

Klimaticky aktívne spevnenia dopravných plôch v podmienkach Strednej Európy

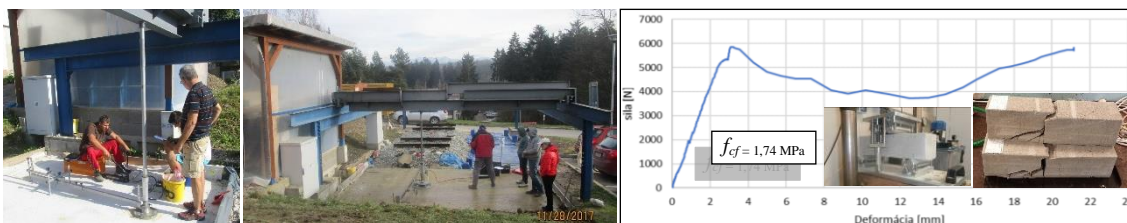
Katarína Hodásová¹, Martin Decký², Pavel Schudisch³

Abstrakt

Klimatická adaptabilita vozovky je neoddeliteľnou súčasťou holistického konceptu trvaloudržateľnej prípravy, výstavby a prevádzky dopravnej infraštruktúry Slovenska realizovaného za primeranú cenu v primeranej kvalite s dôrazom na dopravnú a environmentálnu bezpečnosť, s dôrazom na cirkulárku ekonomiku, a z nej vyplývajúcu minimalizáciu uhlíkovej stopy. Jednou z možností naplnenia uvedenej autorskej premisy v udržateľných vozovkách v strednej Európe je použitie kompozitného penového betónu (CFC) a klimaticky aktívneho materiálu STERED. Pre kredibilitu návrhov „green pavements (GP)“ boli objektivizované predbežné retenčné a evaporačné vlastnosti uvedených materiálov pre územie Strednej Európy, kde sa striedajú 4 ročné obdobia s výskytom záplav, horúcich a chladných dní.

1. Inovatívne konštrukcie inžinierskych stavieb s využitím CFC

V tomto vedeckom článku autori prezentujú výsledky svojej výskumnej činnosti v oblasti inovatívnych klimaticky aktívnych materiálov v konštrukciách vozoviek. Autori sa dlhodobo venujú vývoju kompozitného penobetónu s objemovou hmotnosťou 500 kg.m^{-3} (Foam Concrete FC 500), kompozitu CFC 500 (obr.1) a materiálu STERED z recyklovaných technických textílií [1, 2].



Obr. 1: Pohľady na výskum CFC 500 na Vedecko výskumnom pracovisku (VVP) SvF UNIZA z 16.8.2017, 28.11.2017 a príklad vyhodnotenie pevnosti v ťahu pri ohybe [3]

Spolupráca Ing. Scherfela so SvF UNIZA vyústila do udelenia 3 patentov v oblasti *kompozitných penobetónov* v konštrukciách inžinierskych stavieb [4]. Úrad priemyselného vlastníctva SR 12.3.2020 udelil (Scherfel, Decký, Drusa, Rudišin):

- patent číslo 288744 *Podkladová vrstva inžinierskej konštrukcie a spôsob jej vytvorenia* (5-vrstvová konštrukcia),
- patent číslo 288745 *Podkladová vrstva inžinierskej konštrukcie a spôsob jej vytvorenia* (4-vrstvová konštrukcia),

¹ Katarína Hodásová, Ing., Katedra cestného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta Žilinskej univerzity v Žiline, Slovensko, tel.: +421 5135930, katarina.hoasova@uniza.sk

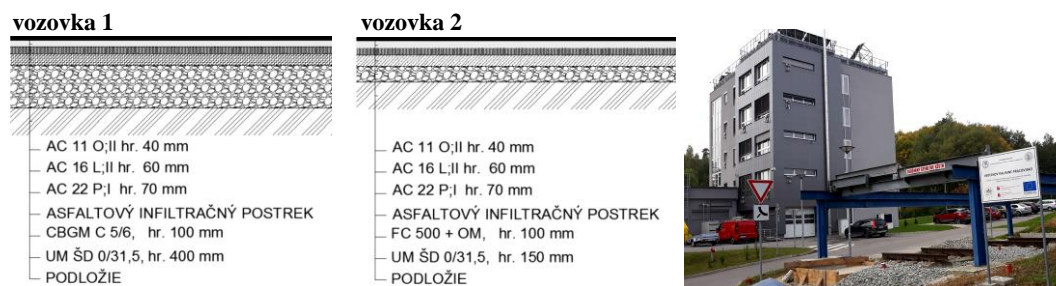
² Martin Decký, prof. Dr. Ing., Katedra cestného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta Žilinskej univerzity v Žiline, +421 5135907, martin.decky@uniza.sk

³ Pavel Schudisch, Ing., MDM Slovakia s.r.o., +421 902 187 837, schudich@mdm.sk

- patent číslo 288746 *Podkladová vrstva inžinierskej konštrukcie v ryhe alebo výkope a spôsob jej vytvorenia.*

Na Obr.2 sú znázornené autorské návrhy konštrukcií vozoviek cesty II/584 s využitím patentu č. 288744 s nadmorskou výškou 1 109 m n. m., s podkladovou vrstvou z:

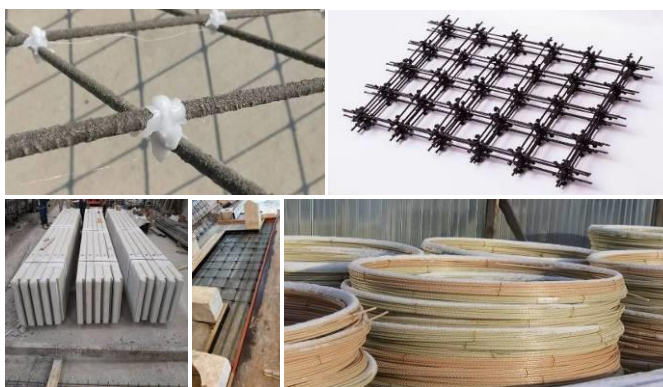
- štandardnej podkladovej vrstvy - cementom stmelená zrnitá zmes CBGM C_{5/6} (staré označenie cementová stabilizácia) - vozovka 1,
- inovatívneho kompozitného penobetónu CFC 500V - vozovka 2.



Obr.2: Zloženie vozoviek s podkladovými vrstvami z CBGM C_{5/6} s celkovou hrúbkou $h_{V1} = 67$ cm a z CFC 500V = 420 mm a pohľad na VVP SvF UNIZA [4]

CFC (Composite Foam Concrete) 500 obsahuje **čadičovú kompozitnú sieť ORLITECH[®] Mesh (OM)** a používa sa pri vystužení betónových stenových a sendvičových panelov (Obr.3), zosilnení a odľahčení monolitov v konštrukčných prvkoch, vystužení priemyselných podláh, spevnení cestných a železničných svahov, vystužení vodohospodárskych stavieb (Obr.4). V [5] sú uvedené tieto výhody čadičovej (kompozitnej) výstužnej siete ORLITECH[®] Mesh:

- žiadna korózia v porovnaní s oceľovou rohožou (sieťou),
- 6-krát nižšia hmotnosť ako oceľ,
- 3-krát vyššia pevnosť v ťahu ako oceľ a lepšia súdržnosť s betónom,
- nižšia tepelná rozťažnosť,
- menej trhlin v betóne,
- tepelný a elektrický izolátor, ľahká preprava, manipulácia, rezanie, inštalácia, odolnosť voči chemickým látkam.



Pri použití čadičovej siete ide o jednu z najlepších možností náhrady oceľovej betonárskej výstuže. ORLITECH[®] MESH (OM) je zložená z čadičových prútov ORLITECH[®] BAR. Prúty sú umiestnené v 2 kolmých smeroch spojených v kontaktnom uzle špeciálnou hmotou. ORLITECH[®] Mesh je výstužná čadičová sieť s priemerom 3 mm, veľkosťou oka 100 x 100 mm a je možné ju použiť ako náhradu za štandardné oceľové „kari“ siete s priemerom drôtu 5 až 6 mm. Aplikácia OM je tiež veľmi výhodná v morskom prostredí, ako sú prístavy, móla a hrádze (Obr.4) a tiež v konštrukciách, ktoré potrebujú elektromagnetickú neutralitu,

Obr.3: Čadičová výstužná sieť, prefabrikáty a komponenty ORLITECH[®] Composite systems [4]

ako sú nemocnice, náhrada za nerezovú oceľ a pre vozovky s nižším dopravným zaťažením (Obr.4 dole).



Obr.4: Použitie OM na výstavbu cesty (vľavo hore) a zakladanie 17-poschodového bytového domu v Moskve (stred hore), vystuženie stien pre nádrže na morskú vodu Abu Dhabi 2015 (vľavo hore) a zabudovávanie OM do VVP SvF UNIZA s CFC 500 [4]

2. Inovatívny klimaticky aktívny materiál STERED

V priebehu výroby automobilov a ich textilných dielov, ako aj pri recyklácii vozidiel po skončení životnosti v časti vyseparovaných textilných častí, vzniká množstvo textilných materiálov s rôznymi osobitnými kvalitami. Tieto priemyselné odpady sa môžu po recyklácii úspešne využiť ako účinné klimaticky aktívne konštrukčné vrstvy dopravných stavieb (Obr.5).

V podmienkach SR možno za inovatívny klimaticky aktívny materiál považovať **STERED ID** (Izolačná Doska), ktorému sa autori vo svojom výskume snažia vdýchnuť novú dušu pod označením **INAK MISIE** (INovatívne Adaptívne Konštrukčné Materiály Inžinierskych Stavieb s dôrazom na cirkulárnu Ekonomiku).

Textílie používané v automobilovom priemysle musia spĺňať veľké nároky z hľadiska zvukovej a tepelnej izolácie, pozornosť sa venuje aj ich odolnosti voči plesniam a mechanickému poškodeniu. Materiál by mal znižovať vibrácie a zároveň



Obr.5: INAK MISIE s využitím ID STERED v areáli spoločnosti v Krajnom

byť hygienicky nezávadný. Pri každodennom využívaní týchto materiálov v automobilov priemysle berieme spomínané vlastnosti už ako samozrejmosť. Len málokto ale vie, že tieto materiály sú charakterizované ako ťažko rozvlákniteľné tvrdené textílie a kombinované textilno-netextilné zložky, ktorých ďalšie štandardné textilné spracovanie je nepoužiteľné aj napriek ich vysokej kvalite.

Priemerná hmotnosť textílií v jednom automobile je okolo 25 kg a v samotnom procese výroby nového dielu vzniká v priemer 2-3 kg technologického odpadu. Keďže tento materiál nenachádza opätovné využitie, končí buď na skládkach odpadu, alebo je energeticky zhodnocovaný v špeciálnych spaľovniach. Jedným z riešení tohto problému, je komplexná technologická linka STERED[®], vďaka ktorej vznikajú inovatívne, klimaticky adaptívne kompozitné materiály, pričom textilné látky spájajú polyuretánové spojivá. Vo vzťahu k materiálu STERED (Obr.6), Ing. Juraj Plesník je držiteľom patentu 288377 Chumáčovina ako konštrukčný materiál, najmä pre stavebníctvo, spôsob jej výroby a zariadenie na jej výrobu (majiteľ PR Krajné, s. r. o., pôvodcovia Plesník, Juraj, Ing., Zlámala, Jozef).



Obr.6: Detailný pohľad na časť STERED ID použitú pre výskum retenčných a evaporačných vlastností [6]

Spôsob výroby STERED je patentovo chránený v EÚ, Číne a Kórei, je vhodný na vytváranie klimaticky a energeticky aktívnych konštrukcií a plôch. Príklady využitia STERED-u v oblasti spevnených a odstavných plôch inžinierskych stavieb a samotná realizácia relaxačného miesta s chladiacim účinkom sú na Obr.7.

3. Výskum retencie a evaporácie STERED ID a FC 500

Prezentované výsledky boli objektivizované v rámci riešenie diplomovej [7] a dizertačnej práce [8]. Nasiakavosť a retenčné vlastností sa zisťovali na 2 vzorkách textilného materiálu STERED (Obr.6). Vychádzali sme z premisy, že počas privalových dažďov dôjde k zaplaveniu konštrukcií dopravných plôch, a preto sme simulovali túto skutočnosť úplným ponorením materiálu do vody a kontinuálnym meraním hmotnosti sme pozorovali prírastok objemu. Skúška nasiakavosti prebiehala v laboratórnych priestoroch Žilinskej univerzity, pri teplote 21 °C, skúšané vzorky mali rozmery 150 x 150 x 50 mm. Meranie prebiehala 30 minút, pokiaľ nedošlo ku 100% nasýteniu vzorky, pričom sa v určených intervaloch materiál odvážil.

Retenčné vlastnosti materiálu sa zisťovali umiestnením nasýtenej vzorky na hladkú plochu, ktorá bola položená na váhu v sklone 2,5%, počas celého merania bola teplota okolitého vzduchu 21 °C. Takto sa kontinuálne meral úbytok vody v materiáli, ktorý sa postupne uvoľňoval a stekal po ploche, alebo sa odparoval. Celá skúška prebiehala 8 dni, pokiaľ materiál nadobudol počiatočnú hmotnosť.

MDM SLOVAKIA, s.r.o.
Centrum obnoviteľných zdrojov energií

Stered®
... objav svet tepelných a akustických izolácií a retenčných riešení ...

Príloha č.1 - RETENČNÉ RIEŠENIA PRE SPEVNEÉ PLOCHY, CHODNÍKY A PARKOVISKÁ

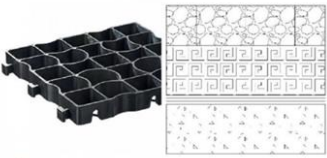
POJAZDNÉ A POCHÓDZNE PLOCHY

A Jednoduchá skladba s celkovou hrúbkou nad pôvodným spevneným povrchom 87mm, vhodná pre parkoviská a chodníky, zadrží v celej skladbe max. 288l/m² a absorbuje 20l/m² privalového dažďa za prvých 15min. Materiál Ekoray je PVC recyklát z elektroodpadu.



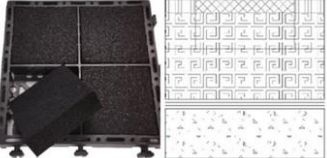
PLASTOVÁ DLAŽBA EKORAY 30mm
STERED ID 250/050 50mm (+ hadica na kvapkovú závlahu)
FÓLIA (FATRAFOL) 1mm
GEOTEXTÍLIA (SENIZOL JAMIS) 4,5mm
SPEVNEÝ POVRCH (BETÓN, ASFALT)

B Jednoduchá skladba so zotravnívaciou dlažbou s celkovou hrúbkou nad pôvodným spevneným povrchom 97mm, vhodná na chodník aj parkoviská s nízkym zaťažením, zadrží v celej skladbe max. 411l/m² a absorbuje 20l/m² privalového dažďa za prvých 15min. Materiál Ekoraster E40 je recyklát z PP odpadu.



EKORASTER E40 (PURUPLAST) S KAMENIVOM fr. 8-16mm 40mm
STERED ID 250/050 50mm (+ hadica na kvapkovú závlahu)
FÓLIA (FATRAFOL) 1mm
GEOTEXTÍLIA (SENIZOL JAMIS) 4,5mm
SPEVNEÝ POVRCH (BETÓN, ASFALT)

C Jednoduchá skladba s výplňou zo STERED dosiek s celkovou hrúbkou nad pôvodným spevneným povrchom 107mm, zadrží v celej skladbe max. 451l/m² a absorbuje 20l/m² privalového dažďa za prvých 15min. Materiál Ekoraster Bloxx je recyklát z PP odpadu.



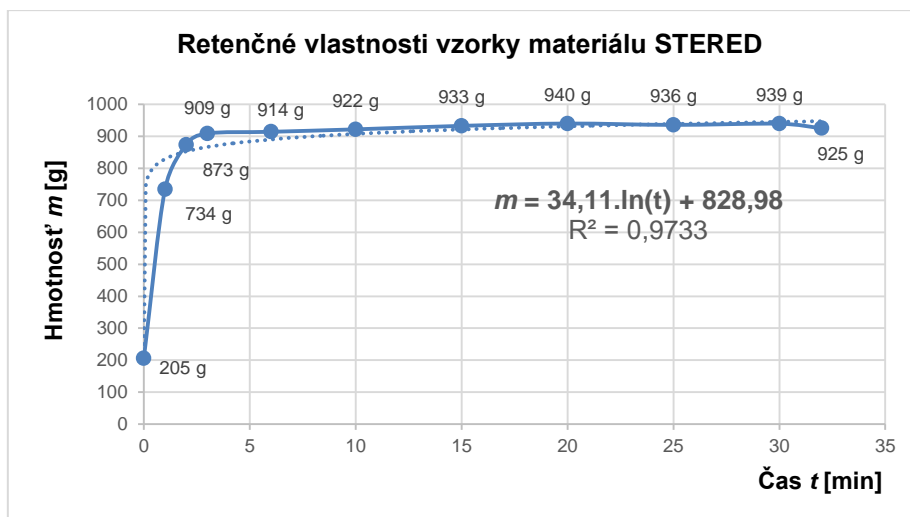
EKORASTER BLOXX S VLOŽKAMI STERED ID 250/050 (GUMA, SYNTET. TRÁVNÍK) 50mm
STERED ID 250/050 50mm (+ hadica na kvapkovú závlahu)
FÓLIA (FATRAFOL) 1mm
GEOTEXTÍLIA (SENIZOL JAMIS) 4,5mm
SPEVNEÝ POVRCH (BETÓN, ASFALT)



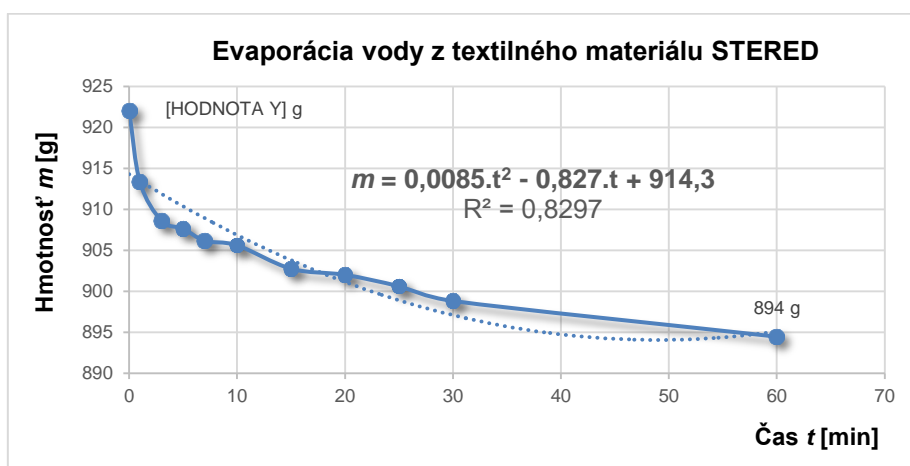
Obr.7: Príklady retenčných riešení pre spevnené plochy, chodníky a parkoviská od spoločnosti MDM Slovakia, s.r.o. a realizácia relaxačného miesta s chladiacim účinkom

Na Obr.8 sú graficky znázornené namerané prírastky hmotnosti absorbovanej vody. K najväčšiemu prírastku hmotnosti došlo v prvých 2 minútach merania, kde hmotnosť vzorky vzrástla z 205,41 g na 873,36 g, čo predstavuje nárast o 325 % vlastnej suchej hmotnosti materiálu. Následne došlo k miernemu presaturovaniu a po 30 minútach sa materiál ustálil na hmotnosti približne 925,14 g, čo predstavuje nárast o 350,4 % oproti suchej vzorke. Obr.9 graficky znázorňuje prvú hodinu, počas ktorej sme sledovali uvoľňovanie vody zo 100% nasýtenej vzorky. Za prvú hodiny vzorka pomaly uvoľnila 27 g vody, čo predstavuje 3,8 % z celkového objemu nasiaknutej vody. Úplné vysušenie vzorky nastalo po 8 dňoch merania.

Pre možnosť vzájomnej komparácie vlastností opísaných inovatívnych materiálov, sme realizovali uvedené skúšky aj na vzorkách CFC, ktoré sa uskutočnili rovnakými metodickými postupmi ako to bolo v prípade materiálu STERED. Merania boli uskutočnené na 5 vzorkách s objemovou hmotnosťou 300, 400, 500, 700 a 900 kg/m³ (Obr.10). Teplota okolitého vzduchu počas celej doby skúšania bola 21 °C a rozmery vzoriek boli 100 x 100 x 50 mm.



Obr.8: Prírastok hmotnosti dosky STERED z dôvodu nasakovania vodou



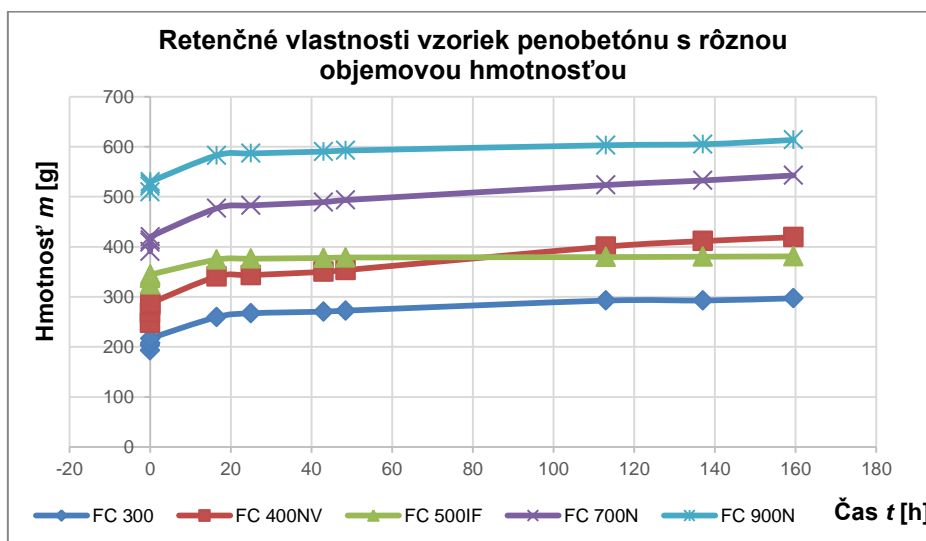
Obr.9: Úbytok hmotnosti textilného materiálu STERED z dôvodu uvoľňovania vody



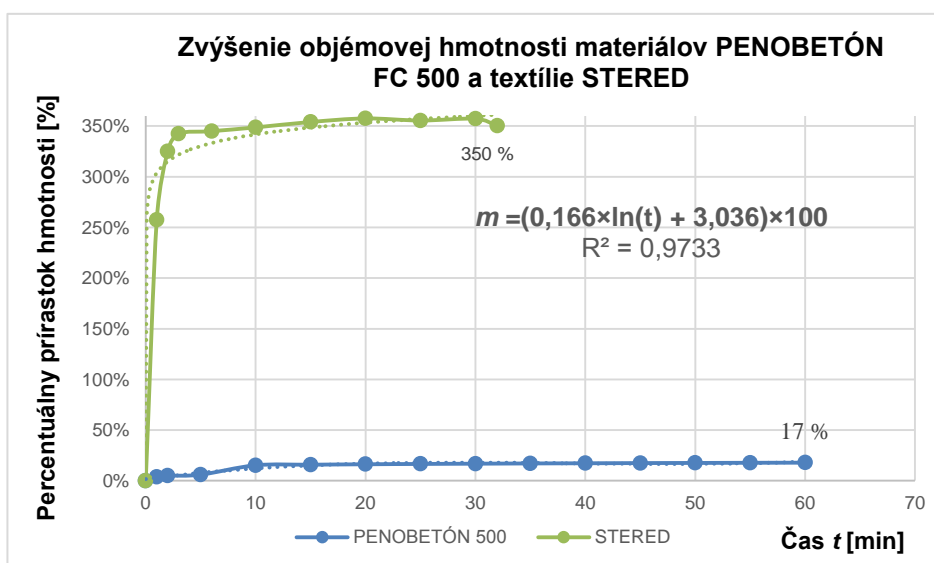
Obr.10: Skúšobné vzorky penobetónu (Foam concrete) vyrobené spoločnosťou IWtech s.r.o.

Obr.11 porovnáva zmeny v hmotnosti jednotlivých vzoriek penobetónu. Ako môžeme vidieť, vzorky dosiahli plnú saturáciu až po 160 hodinách a svoju hmotnosť zväčšili mnohonásobne menej, ako to bolo v prípade STERED-u. Podrobnejšie

meranie bolo uskutočnené pre penobetón s objemovou hmotnosťou 500 kg/m³ a detailný priebeh nasiaknutia je znázornený na Obr.12.



Obr.11: Nasiakavosť jednotlivých vzoriek penobetónu



Obr.12: Zvýšenie objemovej hmotnosti penobetónu FC 500 a textílie STERED

4. Záver

Autori v tomto vedeckom príspevku prezentujú najnovšie výsledky výskumu v oblasti **inovatívnych riešení green pavements**. V slovenských pomeroch možno v dopravných stavbách za inovatívny klimaticky aktívny materiál považovať STERED ID ktorému sa autori vo svojom výskume snažia vdýchnuť novú dušu pod označením **INAK MISIE** (Inovatívne Adaptívne Konštrukčné Materiály Inžinierskych Stavieb s dôrazom na cirkulárnu Ekonomiku). Bežné plochy chodníkov, parkovacích plôch, cyklovozoviek sa s využitím materiálu STERED[®] menia na **klimatické, energeticky aktívne plochy**. Tieto sa vyznačujú opakovanou schopnosťou zadržiavania vody a umožnenia jej spätného odparovania do prostredia. Energeticky aktívne sa stávajú tým, že na odparenie vody je spotrebovávaná energia z okolia. 1 m³ vody na svoje

odparenie spotrebuje z okolitého priestoru až 650 kWh energie. Takéto plochy potom fungujú ako aktívne spotrebiče energie, ochladzujú okolité ovzdušie, zvyšujú vlhkosť vzduchu a znižujú jeho prašnosť, znižujú prestup tepla cez strešný a obvodový plášť a tým znižujú potrebu chladenia v budovách, resp. znižujú náklady na výrobu chladu z chladnejšieho vzduchu. Schopnosť opakovanej vodozadržnosti a vodovýparnosti je daná vlastnosťou materiálu STERED®. Štruktúra syntetického materiálu v chumáči má schopnosť nielen vodu zadržať, ale **nízkym difúznym odporom materiálu zabezpečiť jeho vztlínanie pre postupné odparovanie**. Z prezentovaných výsledkov výskumu vyplývajú nasledujúce konštatácie:

- + STERED pod vodnou hladinou zväčšil hmotnosť:
 - o po 1 min. o cca 250 %, po 2 min. o 330 %,
 - o po 3 min. o 340 %,
 - o po 10 min. o 350 % a táto hodnota sa ďalej výraznejšie nemenila,
- + v prípade penobetónu boli testované vzorky s objemovou hmotnosťou 300, 400, 500, 700 a 900 kg.m⁻³ a boli zistené nasledujúce nasiakavosti:
 - o po 1 minúte to bolo 5,23%; 8,23%; 3,85%; 4,63% a 2,27%,
 - o po 5 minútach to bolo 12,09%; 15,78%; 5,98%; 7,47% a 3,95%,
 - o po 24 hodinách to bolo 38,39%; 38,55%; 22,47%; 23,53% a 15,08%,
- + pre podrobne testované vzorky STERED 250 a FC 500 boli zistené:
 - o po 1 min. 67-násobne rýchlejšie absorboval vodu materiál STERED 250 oproti FC 500,
 - o po 5 min. 58-násobne rýchlejšie absorboval vodu materiál STERED 250,
 - o po 15 min. 22-násobne rýchlejšie absorboval vodu materiál STERED 250,
 - o po 30 min. 21-násobne rýchlejšie absorboval vodu materiál STERED 250.

Literatúra

- [1] M. Juhás (2021): *Environmentálna optimalizácia navrhovania vozoviek pozemných komunikácií. Projekt dizertačnej práce, KCEI, SvF, UNIZA.*
- [2] M. Decký, M. – M. Juhás – K. Hodásová – M. Kováč (2021): *Klimaticky adaptívne kompozitné materiály súčastí pozemných komunikácií s chladiacim účinkom. In Zborník XXVI. seminár Ivana POLIAČKA, Bratislava 29.9.2021, s. 63-71.*
- [3] M. Hájek (2018): *Možnosti využitia penobetónu v spevnených plochách inžinierskych stavieb. Dizertačná práca, KCEI, SvF UNIZA, s.119, školiteľ prof. Dr. Ing. Martin Decký.*
- [4] M. Decký – W. Scherfel – M. Drusa a kol (2020): *Kompozitné penobetóny v podkladových konštrukciách vozoviek pozemných komunikácií. In Silniční obzor 7-8/2020, roč. 81, s. 182-189, ISSN 0322-7154.*
- [5] W. Scherfel – M. Moravec - Decký, M. (2020): *kap.9 Inovatívne kompozitné materiály vozoviek, s. 319-348. In DECKÝ, M. a kol.: Cementobetónové vozovky a spevnenia dopravných plôch. UNIZA, EDIS-vydavateľské centrum ŽU 2020, s.401.*
- [6] D. Frankovský (2022): *Klimaticky adaptívne, energeticky aktívne konštrukcie spevnení dopravných plôch. Diplomová práca KCEI, SvF UNIZA.*
- [7] K. Hodásová (2022): *Inovatívne, klimaticky adaptívne kompozitné materiály dopravných stavieb. Projekt dizertačnej práce, KCEI, SvF UNIZA.*
- [8] <http://www.stered.sk>, 25.10.2021.

Článok bol podporený v rámci riešenia projektu KEGA č. 027ŽU-4/2022 Podpora dvojjazyčného vzdelávania v oblasti trvaloudržateľnej výstavby a správy dopravných stavieb.