

Rizika a problémy při používání alternativních materiálů v zemních pracích

Používání alternativních materiálů je nezbytnou součástí aktivního přístupu k ochraně životního prostředí, snižování emisí a redukci uhlíkové stopy. Pomineme-li problémy kontaminace, pak na používání alternativních materiálů v zemních pracích mají vliv potenciální objemové změny vyplývající z přítomnosti volného CaO, volného MgO nebo vysokého obsahu síranů. Největší riziko při používání alternativních materiálů však představuje člověk v důsledku neznalosti materiálů a jejich vlastností.

Klíčová slova: alternativní materiály, environmentální rizika, objemové změny, volné vápno

The use of alternative materials is an important part of an active approach to protecting the environment, reducing emissions, and reducing the carbon footprint. If we leave aside the problems of contamination, the use of alternative materials in earthworks is mainly influenced by potential volume changes resulting from the presence of free CaO, free MgO or high sulphate content. However, the greatest risk in the application of alternative materials is represented by stakeholders as a result of ignorance of the materials and their properties.

Keywords: alternative materials, environmental risks, volume changes, free lime

Úvod

Alternativní materiály, tj. druhotné suroviny a recyklované materiály, se využívají v zemních pracích na stavbách pozemních komunikací po mnoho desetiletí, většinou s pozitivními výsledky. Bohužel, některé negativní zkušenosti přinesly s sebou i určitou skepsi a nedůvěru k některým materiálům, třebaže hlavní příčinou vzniklých problémů nebyly vlastnosti těchto materiálů, ale přístup účastníků výstavby k nim.

Některé alternativní materiály budou hrát v budoucnu významnou roli především jako náhrada přírodního kameniva, jehož zásoby v České republice klesají, jako příměsi do cementu a hydraulických pojiv a v neposlední řadě i jako sypanina do násypů. Je však nutné si uvědomit, že použití alternativních materiálů jako sypaniny je obvykle až poslední úvaha jejich majitelů o jejich využití. Použití alternativních materiálů jako sypaniny přináší nejnižší přidanou hodnotu, a tedy i nejnižší cenu pro jejich majitele nebo producenta.

Na druhou stranu v oblastech s jejich přebytkem (průmyslové oblasti) nebo na stavbách, kde se z titulu svého průběhu mohou objevit (rubanina z tunelů), jsou logickou volbou pro jejich použití v zemních pracích.

V případě používání většiny alternativních materiálů velmi závisí na jejich homogenitě z hlediska materiálového složení, che-

mických a mineralogických vlastností, zrnitosti a dalších geotechnických vlastností. Jinak se budou moci využívat „čerstvé“ materiály z výroby a jinak materiály uložené na starých odvalech, úložištech nebo odkalištích. Materiálům dlouhodobě uložených na odvalech nebo odkalištích je nutné se věnovat a investovat často do jejich třídění, drcení nebo jiné úpravy, aby se z nich stal produkt, který lze nabídnout na stavebním trhu. Jakákoliv úprava, byť jen mechanické třídění, zvyšuje cenu a komplikuje přístup na trh.

Avšak s poklesem zdrojů přírodních materiálů a v důsledku ekonomických a environmentálních tlaků (*Green Deal*) se bude muset i stavební trh s touto skutečností vyrovnat a využívat alternativní materiály po vhodné úpravě jejich vlastností. Příkladem může být pokles zásob čerstvých popílků z důvodu útlumu spalování uhlí a nutnost využívání popílků uložených na odkalištích. Pro použití ve výrobě cementu se musí popílků na odkalištích vysušit, případně se musí upravit jejich zrnitost.

V roce 2024 byly dokončeny TP 268 Alternativní materiály v zemním tělese pozemních komunikací navazující na evropský předpis EN/TR 16907-8 Alternativní materiály v zemních pracích [11], [13]. Oba předpisy shrnují všechny používané druhotné suroviny v zemních pracích. Evropský předpis zahrnuje i recyklaty, které jsou v České republice popsány v TP 210 [12].

Tabulka 1: Přehled zdrojů alternativních materiálů a jejich zařídění podle ČSN EN 16907-2

Skupina	Zdroj	Zatřídění dle ČSN EN 16907-2
A	Průmysl recyklace stavebního a demoličního odpadu	AR
B	Průmysl spalování komunálního odpadu	AM
C	Průmysl spalování uhlí pro výrobu energie	AM
D	Průmysl železa a oceli	AM
E	Průmysl neželezných kovů	AM
F	Slévárenský průmysl	AM
G	Těžební průmysl	AN (AM)
H	Vytěžené přírodní materiály	AN
I	Produkty spalování dalších materiálů	AM
J	Ostatní	AM (AR)

Vysvětlivky:

AM – *manufactured materials* (průmyslové materiály), AN – *natural materials* (přírodní materiály), AR – *recycled materials* (recyklované materiály)

V tabulce 1 je uveden seznam skupin materiálů popsaných v obou předpisech v závislosti na svém původu.

Níže v textu jsou popsána hlavní rizika spojená s používáním alternativních materiálů vycházející především z jejich chemického a mineralogického složení a procesu jejich výroby nebo dalšího zpracování a uložení.

Environmentální rizika

Environmentální rizika vyplývají z chemického a mineralogického složení konkrétního materiálu.

V Evropě existuje pouze jedna země s odlišným přístupem k hodnocení environmentálních aspektů. Jedná se o Velkou Británii, ve které se aplikuje projektový přístup (*project approach*) umožňující hodnocení obsahu škodlivých látek v závislosti na konkrétní stavbě, její lokalizaci a použitých materiálech. Ve zbytku Evropy se používají limitní hodnoty taxativně uvedené v národních legislativních dokumentech.

Na rozdíl od jiných evropských zemí v České republice existují jen jedna kritéria umožňující ukládání jakéhokoliv materiálu na terén, tj. i do zemního tělesa pozemních komunikací, která jsou shrnuta ve vyhlášce č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Ve vyhlášce č. 273/2021 Sb. jsou uvedena kritéria obsahu vybraných kontaminantů v sušině a ve výluhu a limitní hodnoty ekotoxicity pro jakékoliv materiály ukládané na terén [18]. Pro materiály pocházející z těžby nerostných surovin platí zákon č. 157/2009 Sb., o nakládání s těžebním odpadem, který však limitní parametry obsahu kontaminantů neobsahuje [14].

Bohužel zatím nebyla v České republice přijata žádná zákonná norma, která by řešila možnosti používání materiálů v zemních pracích v závislosti na jejich umístění v zemním tělese nebo ve stavebním výrobku, jak je tomu v jiných zemích Evropské unie (např. francouzský předpis *Contrôle environnemental relatif à l'emploi des matériaux alternatifs – Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière*) [10], nebo by deklarovala parametry materiálů, kdy přestávají být odpadem (*end-of-waste*).

V praxi se nejčastěji s problémy z hlediska použití alternativních materiálů v zemních pracích z hlediska environmentálních parametrů setkáváme u následujících skupin materiálů:

- recyklované materiály, především asfalt;
- produkty ze spalování komunálního odpadu, jak popílky, tak škvára;
- materiály ze zpracování neželezných kovů;
- materiály z těžby pod vodou, především jemnozrnné zeminy vytěžené v kanálech a přístavech;
- produkty ze spalování jiných materiálů, než je uhlí.

Produkty ze spalování uhlí (popílky, škvára, elektrárenská struska, fluidní popílky) ve většině případů přísným environmentálním normám vyhovují. Stejně je tomu i v případě strusek z výroby železa a oceli.

Pokud tyto materiály a další materiály vykazují zvýšené obsahy kontaminantů, jedná se často o sekundární kontaminaci vyplývající z titulu jejich předchozího použití nebo uložení (například betony znečištěné ropnými látkami, sekundární kontaminace na odvalech a úložišťích). V tomto případě lze velmi často kontaminovanou oblast ohraničit a z potenciálního použití pak vyloučit.

Avšak i v případě rubaniny z tunelů při ražbě v horninovém prostředí mohou být překročeny limitní obsahy některých ukazatelů (např. arsen v magmatitech). Pokud se jedná o přirozeně vysoké geochemické pozadí, lze uvedené materiály používat v násypch v prostředí s tímto zvýšeným obsahem. V případě ražeb tunelů v metamorfovaných horninách, které mohou obsahovat vláknité minerály (azbest), musí být posouzena přítomnost těchto vláknitých minerálů.

V případě kontaminovaných materiálů se v Evropě zatím postupuje konzervativně a kontaminované materiály jsou solidifikovány a stabilizovány vhodnými pojivy tak, aby výsledný materiál byl environmentálně nezávadný. Úvahy o zabudování kontaminovaného materiálu do uzavřené a těsněné konstrukce (*confinement*) v násypu mimo skládku jsou zatím jen teoretické a zatím se nikde nerealizovaly.



Obrázek 1: Dálnice D4, úsek Milín–Lety, přeložka II/604, materiál z haldy č. 19 (doprovodné horniny z těžby uranových rud) v aktivní zóně a na zemní pláni (11. 8. 2023) (Foto J. Krtek)

Kontaminované materiály lze samozřejmě vyčistit, jako v případě škváry ze spalování komunálního odpadu v ZEVO Malešice, a následně použít v zemních pracích nebo jako kamenivo [1].

K environmentálním rizikům musíme řadit i radioaktivitu některých materiálů, třebaže podle zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon, a podle vyhlášky č. 422/2016 Sb. nejsou definovány limitní hodnoty z hlediska radioaktivity pro stavební materiály používané u staveb s neobyčejným charakterem [15], [19]. Proto není v případě používání alternativních materiálů v zemním tělese pozemních komunikací v České republice posuzování radioaktivity relevantní.

Na druhou stranu se v rámci zvýšené kontroly sledovala radioaktivita haldoviny z těžby uranu v Příbrami, která byla používána na stavbě dálnice D4 v období 2022–2024. Materiál z haldy č. 19 tvořený převážně úlomky granitů a granodioritů byl přesíťován na frakci 0/63, která byla následně zabudována do zemního tělesa. Žádný zabudovaný materiál nevykazoval jakékoliv známky radioaktivity.

Chemické a mineralogické složení

Chemické a mineralogické složení alternativních materiálů, především těch pocházejících z průmyslových procesů (produkty ze spalování uhlí, produkty z výroby železa a oceli, produkty ze zpracování neželezných kovů, materiály ze slévárenství) podstatným způsobem ovlivňuje jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti.

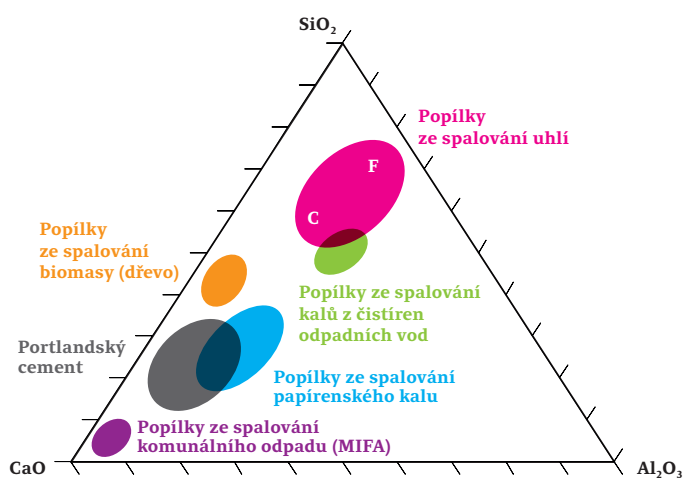
Pro použití křemičitých popílků nebo vysokopecní strusky v cementu je důležitá jejich latentní pucolanita dána vhodným poměrem hlavních oxidů a přítomností skla. U vápenatých popílků se pro použití pro úpravy zemin hodnotí obsah aktivního vápna.

Vhodným prostředkem pro porovnání chemického složení jsou ternární diagramy $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ (u produktů spalování

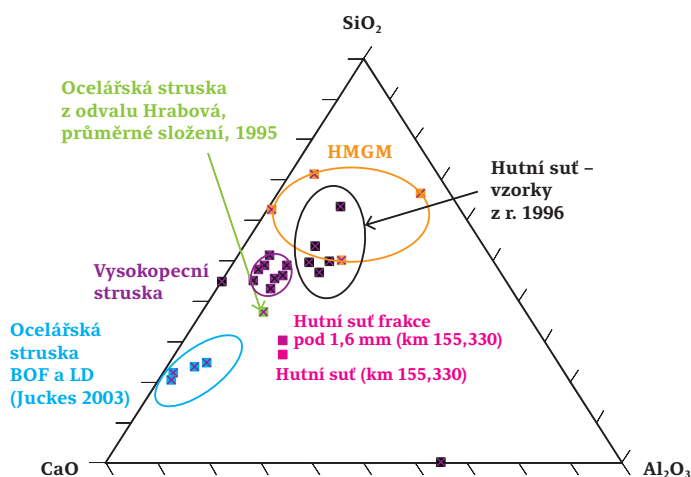
uhlí a jiných materiálů), případně jiné. Na obrázku 2 jsou prezentovány ternární diagramy pro produkty spalování uhlí (popílků) a produkty spalování komunálního odpadu (popílků MIFA), biomasy (dřeva), kalů z čistíren odpadních vod a papírenských kalů.

Na obrázku 3 je ternární diagram vyjadřující chemické složení produktů z výroby železa oceli (vzduchem chlazená vysokopecní struska, ocelářská struska a hutní suť). Obrázek 4 pak přináší ternární diagram $\text{SiO}_2\text{-FeO-CaO+MgO}$ strusek neželezných kovů.

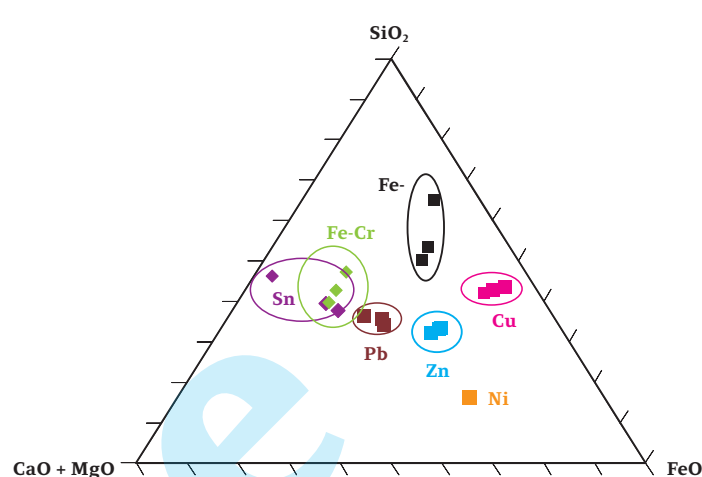
Z chemického hlediska je velmi rizikový obsah volného vápna a volného MgO , které při hydrataci zvyšují svůj objem. Proto dochází k bobtnání ložového popela z fluidního spalování uhlí nebo tuhých alternativních paliv, a proto docházelo a dochází



Obrázek 2: Ternární diagram $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ pro produkty spalování uhlí (popílků – křemičité (F), vápenaté (C)) a produkty spalování komunálního odpadu (popílků MIFA), biomasy (dřeva), kalů z čistíren odpadních vod, papírenských kalů ve srovnání se složením portlandského cementu



Obrázek 3: Chemické složení materiálu z výroby železa a oceli, včetně hutní suti (tzv. studeného odvalu), v ternárním diagramu (CaO - SiO_2 - Al_2O_3) (HMG – Hüttenmineralstoffgemischen)



Obrázek 4: Ternární diagram SiO_2 - FeO - $\text{CaO} + \text{MgO}$ strusek neželezných kovů (Fe-Mo – struska z výroby ferromolybdenu, Fe-Cr – struska z výroby ferrochromu)

k bobtnání některých ocelářských strusek a hutní suti.

Při používání popílků pro výrobu cementu se sleduje rovněž ztráta žiháním, tj. obsah nespálených zbytků uhlí. V případě používání jakýchkoliv materiálů v zemních pracích na infrastrukturních stavbách není nutné hodnoty ztráty žiháním nebo celkového organického uhlíku (TOC) sledovat.

Obavy z používání neprohořelé uhelné hlušiny, které se dlouhou dobu promítaly i do předpisové základny, byly vyvráceny a při řádném budování násypového tělesa po vrstvách, které budou řádně hutněny tak, aby obsah vzduchových pórů byl nižší než 12 %, žádné riziko vzniku samovznícení nehrozí [2], [3], [8]. Proto v TP 268 již žádné požadavky na ověřování obsahu spalitelných látek, ztráty žiháním nebo uhelné hmoty v případě neprohořelé uhelné hlušiny nejsou [13].

Zde je nutné upozornit, že to neplatí v případě práce s nezhuštěnými materiály na odvalech uhelné hlušiny a na odvalech s prokazatelnou termickou aktivitou.

Geotechnická rizika

Jak bylo uvedeno výše geotechnická rizika vyplývají především z chemického a mineralogického složení materiálů, případně jsou ovlivněna jejich zrnitostí. Obecně platí, že reaktivita (např. volného CaO) roste s rostoucím měrným povrchem materiálu. Proto budou objemové změny vyšší u jemnozrnnější hutní suti s převahou frakce pod 1 cm než u hrubozrnné ocelářské strusky, kde se mineralogické transformace projeví jen na povrchu zrn a zásadně objemové změny neovlivní.

Většina požadavků na alternativní materiály v TP 268 je proto soustředěna na ověření jejich potenciálu k objemovým změnám, které jsou samozřejmě v zemním tělese pozemních komunikací nežádoucí.

Maximální přípustná velikost objemových změn popílků pro použití v zemním tělese pozemních komunikací v České republice je 5 %. Tato hodnota musí být splněna po 3 dnech zrání, tj. objemové změny v prvních třech dnech zrání se do uvedeného

kritéria nezapočítávají. Objemové změny se měří na vzorcích zhuštěných do mozdíčků CBR a sycených vodou přes spodní podstavu postupem podle ČSN EN 13286-47.

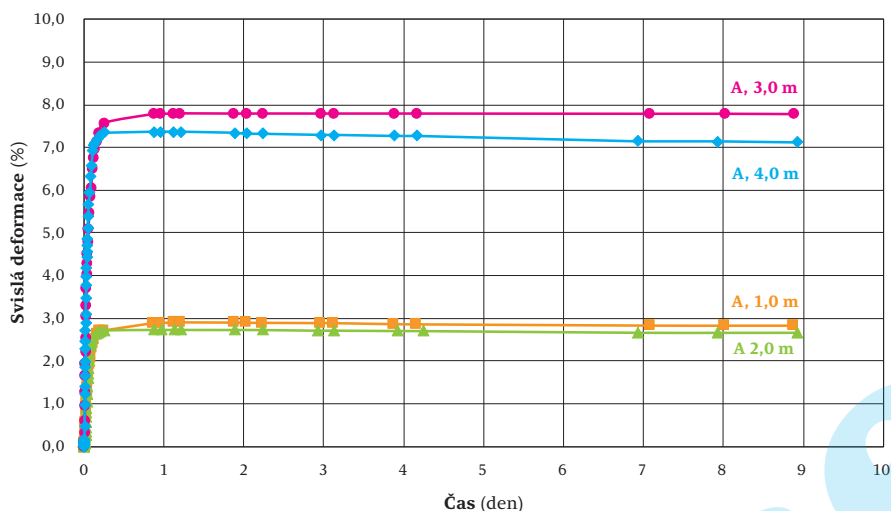
Vzhledem k vývoji objemových změn je nutno počítat s dlouhodobými zkouškami. Objemové změny zhuštěných vzorků následně se sledují minimálně po 2, 7, 28, 60 a 90 dnech až do odeznění deformací. V uvedených časových intervalech se měří výšky vzorku. Pokud dojde k ustálení změn po dvou po sobě jdoucích intervalech, je možné zkoušku ukončit.

Objemové změny nejsou jen doménou vápenatých produktů fluidního spalování hnědého uhlí, kde jsou hlavní příčinou chemické reakce, a především hydratace volného vápna, případně vznik ettringitu reakcí síranových iontů s volným vápnem.

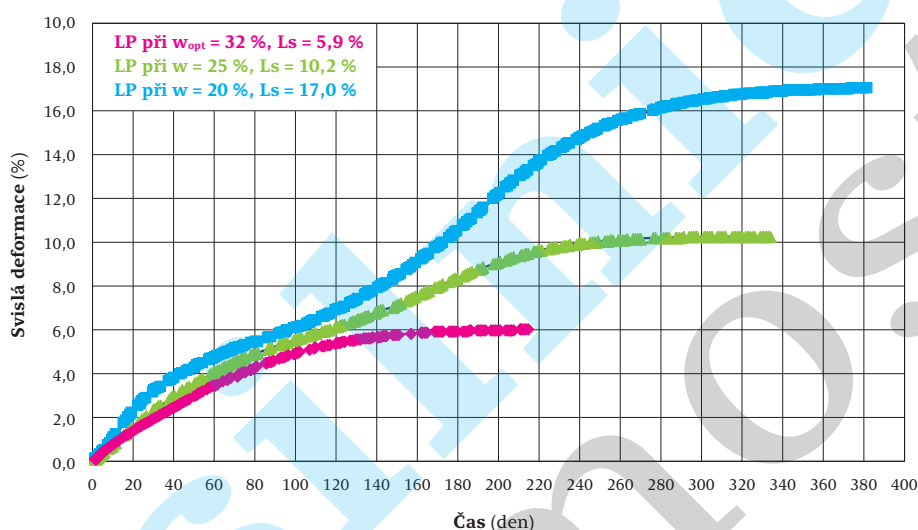
Lineární bobtnání lze změřit také u vzorků křemičitých popílků z vysokoteplotního spalování černého uhlí. V tomto případě je mechanismus objemových změn odlišný od chemických reakcí, které probíhají ve vápenatých fluidních popílcích.

K objemovým změnám v křemičitých popílcích dochází především v prvním dnu (bezprostředně po zahájení zkoušky), kdy popílků sorbují molekuly vody do svých pórů. Protože křemičité vysokoteplotní popílků mají vysokou pórovitost (často je to nad 50 %), jsou schopny zachytit velké množství vody. Dochází k uvolňování negativních pórových tlaků, což se projeví i objemovými změnami. Nejedná se tedy o bobtnání. Změřené objemové změny velmi rychle doznívají, jak ukazují příklady křemičitých popílků z odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě (obrázek 5) [7].

Na druhou stranu u materiálů s vysokým obsahem volného vápna je průběh zkoušky lineárního velmi odlišný. Na obrázku 6 je znázorněn průběh bobtnání vzorků ložového popela z Teplárny Kladno (fluidní spalování hnědého uhlí). Hodnoty lineárního bobtnání závisí na iniciální vlhkosti zkoušeného materiálu. S rostoucí iniciální vlhkostí hodnoty lineárního bobtnání klesaly. K ustálení vertikálních pohybů (bobtnání) však došlo po velmi dlouhém čase na rozdíl od křemičitých popílků (viz v textu výše) [5].



Obrázek 5: Vývoj lineárního bobtnání v čase pro vzorky křemičitých popílků z profilu a na odkališti Elektrárny Třebovice [7]



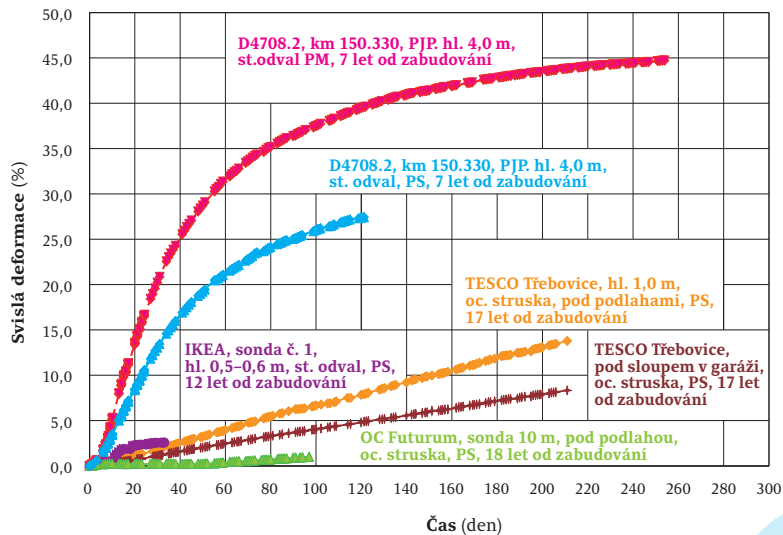
Obrázek 6: Vývoj lineárního bobtnání v čase pro vzorky ložového popela (LP) z fluidního spalování z Teplárny Kladno pro různé iniciální vlhkosti zkoušeného materiálu [5]

V případě produktů z výroby železa a oceli (strusek) se objemová stálost může ověřovat několika zkouškami, k nimž patří rozpadavost v autoklávu vzduchem chlazené vysokopecní strusky nebo rozpínavost ocelářské strusky, které představují zkoušky urychlující procesy vedoucí k objemovým změnám prostřednictvím zvýšené teploty a tlaku. Vedle toho existují běžné zkoušky lineárního bobtnání v CBR moždíři, které za normálních teplot a tlaků trvají několik měsíců až let, ale nejspolehlivěji popisují chování těchto materiálů na stavbě. I tyto zkoušky lze urychlit, abychom dostali předpokládané hodnoty svislých deformací v rozumném čase (obrázek 8). Zatím neexistují spolehlivé korelace mezi zkouškami urychlujícími procesy objemových změn a zkouškami za běžných podmínek [4], [6].

Největší objemové změny byly změřeny u vzorků hutní sítě (tzv. studeného odvalu) odebraného na dálnici D4708.2 v km 150,330 v pravém jízdním pásmu z hloubky 4,0 m v roce 2011. Objemové změny vzorku sycených vodou při teplotě 75 °C dosahovaly po 122 dnech 27,4 % pro vzorek nahutněný ener-



Obrázek 7: Vzorek ložového popela z Teplárny Kladno po zkoušce lineárního bobtnání při vlhkosti $w = 20\%$



Obrázek 8: Průběh lineárního bobtnání při teplotě 75 °C pro vzorky ocelářské strusky a hutní suť z různých zdrojů na Ostravsku

gii 100 % Proctor Standard, pro vzorek nahutněný energií Proctor modifikovaný dosahovaly objemové změny po 188 dnech hodnoty 43,1 %. V případě ocelářské strusky z podloží podlah v obchodním centru TESCO v Ostravě-Třebovicích byly zkoušky ukončeny po roce zkoušení bez ustálení vertikálních deformací na úrovni 20,3 % a po zničení ocelového CBR moždíře (sonda KS11, hloubka 1,0 m) a 13,2 % (pod patou sloupu v garážích).

Poznámka: V obchodním centru TESCO v Ostravě-Třebovicích byla v letech 2020–2021 provedena sanace podloží formou výměny materiálu v mocnosti do 2,5 m a rekonstrukce celých garáží.

Dlouhodobá měření objemových změn vzorků při teplotě 20 °C probíhají v současné době (2024) pouze u vzorku z dálnice D4708.2, km 150,330 v pravém jízdním pásu z hloubky 4,0 m. Zahájení zkoušky bylo 30. 1. 2012 a dosud nedošlo k ustálení ani zpomalení deformací, které dosahují již 20 %.

Jak eliminovat rizika objemových změn? Jediným řešením je ověřování vlastností těchto materiálů a v případě podezření je do zemního tělesa nezabudovávat. Na druhou stranu by se nemělo stávat, že kvalitní materiál bude vyloučen z používání jen proto, že patří do stejné skupiny jako hutní suť. To bylo příkladem vzduchem chlazené vysokopecní strusky, která byla zakázána na stavbách silnic a dálnic v České republice po více než 10 let jen proto, že šlo o strusku, třebaže její technické vlastnosti byly vyhovující.

Rizika nemající původ ve vlastnostech materiálů

Největší riziko při používání alternativních materiálů představuje člověk v důsledku neznalosti materiálů a jejich vlastností, což se projevuje nedostatečným rozsahem zkoušek těchto materiálů, v důsledku přehnaných očekávání od těchto materiálů nebo v důsledku snahy je udat na stavbě za každou cenu, a tak na nich vydělat.

Bohužel, některá pochybení v minulosti se promítla v předsudky vůči některým materiálům, které si to ani samy o sobě nezaslouží.

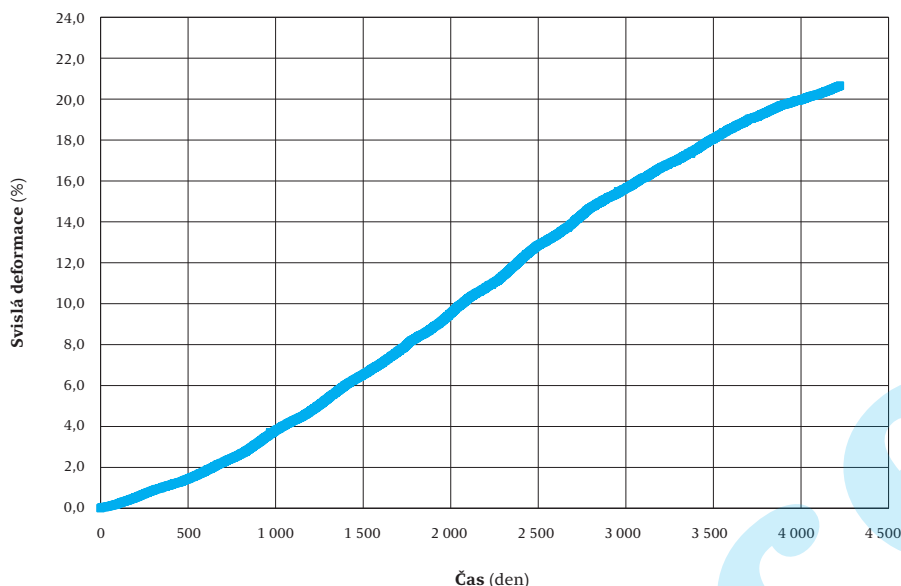


Obrázek 10: Roztržený moždíř CBR s nahutněnou ocelářskou struskou s příměsí hutní keramiky ze sondy KS11 (hl. 1,0 m) z obchodního centra TESCO Ostrava Třebovice po 350 dnech zkoušení

Nejčastějším problémem zůstává neznalost chování materiálů v konstrukci především z dlouhodobého hlediska a podcenění rozsahu zkoušek těchto materiálů. Často není na zkoušky dostatek času, i když se od začátku upozorňuje, že některé zkoušky mohou trvat i několik měsíců.

Typickým příkladem může být použití objemově nestálých popílků v podloží vozovky na okruhu v Mostě bez žádných zkoušek, což mělo za následek vznik poruch vozovky [9].

Dalším příkladem je zabudování hutní suť (tzv. studeného odvalu) do podloží mnoho staveb v České republice. Tento příklad ukazuje, jak snadno se ztratí obezřetnost účastníků výstav-



Obrázek 11: Průběh lineárního bobtnání při teplotě 20 °C vzorku hutní suti (tzv. studeného odvalu) z dálnice D4708.2, km 150,330, hl. 4,0 m po 4 220 dnech; zahájení zkoušky bylo 30. 1. 2012

by, když tento velmi heterogenní materiál byl certifikován jako výrobek.

Certifikační orgán nestanovil povinnost provádět dodavateli tzv. studeného odvalu, který je velmi heterogenním materiálem, ale který byl certifikován jako výrobek, průběžné zkoušky rozpadavosti v autoklávu nebo jiné zkoušky, které by prokazovaly jeho objemovou stálost.

Protože byl zabudovaný materiál certifikován, ztratila se obezřetnost na obou stranách (jak u zhotovitele, tak u investora) a zabudovaný materiál nebyl průběžně kontrolován. To se projevilo i na stavbách obchodních a průmyslových center na Ostravsku, kde byla hutní suť jako certifikovaný výrobek zabudována. Ani investory, ani zhotovitele nenapadlo zpochybnit certifikáty vydané státní zkušebnou. Důsledkem byly deformace vozovky a podlah a mnohamiliónové škody. Ze staveb, kde byly tyto materiály zabudovány, nebylo na podnět investora a jeho stavebního dozoru odezveno, byť jediné auto těchto materiálů a ve stavebních denících se vždy uvádělo, že příslušná vrstva byla zřízena bez vad a nedodělků a lze pokračovat v práci.

Problém objemových změn a deformací vozovky dálnice D47 je předmětem právního sporu od roku 2009 a do současnosti není ukončen. Bohužel, pozornost zúčastněných stran je soustředěna na to, zda materiály byly zabudované v souladu se souborem smluvních dohod a pozornost se nevěnovala analýze příčin těchto objemových změn. Náklady na právní služby přesáhly 500 mil. Kč, kdežto náklady na výzkum příčin objemových změn byly nulové. Výzkum není sexy ve srovnání s právními spory, které trvají déle než 12 let.

Naproti tomu objemové změny, které způsobily poškození podlah v obchodních centrech, se s výjimkou IKEA Ostrava k soudnímu sporu nedostaly a soukromí vlastníci opravili poškozené konstrukce na vlastní náklady (TESCO Ostrava Třebovice, FUTURUM Ostrava, TESCO Havířov, TESCO Frýdek-Místek, Lidl Havířov, MAKRO Ostrava). Arbitráž ve věci obchodního centra IKEA v Ostravě ve Stockholmu ukončila spor tím, že investor

věděl, jaký materiál se zabudovává do podloží, a proto nemá na náhradu škody nárok.

Setkáváme se však i s příklady, kdy majitel materiálu se jej snaží použít na stavbách za každou cenu, i když to nemá opodstatnění.

Závěry

Alternativní materiály jsou dlouhodobě používány v zemních pracích. Na jedné straně máme historicky prověřené materiály s velkými zásobami (VEP, strusky, uhelná hlušina) a na druhé straně zatím exoticky vyhlížející materiály vázané pouze na několik lokalit v Evropě (odpad z hořlavých břidlic (*spent oil shales*) – Skotsko, Estonsko, popílek ze spalování hořlavých břidlic – Estonsko) a materiály, které nikdy nebudou představovat zásadní objemy v zemních pracích (recyklované sklo, odprašky, slévárenské písky, balíky pneumatik nebo drcené pneumatiky apod.).

Mezi těmito skupinami alternativních materiálů se vyskytují některé, jejichž význam do budoucna výrazně stoupne zvláště, bude-li pokračovat útlum spalování uhlí a postupně vyčerpáme i zdroje ze starých odkališť a k útlumu přejdou také Indie a Čína, které zatím mohou Evropu dostatečně saturovat vedlejšími energetickými produkty požadovaných vlastností. K těmto materiálům patří především popílky a škvára ze spalování komunálního odpadu. Jejich použití v zemních pracích je zatím jen omezené z hlediska vysokých obsahů těžkých kovů a dalších kontaminantů, především chloridů pocházejících ze spalování plastů. Pro použití v zemních pracích je nutné tyto popílky nejprve vyčistit a potom je jejich použití bezproblémové. Budou se hledat technologie, které by snižovaly ekonomickou náročnost tohoto procesu.

Recyklované materiály najdou své uplatnění v aplikacích s vyšší přidanou hodnotou, ke kterým patří výroba kameniva. Jejich použití v zemních pracích bude vždy vítáno, ale z hlediska celkového objemu zabudovaných alternativních

materiálů budou ve spodní polovině. Nejvíce se budou používat při regeneraci brownfields a při rekonstrukcích pozemních komunikací.

Za velmi přínosnou doporučujeme hlubší analýzu materiálů získaných při výstavbě tunelů (*tunnel arisings, tunnel muck*), hlavně z ražeb TBM, protože i výstavba tunelů je významným zdrojem alternativních materiálů.

Abychom se vyvarovali problémům, které může použití alternativních materiálů přinést, je nutné důsledně dodržovat doporučené postupy při jejich uvádění na trh, resp. před jejich použitím. Patří k nim:

- ▀ podrobný popis a znalost daného materiálu;
- ▀ výběr hlavních užitých vlastností, které musí alternativní materiál splňovat pro danou aplikaci;
- ▀ posouzení environmetální vhodnosti;
- ▀ provedení průkazných laboratorních zkoušek;
- ▀ modelování chování daného materiálu v inženýrské konstrukci;
- ▀ definice okrajových podmínek pro práci s daným materiálem při jeho zabudování do inženýrské konstrukce;
- ▀ znalost vývoje vlastností daného materiálu z dlouhodobého hlediska;
- ▀ standardizace podmínek využití a uvedení technických informací ve známou formu technické informace, předpisu či normy.

Pokud splníme tyto postupy, nebudou se opakovat problémy s poruchami konstrukcí při použití objemově nestálých materiálů.

Namísto toho, aby se hledala cesty a postupy, jak vzniklé deformace odstranit, případně jak eliminovat vznik nových deformací, probíhají soudní pře, protože právní spor je zajímavější a mediálně přitažlivější než „nudný“ vědecký výzkum.

Dalším extrémem je snaha některých majitelů zdrojů alternativních materiálů na nich vydělat více, než je zdrávo, a přitom to nikdy nebude „zlatý důl“.

I přes některé z výše popsaných problémů jsou alternativní materiály již pevně zakotveny pro používání v zemních pracích. Nemůžeme usnout na vavřínech, ale musíme neustále věnovat pozornost jejich vlastnostem, které mohou odrážet, některé změny technologie při jejich produkci (např. denitrifikace a demerkurizace spalování uhlí apod.) a prohlubovat a vyměňovat si zkušenosti s jejich aplikacemi v různých oblastech zemních prací.

Závěrem lze shrnout požadavky na účastníky výstavby ve vztahu k alternativním materiálům, ať se vyhneme potenciálním rizikům spojených s jejich zabudováním:

- ▀ používejme alternativní materiály účelně a tam, kde to dává smysl;
- ▀ věnujme pozornost, čas i peníze ověřování vlastností těchto materiálů a zamysleme se před jejich použitím, zda se nemohou objevit rizika a problémy vyplývající především z jejich heterogenity;
- ▀ nesnažme se je používat všude jako univerzálním prostředek s cílem vydělat na svém „zlatém dole“.

Nebojme se používání alternativních materiálů a věrme jim!

doc. RNDr. František Kresta, Ph.D.
SG Geotechnika a.s.

Literatura

- [1] Baloch T., Valentin J., Šyc M. *Strusky ze spalování komunálního odpadu – jak se musí upravit a jak je lze využít v silničních stavbách. Seminář Zemní práce a udržitelný rozvoj. Praha 2024.*
- [2] Kresta F. *Využití ostravské hlušinové sypaniny v dopravním stavitelství, doktorská disertační práce. VŠB TU Ostrava. 2006.*
- [3] Kresta F. *Druhotné suroviny v dopravním stavitelství. VŠB Technická univerzita Ostrava, 2012, 144 s., ISBN 978-80-248-2890-9.*
- [4] Kresta F. *Steel slag and steelwork waste in earthworks and their swelling potential. IV International seminar on Earthworks, 2018. Madrid.*
- [5] Kresta F. *Komplexní využití fluidních popílků v zemních pracích. Etapa 2 Úprava zemin fluidními popílků. Závěrečná zpráva. SG Geotechnika a.s., 11/2022.*
- [6] Kresta F. *Long term volume stability of steel slag and steelworks waste – up to now results of correlations between short (accelerated) and long termed tests. International Seminar Earthworks in Europe. Prague, 20.–22. 4. 2022.*
- [7] Kresta F. *Odkaliště Elektrárny Třebovice. Studie proveditelnosti. SG Geotechnika a.s., 12/2023.*
- [8] Kresta F., Martinec P. *Loss on ignition tests and their limits in various applications in earthworks, International Seminar on Earthworks in Europe, Prague, 2022.*
- [9] Mráz V., Honetschlägerová L., Suda J., et al. *Limiting factors for the applicability of specific types of energetic by-products in the roadbed structures. GeoChina 2018.*
- [10] *Contrôle environnemental relatif à l'emploi des matériaux alternatifs – Acceptabilité environnementale de matériaux alternatifs en technique routière. CEREMA 2022. ISBN: 978-2-37180-568-2.*
- [11] *prEN/TR 16907-8 Earthworks – Part 8: Alternative materials in earthworks*
- [12] *TP 210 Užití recyklovaných stavebních demoličních materiálů do pozemních komunikací*
- [13] *TP 268 Alternativní materiály v zemním tělese pozemních komunikací*
- [14] *Zákon č. 157/2009 Sb. Zákon o nakládání s těžebním odpadem a o změně některých zákonů, v platném znění*
- [15] *Zákon č. 263/2016 Sb. Zákon atomový zákon, v platném znění*
- [16] *Zákon č. 541/2020 Sb. Zákon o odpadech, v platném znění*
- [17] *Vyhláška č. 8/2021 Sb. Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů), v platném znění*
- [18] *Vyhláška č. 273/2021 Sb. Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění*
- [19] *Vyhláška č. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, v platném znění*