

Vliv prachového odpadu na hygroskopicitu dřevo-cementových kompozitů

The effect of dust waste on hygroscopicity of wood-cement composites

Ing. Silvestr Vasas, Ing. Tomáš Melichar, Ph.D., Ing. Šárka Keprdová, Ph.D., doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc., doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Abstrakt:

Článek prezentuje výzkum zaměřený na změny chování dřevo-cementových kompozitů z hlediska jejich hygroskopicity při proměnlivé vzdušné vlhkosti. Výsledné změny vlastností a chování během změn vlhkosti jsou výrazně ovlivněny stabilizovanými třískami. Prach, který byl využit pro modifikaci složení kompozitů, obsahoval již jednou stabilizované smrkové třísky. Cílem bylo posouzení, zda bude mít tento aspekt pozitivní vliv na chování prachem modifikovaných dřevo-cementových kompozitů při rostoucí a klesající vzdušné vlhkosti okolí. Pozornost byla rovněž soustředěna na základní fyzikální a mechanické parametry – hustota, pevnost a modul pružnosti. Tak byl parciálně nepřímo analyzován vliv stabilizace smrkových třísek z hlediska rozdílného složení matrice kompozitů. Byly testovány 3 varianty kompozitů – 2 typy referenční (na bázi portlandského a směsného cementu); 1 varianta s modifikací pojiva i plniva prachem vznikajícím při opracování cementotřískových desek (6% substituce cementu, 2 % substituce primárních třísek). Dané vlhkosti byla vždy zkušební tělesa vystavena po takovou dobu, aby došlo k ustálení jejich hmotnosti. Výsledné sorpční izotermy poukazují na rozdílné chování desek během nárůstu a poklesu okolní vzdušené vlhkosti. Modifikace složení směsi pro výrobu cementotřískových desek má vliv mimo jiné i na stabilizaci smrkových třísek. Změny fyzikálních a mechanických vlastností jsou zanedbatelné.

Abstract:

The article presents research focused on the behavior changes of wood-cement composites in terms of their hygroscopicity under variable air humidity conditions. The resulting changes in properties and behavior during humidity fluctuations are significantly influenced by stabilized wood chips. The dust used to modify the composite composition already contained stabilized spruce chips. The aim was to assess whether this aspect would have a positive effect on the behavior of dust-modified wood-cement composites as the surrounding air humidity increases and decreases. Attention was also focused on basic physical and mechanical parameters - density, strength, and modulus of elasticity. Thus, the influence of spruce chip stabilization on the different composite matrix compositions was indirectly analyzed. Three variants of composites were tested - 2 types of reference (based on Portland and mixed cement); 1 variant with modification of both binder and filler using dust generated during the processing of cement-bonded particleboards (6% cement substitution, 2% primary chip substitution). The test specimens were exposed to specific humidity levels for a duration sufficient to stabilize their weight. The resulting sorption isotherms indicate different behavior of the boards during increasing and decreasing ambient air humidity. The modification of the mixture composition for the production of cement-bonded particleboards also affects the stabilization of spruce chips. Changes in physical and mechanical properties are negligible.

Key words: *Wood-cement; Material; Particleboard; Waste; Dust; Composition; Modification; Stabilisation; Relative Humidity*

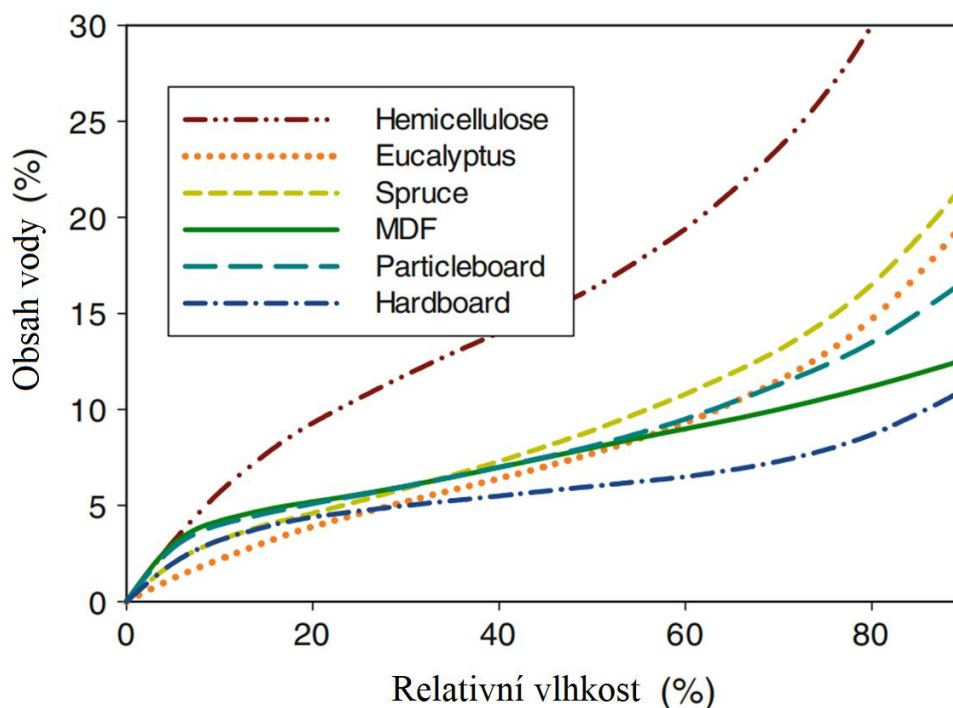
1. Úvod

Cementotřískové kompozity jsou tvořeny ze smrkových třísek a cementu, které jsou spojeny dohromady pomocí cementového tmelu. Běžně jsou tyto desky používány, ve stavebnictví jako podlahové systémy, fasádní obklady, střešní krytina, protipožární aplikace, podhledy, ztracená bednění, výplně zábradlí a další. Dřevo-cementové kompozity jsou poměrně populární s ohledem na příznivou kombinaci užitných vlastností (pevnost, trvanlivost, požární odolnost atd.). V konstrukci jsou zpravidla

tyto kompozitní materiály vystaveny kontaktu s vlhkostí. Proměnlivá vlhkost pak může mít negativní vliv na vlastnosti dřevěné složky těchto kompozitů. Při výkyvech vlhkosti dochází ke změně rozměrů a hmotnosti dřevěných třísek. Toto vede ke vzniku tlaku, který působí na okolní cementovou matici a celkové změně rozměrů a hmotnosti daného kompozitu. Objemové změny kompozitního materiálu jsou podstatné jak z hlediska vlivu na jeho vlastnosti, tak s ohledem na jeho funkčnost v daném konstrukčním celku.

Dřevo se skládá z celulózy, hemicelulózy, ligninu a příp. dalších minoritních složek. Některé složky dřeva do určité míry mohou negativně ovlivnit vlastnosti dřeva (viz Obr. 1) a tím i cementotřískového kompozitu. Proto je vhodná úprava vlastností, resp. složení dřeva je nutné upravit – stabilizovat. Stabilizace, někdy také mineralizace, nevratně změní strukturu a chemické složení dřeva. Primárním cílem je zpravidla odstranění hemicelulózy, dále změna struktury celulózy nebo depolymerace uhlovodíků s dlouhými řetězci a ligninu. Hemicelulóza je problematická nejen z hlediska absorpce zvýšeného množství vody, ale také kvůli negativnímu vlivu během zrání cementové matrice. Máme několik typů mineralizací například: mechanickou, chemickou, tepelnou, hydrotermální a biologickou. Hlavním cílem je zlepšit odolnost proti absorpci vody a zvýšit rozměrovou stabilitu dřeva.

Dřevo a kompozitní materiály s obsahem dřeva podléhají objemovým (rozměrovým) a hmotnostním změnám v souvislosti s hygroskopicitou. Změny obsahu vlhkosti (změny hmotnosti) vybraných hmot, materiálů a složek dřeva jsou znázorněny na následujícím obrázku (viz Obr. 1). Z průběhu křivek je patrné, že smrk může vykazovat změny vlhkosti (hmotnosti) až o 15–20 %, což není z hlediska např. velkoplošných fasádních panelů zanedbatelné.

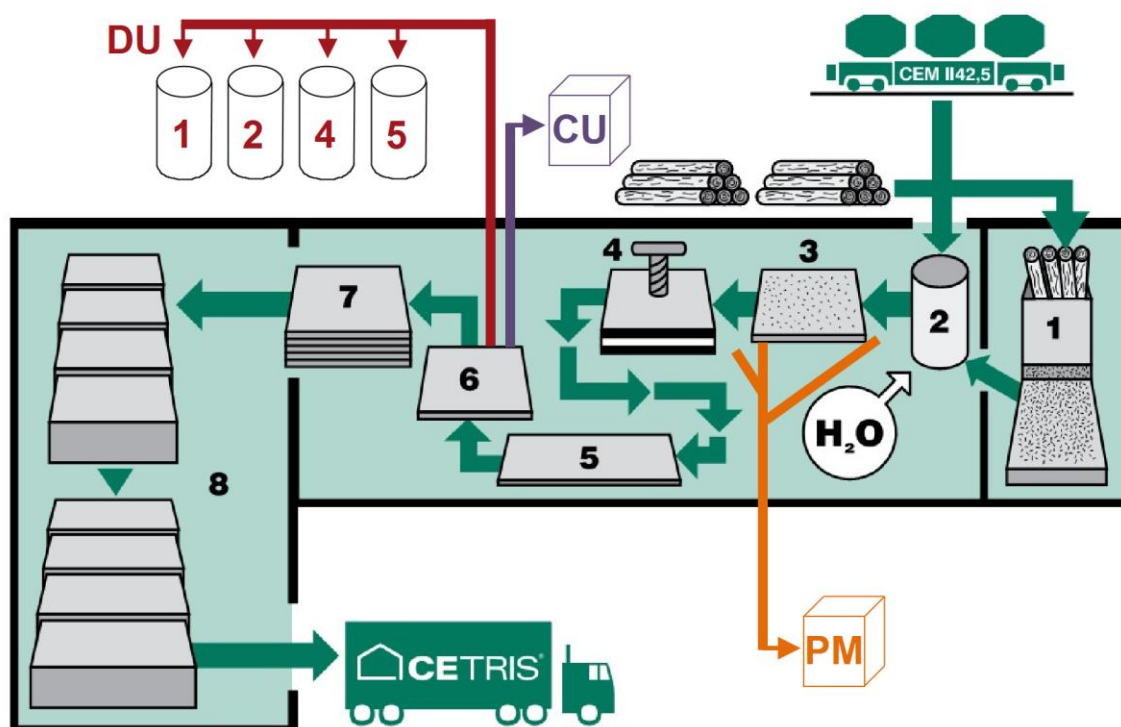


Obr. 1 : Sorpční izotermy hemicelulózy, vybraných dřevin a dřevotřískových desek [1.]

Vlivem nasycení hmot vlhkostí a následným vysušením dochází k jevu – hysterezi. Hystereze dřeva je tedy jev, ke kterému dochází při změnách vlhkosti. V praxi má za důsledek nevratnou změnu objemu i hmotnosti dřeva. U cementotřískových desek může tento jev souviset také s uvolněním zbytkových tlakových napětí uvnitř dřevěné struktury vzniklé během lisování. [10.]

Jednou z možností zlepšení stabilizace dřevní hmoty je využití alternativní suroviny, která obsahuje již jednou stabilizovanou dřevní hmotu. Z tohoto hlediska se jeví jako velmi výhodné využití prachu vznikajícího při opracování cementotřískových desek. Tento prach je zachytáván v části výrobní linky pro formátování desek a broušení jejich povrchu. Jedná se o poměrně jemnou partikulární látku, které je ročně vyprodukováno cca 7 tis. t. Následující obrázek uvádí schéma výroby cementotřískových desek (viz Obr. 2). Výrobu lze shrnout do několika bodů. Úprava dřevěné kulatiny na třísky. Smíchání

třísek s portlandským cementem CEM I 42,5 R (nebo portlandským směsným cementem CEM II 42,5 R), hydratačními přísadami a vodou. Po mísení je směs dávkována na vrstvicí linku. Vrchní a spodní vrstva obsahuje jemné třísky pro hladší povrch, zatím co jádrová vrstva obsahuje třísky hrubší pro lepší mechanické vlastnosti. Takto navrstvená směs je štosována na ocelových plátech, které jsou následně transportovány do lisu. Hydraulickým lisem je navrstvená směs stlačena na 1/3 sypané tloušťky. Po slisování probíhá proteplení desek v parní komoře po dobu 8 hodin při teplotě 60 °C a relativní vlhkosti 95 %. Tímto jsou dosaženy manipulační pevnosti. Po vytvrzení putují do klimatizační komory na 7 dní. Desky se potom vysuší na vlhkost max. 9 % a formátují na požadovanou velikost, příp. je opracován (broušen povrch a hrany) desek, kde právě vzniká zmíněný prach (viz Obr. 2 – DU 1-5).



Obr. 2 : Production scheme of CIDEM Hranice, a.s cement-bonded particleboard: 1—spilling; 2—preparation of mixture; 3—layering of boards; 4—pressing; 5—drying; 6—formatting; 7—storage; 8—transport (red DU 1, 2, 4, 5—silos for collecting the dust; violet CU—covered space for collecting cuttings from formatting particleboards; orange PM—covered space for storing the particle mixture). [3.], [11.]

2. Vstupní suroviny, navržené hmoty a metodika experimentů

Cementotřískové desky pro experimenty byly vyrobeny v závodě spol. CIDEM Hranice, a.s. Referenční receptury se skládaly z 63 % dřeva ve formě třísek, 25 % portlandského cementu nebo cementu směsného (CEM I 42,5 R a CEM II 42,5 R), 10 % vody a 2 % hydratačních přísad. Dále byla navržena receptura s přidáním prachu vznikající při opracování cementotřískové desky. U této receptury byl nahrazen portlandský směsný cement v 6 % a náhrada smrkových třísek v 2 %. Pro výzkum byly navrženy tyto receptury:

- Receptura Po – standardní referenční receptura na bázi portlandského cementu CEM I 42,5 R;
- Receptura Sm – receptura na bázi směsného portlandského cementu CEM II 42,5 R;
- Receptura Sm/Pr – receptura na bázi směsného cementu (struskoportlandský) pevnostní třídy 42,5 R a prachu vznikajícího při opracování cementotřískových desek (6% náhrada cementu a 2 % náhrada smrkových třísek).

Vlastnosti a složení prachu z opracování cementotřískových desek je předmětem publikací [4.], [5.] and [11.].

Záměrem zde prezentovaného výzkumu bylo posouzení chování modifikovaných desek při změnách relativní vlhkosti okolí. Konkrétně se jednalo o stanovení absorpčních a desorpčních křivek v průběhu nárůstu a poklesu vlhkosti s následnou komparací fyzikálně-mechanických vlastností (před a po vystavení vlhkosti). Tímto způsobem byl nepřímo ověřen i vliv na stabilizaci vlastností z hlediska kolísání vlhkosti.

Zkušební postup pro ověření hygroskopicity byl inspirován technickou normou ČSN EN 318, která definuje tělesa o rozměrech $(300 \pm 2) \text{ mm} \times (50 \pm 2) \text{ mm} \times t$. Pro účely experimentu byl postup modifikován tak, že byla použita zkušební tělesa o rozměrech lépe charakterizující reálně používané cementotřískové desky ve stavebních konstrukcích. Cementotřískové kompozity byly vyrobeny o rozměrech $350 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$. Od každé receptury byla připravena 4 tělesa pro každý sledovaný parametr.

Norma ČSN EN 318 specifikuje podmínky stanovení adsorpce v rozmezí relativní vlhkosti 65 % až 85 % a desorpce pak v intervalu 65 % až 30 %. Tyto hranice byly upraveny pro detailnější popis a pochopení chování desek při větším rozsahu změn relativní vlhkosti. Konkrétně probíhalo testování v intervalech po 10 % změně relativní vlhkosti v rozmezí 0 % (vysušená tělesa) až 90 %, resp. 96 %. Z takto stanovených hodnot (rozměry, hmotnosti atd.) byly vytvořeny sorpční izotermny vždy pro jednotlivý sledovaný parametr. Vlastnosti byly při každé změně relativní vlhkosti stanoveny až po ustálení hmotnosti zkušebních těles. Stav zkušebního tělesa se považuje za ustálený, pokud se hmotnost neliší o více jak 0,1 % po 24 hodinách (2 po sobě následující stanovení).

Měření objemových změn bylo provedeno mechanickým dilatometrem pomocí mosazných terčů s kuželovými otvory pro umístění hrotů dilatometru. Terče byly fixovány lepidlem Sikadur CF31 na přesně vyměřená místa ve vzdálenosti 300 mm pro vzdálenost ve směru délky a 100 mm pro vzdálenost ve směru šířky tělesa. Přesnost měření byla 0.001 mm.



Obr. 3 : Příprava zkušebních těles pro testování objemových změn vlivem kolísání vzdušné vlhkosti

Modul pružnosti v ohybu a pevnost v ohybu se stanoví zatížením zkušebního tělesa v jeho středu, uloženého na dvou podpěrách. Vzdálenost podpor je vypočítaná jako 20tinásobek tloušťky + 50 mm. Je třeba zdůraznit, že pro testy objemové hmotnosti, pevností a modulu pružnosti byla použita tělesa dle normy EN 310, tj. $290 \times 50 \text{ mm}$. Rychlost zatěžování byla přizpůsobena, aby došlo k maximálnímu zatížení do $60 \pm 30 \text{ s}$. [12.]

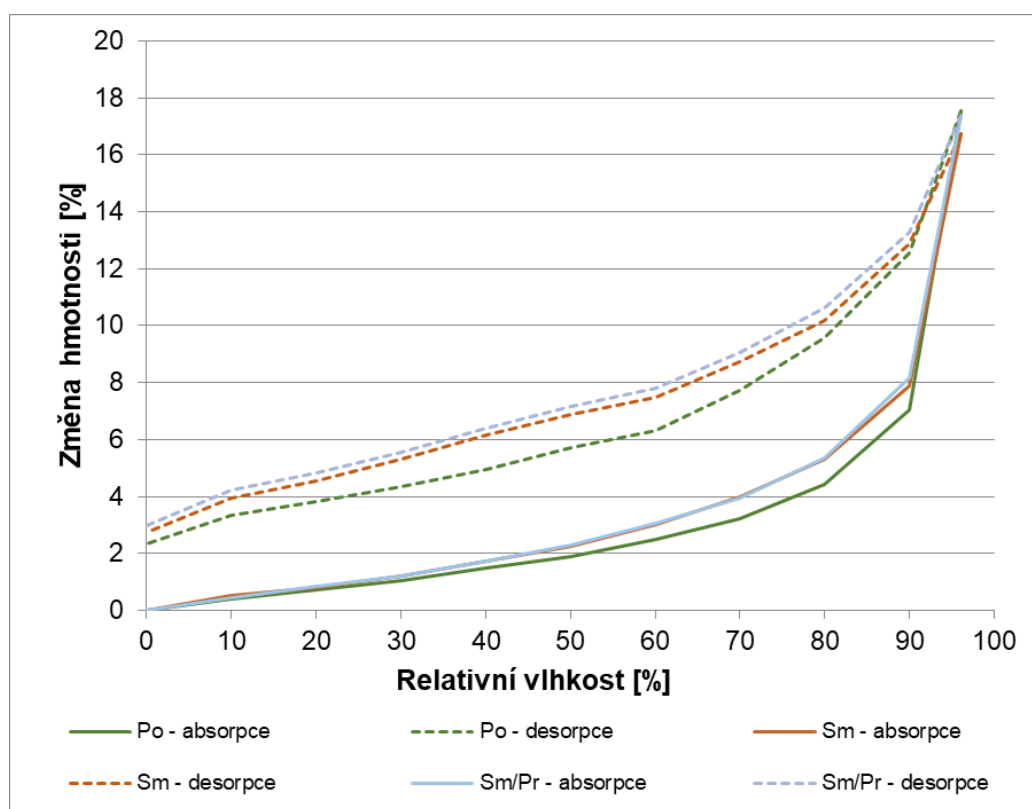
Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky se stanoví při zatížení působícím na zkušební těleso do jeho porušení ve směru kolmo na rovinu tělesa, shodnou s rovinou desky. Zkušební tělesa musí být ve tvaru čtverce s délkou strany $50 \pm 1 \text{ mm}$. Rychlost zatěžování byla přizpůsobena, aby došlo k maximálnímu zatížení do $60 \pm 30 \text{ s}$. [13.]

3. Výsledky a jejich diskuze

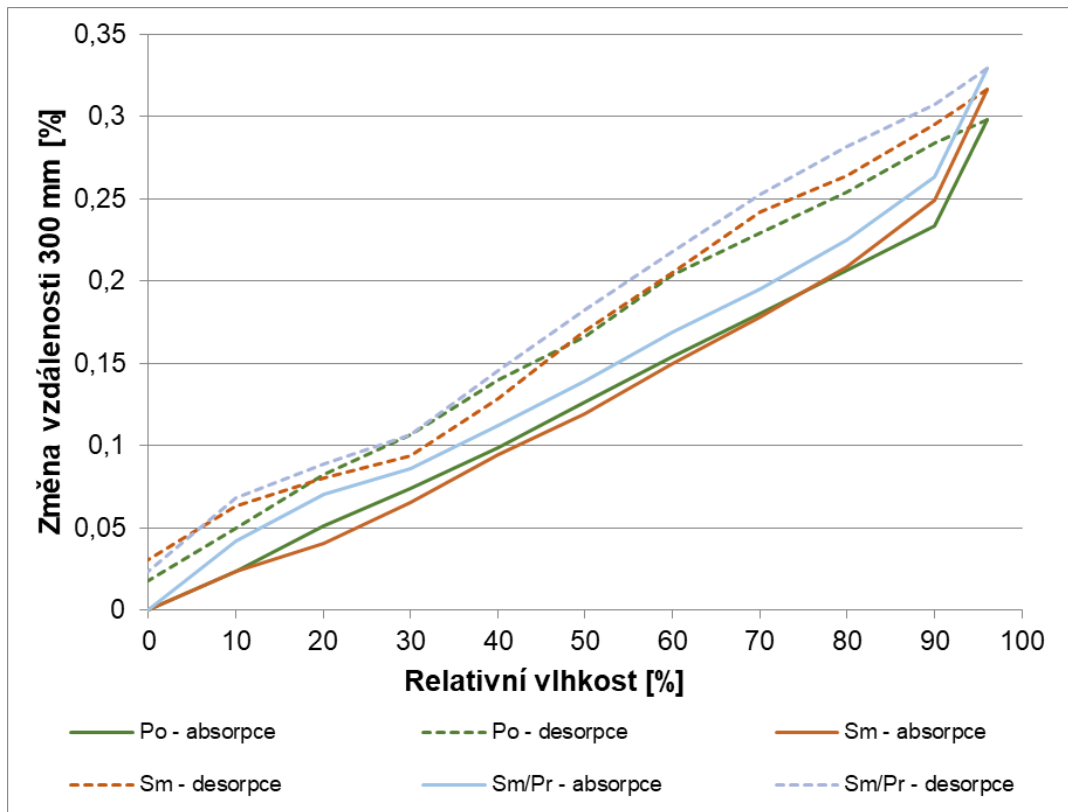
Vlivem změn relativní vlhkosti vzduchu došlo k absorpci a desorpci, kdy v případě parametru hmotnosti byly zaznamenány nejvýraznější změny, tj. až přibližně 18 %. Výsledky poukazují na skutečnost, že vliv složení není z hlediska hygroskopicity zanedbatelný. Nejlépe je možné hodnotit desky Po, tj. referenční na bázi portlandského cementu. Naopak nejvýrazněji se proměnlivá relativní vlhkost projevila změnou hmotnosti u desek obsahujících prachové částice vzniklé při opracování cementotřískových desek (Sm/Pr). Z grafu (viz Obr. 4) je také patrné, že k nejvyššímu nárůstu hmotnosti došlo při relativní vlhkosti 80 % a více. Trendy sorpčních křivek jsou podobné, ale lze si všimnout rozdílů, což je charakterizováno hysterezí, kdy určité množství vody se ze vzdušné vlhkosti do struktury cementotřískových desek naváže (v rozmezí 2,3 % až 3,1 %) a ani při vysušení tato vlhkost není odbourána.

Dalším sledovaným a hodnoceným parametrem byly rozměrové změny v podélném směru desek na úsečkách definovaných mosaznými terči vzájemně vzdálenými 300 mm, a to na rubové i lícové ploše. Dále v grafu (viz Obr. 5) jsou uvedeny pouze průměrné hodnoty pro každou sadu. Nejlépe lze s maximální změnou v lineárním směru hodnotit desky Po, tj. 0,30 %. Naopak nejvíce podléhaly změnám relativní vlhkosti desky Sm/Pr tj. 0,33 %. Sorpční křivky jsou poměrně plynulé, až na nárůst z 90 % na 96 %. Zde je patrná strmější expanze v podélném směru, a to u všech receptur.

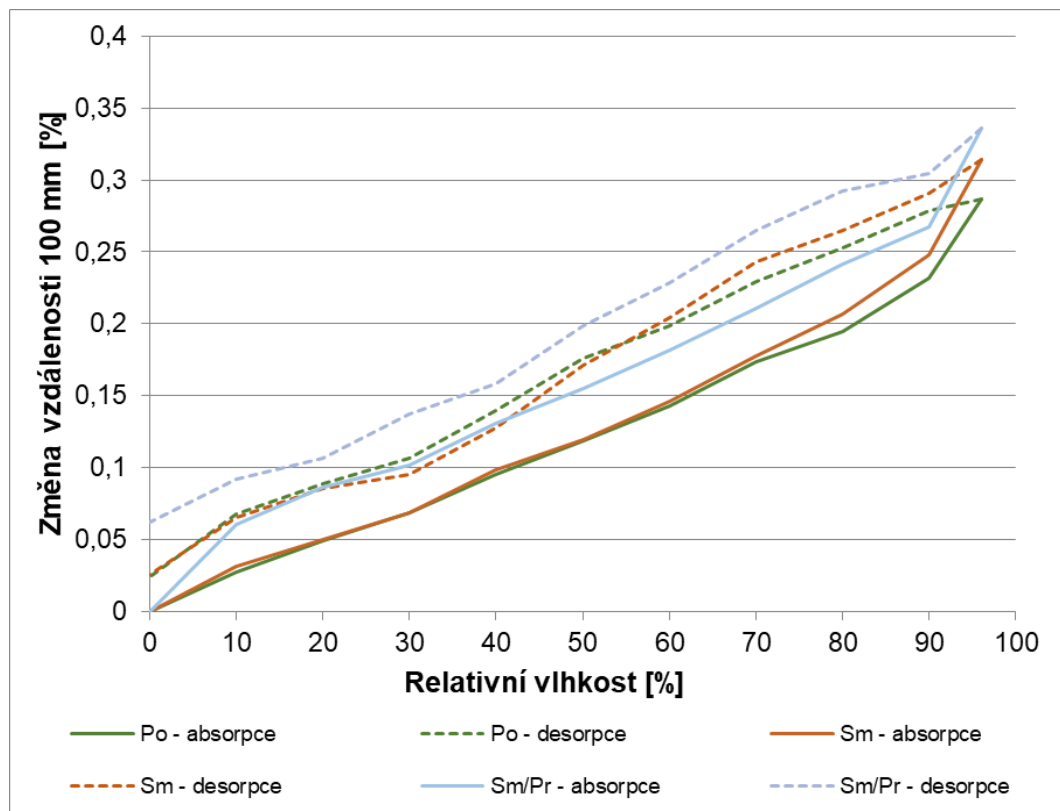
Posuzovaným parametrem byly také rozměrové změny v příčném směru desek na úsečkách definovaných mosaznými terči vzájemně vzdálenými 100 mm a to na rubové i lícové ploše. Dále v grafu (viz Obr. 6) jsou uvedeny pouze průměrné hodnoty pro každou sadu. Trendy vyhodnocených křivek prokazují podobnost průběhu lineárních změn testovaných desek v příčném směru. Nejlépe lze s maximální změnou v příčném směru hodnotit desky Po, tj. 0,29 %. Naopak nejvíce podléhaly změnám relativní vlhkosti desky Sm/Pr tj. 0,35 %.



Obr. 4 Absorpční, desorpční křivky a hystereze – změna hmotnosti



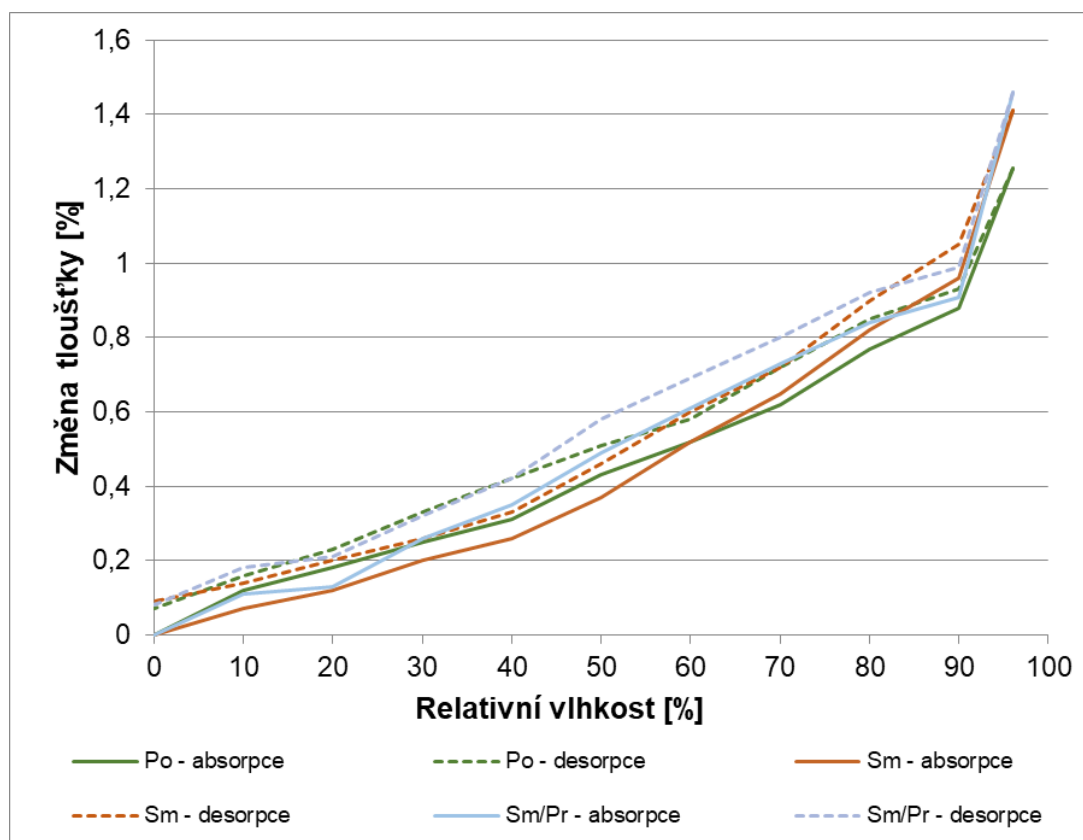
Obr. 5 : Absorpční, desorpční křivky a hystereze – změny stanovené dilatometrem ve směru délky



Obr. 6 : Absorpční, desorpční křivky a hystereze – změny stanovené dilatometrem ve směru šířky

Rozměrové změny ve směru tloušťky dosahují nejvyšších změn (viz Obr. 7). Z hlediska rozměrových změn a jejich vzájemných rozdílů je podstatná orientace smrkových třísek v cementotřískových deskách. Poměrně názorně je toto popsáno v [15.]. Autoři uvádí CT snímky, které prokazují orientaci radiálního a tangenciálního směru třísek převážně kolmo na rovinu desky, čímž lze zdůvodnit největší rozměrové změny právě ve směru tloušťky. Významné rozměrové, resp. objemové změny dřeva v radiálním a tangenciálním směru zkoumali a zjistili autoři v [7.][9.].

V případě všech testovaných receptur se největší změna odehrává v rozmezí relativní vlhkosti 90 % a 96 %, kdy maximální stanovená změna tloušťky byla 1,5 % (receptura Sm/Pr). Nejlépe je možné hodnotit opět referenční desky Po, tj. změna 1,3 %. Je ovšem patrné, že rozdíly nejsou v porovnání s ostatními změnami rozměrů tolik patrné. Jev hystereze se u tloušťky projevil přibližně dvojnásobně v porovnání s ostatními hodnocenými změnami rozměrů.

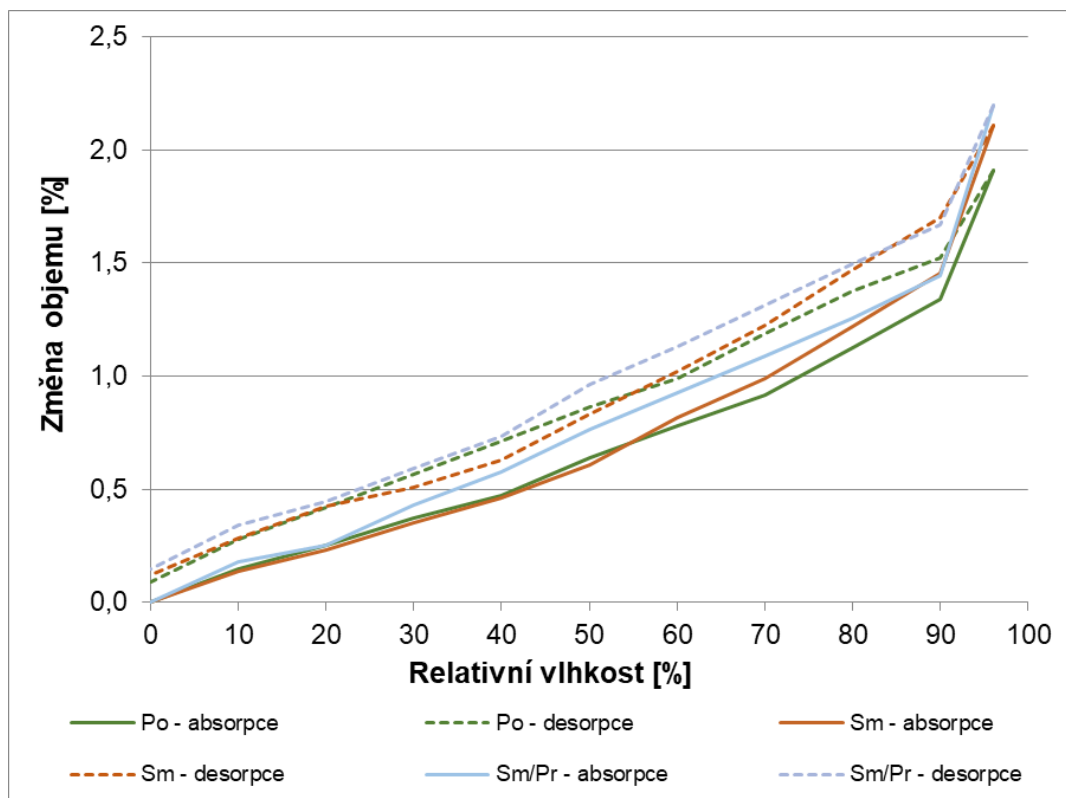


Obr. 7 : Absorpční, desorpční křivky a hystereze – změny stanovené mikrometrem ve směru tloušťky

Sorpční izotermy charakterizující změny objemu (viz Obr. 8) dosahují maxima při vystavení desek relativní vlhkosti 96 %. Maximální expanzní změny se pohybují v rozmezí 1,9 % až 2,3 %, kdy hystereze nepřesahuje 0,18 %. Z průběhu křivek je zřejmé, že nejlépe odolné vůči změnám relativní vlhkosti jsou desky referenční, tj. Po. Nejvýraznější změny objemu lze pozorovat u receptury s použitím prachu Sm/Pr. Náhrada cementu prachovými částicemi má nejvýrazněji negativní vliv na chování desek za proměnlivých vlhkostních podmínek.

Výsledky poukazují na skutečnost, že složení cementotřískových desek dokáže výrazně ovlivnit jejich hygroskopicitu, což souvisí s chováním desek a změnami jejich vlastností, především objemových změn za proměnlivé relativní vlhkosti okolí. Nejvíce rezistentní vůči objemovým a hmotnostním změnám je standardně vyráběná cementotřísková deska na bázi portlandského cementu (receptura Po). Nejvíce naopak podléhají změnám desky obsahující prachové částice cementotřískových desek jako substituenty primárních složek směsi. Nejvýraznější změny byly ze sledovaných parametrů zaznamenány v případě hmotnosti (v porovnání se změnami jednotlivých rozměrů a objemu). Hystereze dřeva byla zaznamenána u všech receptur – Po, Sm a Sm/Pr a to kolem 0,09, 0,12 a 0,15 % změny

objemu a změna hmotnosti se pohybovala kolem 2,3, 2,7 a 3 % u jednotlivých receptur. Složení směsi pro výrobu cementotřískových desek má vliv mimo jiné i na stabilizaci smrkových třísek, což se projevilo při testování hygroskopicity desek.

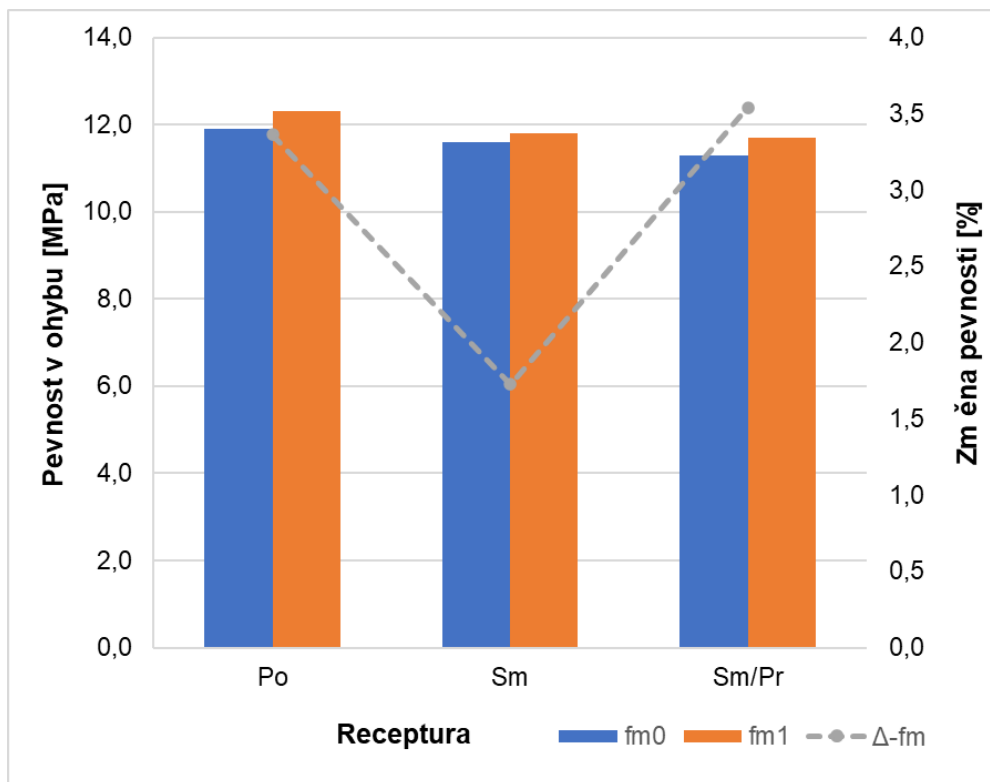


Obr. 8 : Absorpční, desorpční křivky a hystereze – změny objemu

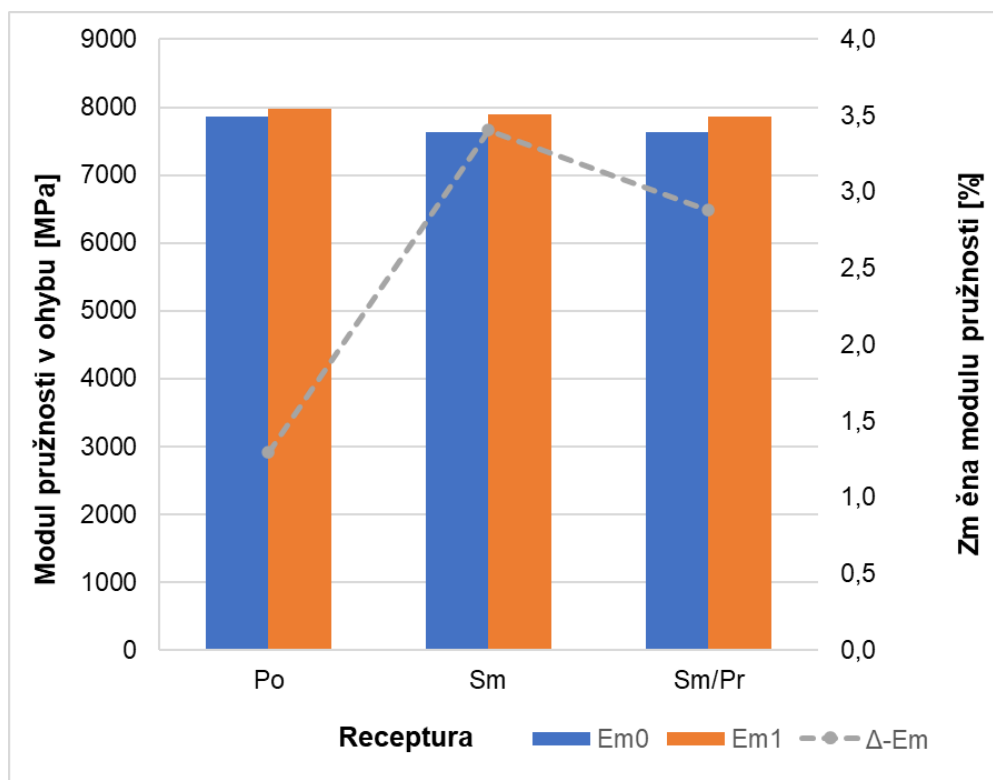
Vlivem vystavení desky vlhkosti došlo k nárůstu parametrů. Dodatečné dodání vody pomohlo cementové matici v pokračující hydrataci, které mělo pozitivní efekt na zpevnění struktury matrice, a tedy i vývoj vlastností cementotřískové desky. Dále došlo během saturace smrkových třísek vodou k jejich expanzi a v určité míře i uvolnění reziduálních napětí vnesených při výrobě desek [10.], které mohlo přispět k ztuhnutí a zpevnění struktury desek. Důležité je, že nedošlo k překročení meze pevnosti uvolnění reziduálního napětí. V takovém případě by došlo k poklesu parametrů, které by se nejvíce projevilo na rozlupčivosti, která charakterizuje pevnost v tahu kolmo na rovinu desky.

Nebyla vyzkoušena závislost změny parametrů vlivem vzdušené vlhkosti na složení desek, přičemž nárůst parametrů se pohyboval v řádech jednotek procent. Parametry podléhaly změnám vlivem typu a množství modifikačních složek, matrice a třísek. I když se nejhůře projevila receptura Sm/Pr, tak výkyvy vlastností nebyly z porovnání s referenční recepturou výrazné.

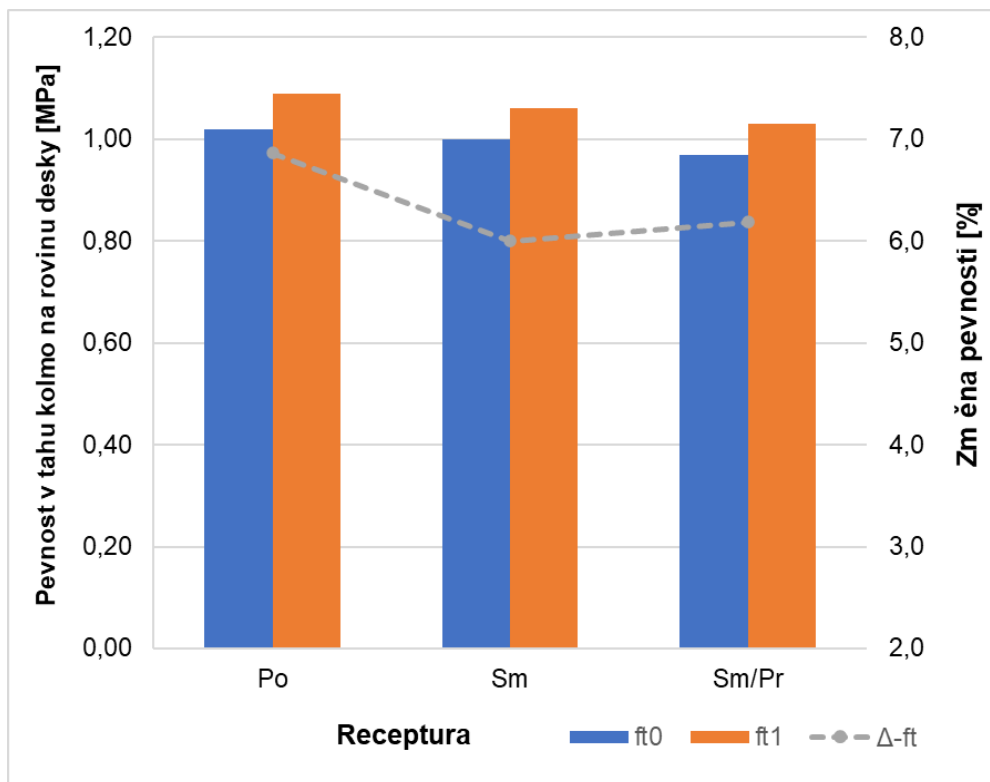
V případě všech typů a prostředí uložení byl splněn požadavek na pevnost v ohybu dle EN 634-2 [14.], tj. všechna zkušební tělesa vykazovala pevnost v ohybu $\geq 9 \text{ N/mm}^2$. Stejně tak byl splněn požadavek na modul pružnosti v ohybu, a to konkrétně pro třídu 1, kdy desky vykazovaly hodnoty $\geq 4500 \text{ N/mm}^2$. Pro pevnost v tahu kolmo na rovinu desky je v EN 634-2 uveden požadavek na hodnoty $\geq 0.5 \text{ N/mm}^2$, což bylo rovněž splněno. Testované desky vykazovaly značně vysoké hodnoty pevnosti v tahu, neboť minimální požadavek EN 634-2 byl překročen o cca 100 %.



Obr. 9 : Pevnost v ohybu před a po vystavení desek změnám vlhkosti



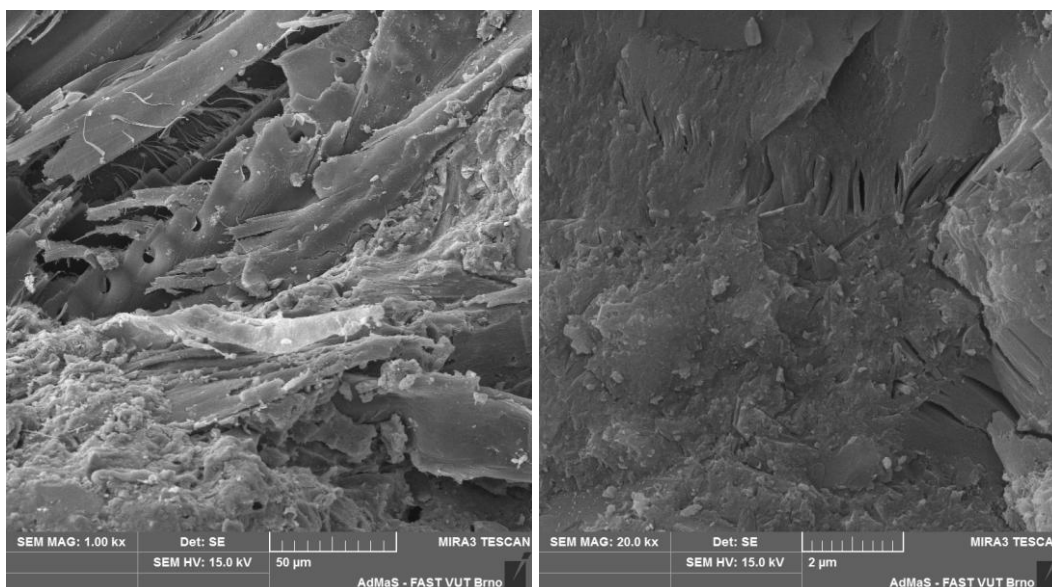
Obr. 10 : Modul pružnosti v ohybu před a po vystavení desek změnám vlhkosti



Obr. 11 : Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky před a po vystavení desek změnám vlhkosti

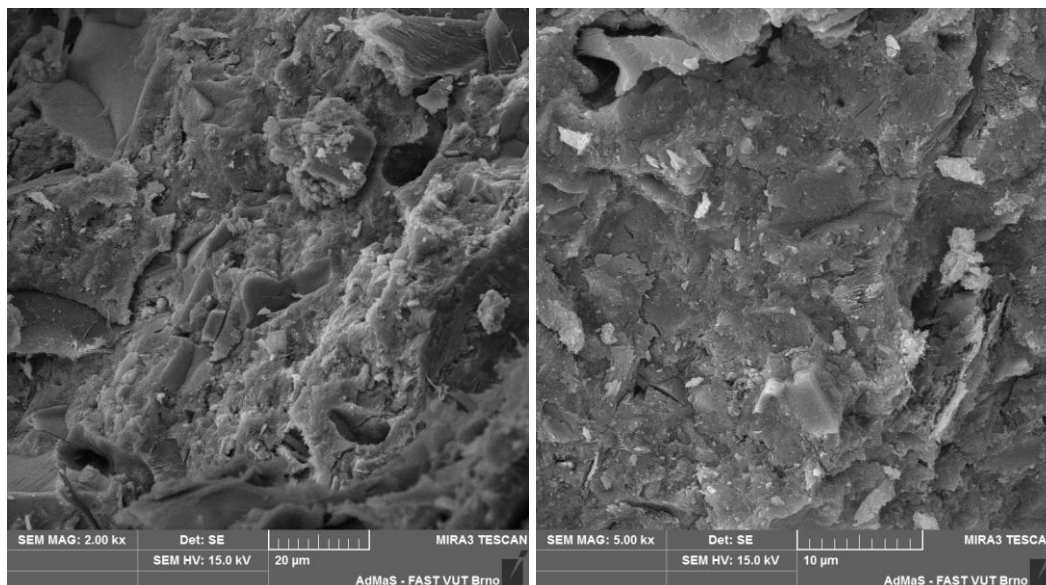
Následující snímky zobrazují mikrostrukturu vybraných typů testovaných cementotřískových desek (viz Obr. 12 a Obr. 13). Při analýze mikrostruktury byla pozornost zaměřena na kompaktnost cementové matrice, a to i v okolí smrkových třísek, provázání buněčné struktury třísek s cementovou matricí, resp. penetrace hydratačních produktů do smrkových třísek a dále také vývoj struktury vlivem vystavení zvyšující se relativní vlhkosti.

Z provedené analýzy je patrné, že struktura testovaných desek je kompaktní, kdy cementová matrice velmi dobře spolupůsobí se smrkovými třískami. Podstatná je skutečnost, že vlivem vystavení desek zvýšené vzdušné vlhkosti nedochází pouze k dodatečné hydrataci cementu, ale také k částečnému zapojení alternativních složek.



Obr. 12 : Mikrostruktura desky Sm před (vlevo) a po (vpravo) vystavení proměnlivé relativní vlhkosti okolí

Na obrázku níže (viz Obr. 13) lze patrný detail kompaktní struktury při použití částic prachu jako alternativní složky pojiva i plniva. Struktura desek Sm/Pr se rovněž jeví jako hutná a kompaktní. Vlivem působení vlhkosti se tato struktura jeví jako hutnější, což potvrzuje mikroskopický snímek. Částice prachu (pocházejícího z opracování cementotřískových desek) jsou kompatibilní s cementovou maticí, resp. surovinovou směsí pro výrobu desek, což je dokumentováno faktem, že nelze jednoznačně identifikovat rozhraní mezi těmito částicemi a maticí desek.



Obr. 13 : Mikrostruktura desky Sm/Pr před (vlevo) a po (vpravo) vystavení proměnlivé relativní vlhkosti okolí

4. Závěr

V návaznosti na dosažené výsledky je patrné, že složení cementotřískových desek ovlivňuje jejich hygroscopicitu, což souvisí s chováním desek a změnami jejich vlastností, především objemových změn za proměnlivé relativní vlhkosti okolí. Složení matrice cementotřískových desek má také mimo jiné vliv na stabilizaci obsažených smrkových třísek.

Stanovené sorpční izotermny prokázaly rozdílné chování desek během nárůstu a poklesu okolní vzdušené vlhkosti, které byly desky vystaveny vždy po takovou dobu, aby došlo k ustálení jejich hmotnosti. Výsledky a zjištěné poznatky prokazují či poukazují na následující skutečnosti:

- Nejlépe odolává vůči objemovým a hmotnostním změnám standardně vyráběná cementotřísková deska na bázi portlandského cementu (receptura P).
- Naproti tomu desky obsahující prachové částice jako substituent primárního pojiva směsi podléhají změnám nejvýrazněji.
- Z hlediska hodnocených vlastností byly nejvýraznější změny stanoveny v případě hmotnosti (při komparaci se změnami jednotlivých rozměrů a objemu).
- Stanovené difference mezi jednotlivými recepturami nejsou příliš výrazné, což přibližně koresponduje s kompatibilitou a množstvím surovin ve směsi pro výrobu cementotřískových desek.
- Hystereze byla zaznamenána kolem 0,1 % změny objemu, což je v porovnání s výsledky prezentovanými jinými autory mírně nižší hodnota. Jednalo se ale o desky s vyšším obsahem alternativních složek a mnohdy i složek nižší kvality (např. odpadní papír [10.], atd.).
- Složení směsi pro výrobu cementotřískových desek má vliv mimo jiné i na stabilizaci smrkových třísek, což se projevilo při testování hygroscopicity desek.
- Pro navazující výzkum se jeví jako vhodná možnost optimalizace dávky prachu, kdy by bylo možné dávkovat do směsi pro výrobu cementotřískové desky vyšší množství této alternativní složky (jako substituentu cementu, resp. portlandského slinku).

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory projektu GA ČR číslo 22-06991S s názvem „Stabilizace vlastností a struktury smrkového dřeva s ohledem na trvanlivost dřevo-cementových kompozitů“ a projektu číslo FAST-S-23-8195 “Mechanismy spolupůsobení modifikovaných dřevěných částic a silikátových matic na bázi alternativních surovin”.

5. Literatura

- [1.] Manuel Raul Pelaez-Samaniego, Vikram Yadama, Eini Lowell, Raul Espinoza-Herrera, A review of wood thermal pretreatments to improve wood composite properties, *Wood Science technologie* (2013) 47: str. 1285-1319
- [2.] Cetris. [online]. [2013-12-14]. Dostupné z: <https://cetris.lmcore.cz/>
- [3.] Cetris. [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: http://www.cetris.cz/pagedata_cz/download/511_ppp_kap-02.pdf
- [4.] Melichar, T.; Venhodová, E.; Bydžovský, J. Analyzing of alternative raw materials for production of cement-bonded particle boards. *Advanced Materials Research* 2014, Volume 923, pp. 108–111.
- [5.] Melichar, T.; Bydžovský, J. Influence of dust waste containing a silicate matrix and organic filler on properties of cement composites [Vliv prachového odpadu s obsahem silikátové matrice a organického plniva na vlastnosti cementových kompozitů]. *Waste Forum* 2019, Volume 4, pp. 378–390.
- [6.] Vasas, S. Změny vlastností cementotřískových desek vlivem kolísání vzdušné vlhkosti. Brno, 2023. 73 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.
- [7.] Melichar, T., Meszarosova, L., Bydžovský, J. et al. The effect of moisture on the properties of cement-bonded particleboards made with non-traditional raw materials. *J Wood Sci* 67, 75 (2021). <https://doi.org/10.1186/s10086-021-02008-z>
- [8.] Eleni Makarona, Chara Koutzagioti, Constantinos Salmas, George Ntalos, Maria-Christina Skoulikidou, Christos Tsamis, Enhancing wood resistance to humidity with nanostructured ZnO coating, *Nano-Structures & Nano-Objects* 10 (2017) str. 57-68.
- [9.] Zongying Fu, Yongdong Zhou, Xin Gao, Honghai Liu, Fan Zhou, Changes of water related properties in radiata pine wood due to heat treatment, *Construction and building materials* 227 (2019) 116692
- [10.] Joseph Adeola Fuwape, James Sunday Fabiyi, Edward Olusola Osuntuyi. Technical assessment of three layered cement-bonded boards produced from wastepaper and sawdust. *Waste Management* 27 (2007) 1611-1616
- [11.] Tomas Melichar, Jiri Bydžovský, Richard Dvorak, Libor Topolar, Sarka Keprdova, The behavior of Cement-Bonded Particleboard with Modified Composition under Static Load Stress, *Materials* (2021) 14, 6788
- [12.] ČSN EN 310 Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu, ČNI, 1995.
- [13.] ČSN EN 319 Trieskové a vláknité desky. Stanovenie pevnosti v ťahu kolmo na rovinu desky, ČNI 1994.
- [14.] ČSN EN 634-2 Cementotřískové desky – Specifikace – Část 2: Požadavky pro třískové desky spojené portlandským cementem pro použití v suchém, vlhkém a venkovním prostředí, ČNI, 2007.
- [15.] MELICHAR, T.; LÉDL, M.; BYDŽOVSKÝ, J.; DUFKA, A. Effect of use of non-traditional raw materials on properties and microstructure of cement-bonded particleboards. *Waste forum*, 2020, vol. 2020, no. 4, p. 254-262. ISSN: 1804- 0195

Ing. Silvestr Vasas

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví,
Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: 728999010, xvasas00@vutbr.cz*

Ing. Tomáš Melichar, Ph.D.

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří
331/95, 602 00 Brno, tel.: 541147463, Tomas.Melichar@vut.cz*

Ing. Šárka Keprdová, Ph.D

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců,
Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: 541147524, keprdova.s@fce.vutbr.cz*

doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří
331/95, 602 00 Brno, tel.: 541147505, bydzovsky.j@fce.vutbr.cz*

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví,
Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: 541147827, schmid.p@vutbr.cz*