jejích výkonových parametrů. Ostatně tuto skutečnost do jisté míry výsledky stanovení tuhosti dokládají.

Aby existovala větší podpora našeho tvrzení a platily formulované předpoklady, jsou souběžně posuzovány i další asfaltové směsi s jiným kamenivem a asfaltovým pojivem jiné provenience. Pokud se podobnými opakovanými laboratorními studiemi prokáže, že formulovaná úvaha je správná a funkční, bude skutečně potřebné přistoupit k celkové změně koncepce přílohy I normy ČSN 73 6120.

Článek vznikl za přispění rámcového programu Evropské unie Horizon Europe (výzva HORIZON-CL4-2021-TWIN-TRANSITION-01-11) na základě grantové dohody č 101058580, projektu RECONMATIC (Automatizovaná řešení pro udržitelné a oběhové hospodářství stavebních a demoličních odpadů).

<https://doi.org/10.64720/SO.2025.09.IV02>

Lektorský komentář

Článek se věnuje aktuální a prakticky významné problematice nízkoteplotních asfaltových směsí (NTAS), přičemž podrobně analyzuje jejich technické vlastnosti a kriticky hodnotí současný způsob posuzování jejich zpracovatelnosti podle přílohy I ČSN 73 6120. Autoři správně upozorňují, že použití této metodiky nemusí být vhodné pro všechny typy přísad. Domnívám se, že při hodnocení funkčnosti NTAS směsí nemusíme nutně setrvávat u stávající metodiky založené na porovnávání objemové hmotnosti a teploty hutnění. Alternativní přístup by mohl spočívat ve stanovení technologických hranic výroby – např. maximálních teplot ohřevu kameniva a pojiva, výsledné teploty asfaltové směsi nebo celkové energetické náročnosti výroby. To vše při zachování klíčových parametrů, jako je složení asfaltové směsi, mezerovitost a splnění všech požadavků pro zkoušky typu. Takový přístup by lépe reflektoval systémovou podstatu NTAS jako prostředku k energetickým úsporám a dekarbonizaci bez kompromisu ve výkonnosti.

Ing. Petr Mondschein, Ph.D., Česká silniční společnost z.s.