NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR

STAVEBNÍ PARTNER

E-Magazín 2/2019

EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Podnikání
a inovace pro konkurenceschopnost

NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR

NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR, z.s.
Otakara Jeremiáše 6235/38
708 00 Ostrava-Poruba

tel.: +420 558 272 430
e-mail: info@wood-cluster.cz
www.**wood-cluster**.cz

VÝZKUM · VÝVOJ · INOVACE · ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ · STÁŽE · KONFERENCE
VÝSTAVY · SEMINÁŘE · MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

Výzkumné inovační centrum
- dlouhodobé zkoumání a monitorování objektu
- unikátní učební pomůcka postavená v měřítku 1:1
- organizace workshopů

Vývojové a odborné centrum
- vývojové a vzdělávací aktivity
- transfer znalostí z výzkumu do praxe
- motivace žáků ke studiu dřevozpracujících a stavebních oborů

Střediska praxe klastru
- rozvoj odborné kvalifikace a zručnosti žáků
- práce žáků s novými technologiemi
- zvýšení zájmu žáků o praktické vyučování

Školící středisko
- další vzdělávání pracovníků ve školství
- semináře pro odbornou veřejnost
- vzdělávání široké veřejnosti

Mezinárodní spolupráce
- spolupráce s výzkumnou organizací Fraunhofer IWU
- mezinárodní klastrové sítě
- exportní strategie pro nové tržní destinace

Marketing a propagace
- publikační činnost
- akce pro veřejnost
- veletrhy, výstavy, konference

EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro regionální rozvoj
Operační program Podnikání
a inovace pro konkurenceschopnost

NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR

VZNIK KLASTRU A JEHO ČINNOST

Národní dřevařský klastr, z.s. (dříve Moravskoslezský dřevařský klastr, o.s.) vznikl jako jedna z prvních klastrových iniciativ v České republice na základě výsledku projektu – vyhledávací studie, jehož garantem a nositelem bylo Sdružení pro rozvoj Moravskoslezského kraje. Při mapování klastrového potenciálu regionu se po důkladné analýze ukázal dřevozpracující průmysl jako jeden z klíčových faktorů konkurenceschopnosti Moravskoslezského regionu.

Členskou základnu tvoří soukromé podniky, zástupci středních a vysokých škol a další instituce, jejichž společným jmenovatelem je podnikání a činnost úzce spojená s dřevozpracujícím průmyslem, stavebnictvím a příbuznými nebo navazujícími obory. Společně pak tito členové pokrývají celý hodnotový řetězec dřevozpracujícího průmyslu od pěstování dřevní hmoty a její těžbu, přes následné zpracování a výrobu produktů s vysokou přidanou hodnotou až po služby z oblasti podpory, rozvoje spolupráce a vzdělávání.

Členové aktivně spolupracují na realizaci společných projektů v oblastech výzkumu, vývoje, inovací, vzdělávání a propagace. Hlavním cílem je inovovat a dále rozvíjet dřevařský klastr o aktivity, které zlepšují podmínky pro podnikání v dřevozpracujícím průmyslu a posilují vazby mezi výzkumem, vysokými školami a podnikatelskou sférou.

CÍLE

Vytvořit a rozvíjet funkční uskupení dřevařských firem, jejich subdodavatelů a poskytovatelů služeb, které bude působit na zlepšení podmínek pro podnikání v dřevozpracujícím a stavebním průmyslu a posilovat vazby mezi výzkumem, vysokými školami a podnikatelskou sférou. Stát se jedním z vůdčích subjektů smysluplné spolupráce při rozvoji stavebnictví v ČR a prosazovat dřevo jako ekologický materiál ve stavebnictví.

VIZE

- podporovat expanzi stávajících členů klastru, jejich podnikání a získávání dotací
- podílet se na výzkumu a rozvoji inovací v oblasti dřevěných materiálů, konstrukcí a dřevostaveb
- analyzovat nové trendy, výrobní procesy a podporovat inovace a nové technologie
- podporovat rozvoj lidských zdrojů, zvyšování kvalifikace
- popularizaci dřevozpracujících a stavebních studijních oborů
- posilovat mezinárodní spolupráci, hledání nových příležitostí a partnerů pro mezinárodní expanzi

ROZVOJ STAVEBNÍCH OBORŮ V ČESKO-SLOVENSKÉM PŘÍHRANIČÍ

Operační program INTERREG V-A SK-CZ
Realizace: 1. 1. 2018 – 31. 12. 2019
Rozpočet: 218 616 EUR
Spolufinancování z EU: 85%

Dřevozpracující a stavební průmysl, podobně jako další průmyslová odvětví, je závislý na kvalifikované, odborné a kvalitně připravené pracovní síle. Významnou oblastí činnosti NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÉHO KLASTRU, z.s. Ostrava jsou proto také aktivity a projekty, které zkvalitňují a rozvíjí výuku dřevozpracujících a stavebních studijních oborů na všech úrovních – od učebních oborů až po vysokoškolské studijní programy. Ke stěžejním činnostem, které napomáhají zastavit nepříznivý trend ve vzdělávání tohoto průmyslového odvětví, patří rozšiřování praktických poznatků studentů a žáků formou interaktivních workshopů, seminářů, odborných praxí, exkurzí a stáží ve firmách. Další oblastí je rozvoj profesního vzdělávání a posílení odborných kompetencí pedagogických pracovníků při výuce získáním informací o nových materiálech, technologiích a zařízení. Vzhledem k tomu, že příhraniční region mezi Ostravou a Žilinou v podhůří Beskyd má bohaté zásoby dřeva a dlouhodobou tradici ve zpracování této suroviny, rozšířili jsme novou spolupráci také mezi příhraničními středními školami a zaměstnavateli.

Řídícím orgánem Programu Interreg V–A Slovenská republika – Česká republika je Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR. Projekt přeshraniční spolupráce je realizován od ledna 2018 do prosince 2019 s plánovaným rozpočtem 218 616 EUR. Projekt je 85% financován Evropským fondem regionálního rozvoje. Pracovních workshopů, odborné praxe a exkurzí se zúčastní celkem 120 žáků z obou partnerských škol.

Odborná příprava žáků Střední školy stavební a dřevozpracující z Ostravy a Střední odborné školy sv. Jozefa Robotníka v Žilině probíhá na novém strojním vybavení i software pro navrhování staveb, interiérů a nábytku včetně kalkulací cen, spotřeby materiálů a generování výrobních postupů s optimalizací nářezových plánů. Praktická výuka na společných workshopech je zaměřena na rozvoj odborné kvalifikace žáků, jejich zručnost a schopnost postupovat samostatně tak, aby co nejvíce vyhověli potřebám zadavatele práce daného regionu.

V říjnu 2018 proběhly exkurze do výrobních prostor firem na Slovensku: DREVODOM RAJEC, s.r.o., NÁBYTKÁR s.r.o. Ružomberok, FINES a.s. Žilina. Exkurze v dubnu 2019 směřovaly do společností v České republice: Mayr-Melnhof Holz Paskov s.r.o., Lenzing Biocel Paskov a.s., RD Rýmařov s.r.o., TON a.s. Bystřice pod Hostýnem a Trachea a.s. Holešov.

Aktivity projektu doplnila účast studentů na SVOČ 2019, kterou organizovala Dřevařská fakulta Technické univerzity ve Zvolenu. V sekci středních škol soutěžili 3 žáci z Ostravy a 4 žáci ze Žiliny. Vítězem se stal Daniel Fečo s výrobkem violoncello (SOŠ sv. Jozefa Robotníka Žilina), Jan Křižák s výrobkem Stromový dům obdržel 4. místo (SŠ stavební a dřevozpracující Ostrava)
Výměna zkušeností, získání nových informací a kvalitní příprava praktické výuky s důrazem na potřeby dřevozpracujících a stavebních firem přispěje k uplatnitelnosti absolventů dřevařských oborů a tím i k zvýšení konkurenceschopnosti zaměstnavatelů v česko-slovenském příhraničí.

PROJEKTOVÝ MANAŽER:
Ludmila Maková, e-mail: l.makova@wood-cluster.cz

SK-CZ 14-20 INTERREG V-A SLOVENSKÁ REPUBLIKA ČESKÁ REPUBLIKA
EURÓPSKA ÚNIA EURÓPSKY FOND REGIONÁLNEHO ROZVOJA SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Exkurze - Drevodom Rajec, s.r.o.

Exkurze - MM Holz Paskov s.r.o.

DŘEVĚNÁ AKADEMIE

Dotace z rozpočtu Ministerstva zemědělství
Realizace: 1. 1. 2019 – 31. 12. 2019
Rozpočet: 800 155 Kč
Dotace: 560 108 Kč

Je vzdělávací projekt z lesnicko-dřevařské oblasti organizovaný pro širokou veřejnost všech věkových skupin, především však děti a mládež, formou praktických workshopů, poznávacích soutěží a výstavky produktů ze dřeva.

Pomáhá šířit povědomí o významu lesů pro rozvoj společnosti, prezentovat dřevo jako dostupný přírodní obnovitelný materiál, zvyšovat zájem o studium a pracovní uplatnění v dřevozpracujících oborech.

PROGRAM:
- prezentace středních škol a jejich oborů
- praktické workshopy a soutěže
- výstavka studentských prací ze dřeva
- doprovodná akce – Pony days, hračkoviště, kostkoviště, …

PARTNEŘI:
Střední škola stavební a dřevozpracující, Ostrava, www.soustav-ostrava.cz
Střední odborná škola, Frýdek – Místek, www.sosfm.cz
Střední škola řemesel, Frýdek – Místek, www.ssremesel.cz
Střední průmyslová škola, Hranice, www.spshranice.cz
Střední škola nábytkářská a obchodní, Bystřice pod Hostýnem, www.ssno.cz

PROJEKTOVÝ MANAŽER:
Ludmila Maková, e-mail: l.makova@wood-cluster.cz

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR

Dřevěná akademie - workshopy

Dřevěná akademie – práce s cílovou skupinou

prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
Akademický pracovník

VŠB-TU Ostrava
Fakulta stavební
Katedra pozemního stavitelství

tel.: +420 597 321 306
e-mail: darja.kubeckova@vsb.cz

doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
Akademický pracovník

VŠB-TU Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí

tel.: + 420 597 321 302
e-mail: antonin.lokaj@vsb.cz

doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.
Akademický pracovník

VŠB-TU Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavební mechaniky

tel.: + 420 597 321 321
e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz

doc. Dr. Ing. Pavel Král
Akademický pracovník

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav nauky o dřevě

tel.: + 420 545 134 160
e-mail: kral@mendelu.cz

doc. Dr. Ing. Zdeňka Havířová
Akademický pracovník

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav dřevařských technologií

tel.: +420 545 134 086
e-mail: havirova@mendelu.cz

Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.
Akademický pracovník

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

tel.: +420 545 134 010
e-mail: pavla.kotaskova@mendelu.cz

Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.
Akademický pracovník

VŠB-TU Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí

tel.: +420 596 991 375
e-mail: kristyna.vavrusova@vsb.cz

Ing. Jiří Labudek, Ph.D.
Akademický pracovník

VŠB-TU Ostrava
Fakulta stavební
Katedra prostředí staveb a TZB

tel.: +420 597 321 975
e-mail: jiri.labudek@vsb.cz

Ing. Miroslav Vacula
Vedoucí vývoje

CIDEM Hranice, a.s.,
divize CETRIS

tel.: +420 581 676 393
e-mail: vacula@cetris.cz

Ing. Jitka Čechová
Akademický pracovník

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav základního zpracování dřeva

tel.: +420 545 134 162
e-mail: cech@mendelu.cz

Ing. et Ing. Jan Klepárník, Ph.D.
Akademický pracovník

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav techniky

tel.: +420 545 134 155
e-mail: jan.kleparnik@mendelu.cz

Ing. Pavla Mocová Ph.D.
Akademický pracovník

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav dřevařských technologií

tel.: +420 545 134 013
e-mail: pavla.mocova@mendelu.cz

STAVEBNÍ PARTNER
číslo 2, rok 2019
článek č. 1

IVETA SKOTNICOVÁ, DENISA VALACHOVÁ

VLIV VĚTRANÝCH VZDUCHOVÝCH MEZER V OBVODOVÉM PLÁŠTI NA TEPELNĚ VLHKOSTNÍ CHOVÁNÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

ROZBOR A ANALÝZA DAT EXPERIMENTÁLNÍ DŘEVOSTAVBY

Výzkumná zpráva uvádí výsledky rozboru a analýzy dat zjištěné měřením v experimentální dřevostavbě Výzkumného a inovačního centra Národního dřevařského klastru (NDK) v průběhu let 2016 až 2018. Měření dat a jejich analýza byla provedena v rámci disertační práce Ing. Denisy Valachové, Ph.D. z Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava. Podrobné výsledky z měření jsou uvedeny v přílohách citované disertační práce autorky pod názvem „Tepelně vlhkostní analýza lehkých stavebních konstrukcí" a je možné, v případě potřeby, je předložit k nahlédnutí.
Hlavním cílem experimentální analýzy bylo vyhodnocení vlivu větraných vzduchových mezer na tepelně vlhkostní chování lehkých obvodových konstrukcí. Větrané vzduchové mezery jsou součástí skladby dvouplášťové střešní konstrukce a odvětrávané fasády.

Obr. 1: Výzkumné a inovační centrum NDK

doc. Ing. Iveta SKOTNICOVÁ, Ph.D.
VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB,
Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba
tel.: +420 597 321 957, **e-mail:** iveta.skotnicova@vsb.cz

Ing. Denisa VALACHOVÁ, Ph.D.
VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB,
Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba,
tel.: +420 597 321 975, **e-mail:** denisa.valachova@vsb.cz

Experimentální analýza byla zaměřena na:

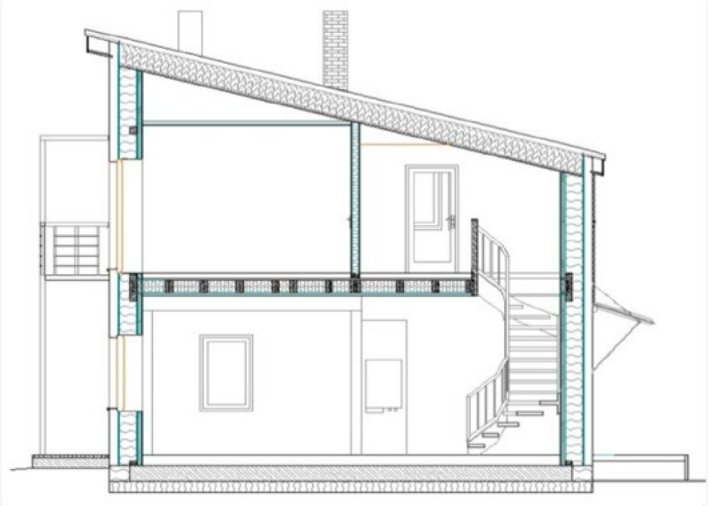
• vyhodnocení výsledků experimentálního měření tepelně-vlhkostních parametrů lehkých obvodových konstrukcí se zaměřením na dvouplášťové konstrukce pro zimní a letní období,
• vyhodnocení výsledků experimentálního měření relativních vlhkostí uvnitř difúzně otevřených konstrukcí pro účely vyloučení vzniku kondenzace vodních par
uvnitř těchto konstrukcí.

1. EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA DVOUPLÁŠŤOVÝCH OBVODOVÝCH KONSTRUKCÍ

2.1 POPIS KONSTRUKCÍ

Sledovaná experimentální budova je z konstrukčního hlediska řešena jako panelová dřevostavba. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepený objekt s pultovou střechou, který je založen na plovoucí základové desce. Z energetického hlediska se jedná o budovu v pasivním standardu, jejíž obvodové konstrukce splňují hodnoty součinitele prostupu tepla doporučené pro pasivní budovy Upas,20 dle ČSN 73 0540-2. Konstrukční a dispoziční řešení budovy je patrné z následujících obrázků č. 2 a 3.

Obr. 2: Experimentální budova: půdorys 1.NP a 2NP



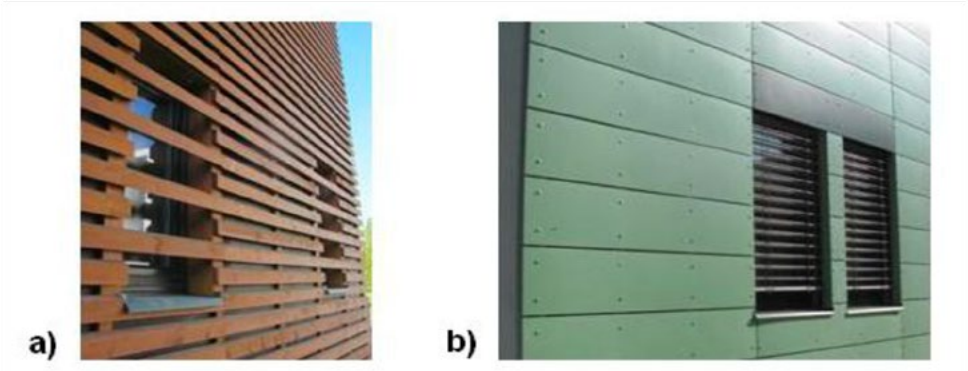
Obr. 3: Experimentální budova: řez

Analyzované konstrukce jsou tvořeny prefabrikovanými panely, které byly vyrobeny za stabilních klimatických podmínek ve výrobní hale. Nosné prvky obvodových stěn a střechy tvoří dřevěné I nosníky Steico. Obvodové konstrukce jsou izolovány dřevovláknitou izolací Steico a to jak mezi nosníky, tak také z vnější a vnitřní strany konstrukcí. Opláštění jednotlivých vrstev obvodových konstrukcí je provedeno ze sádrovláknitých desek Fermacell. Z hlediska šíření vodních par konstrukcí jsou skladby řešeny jako difúzně otevřené, což znamená, že součástí skladby konstrukcí není parozábrana, která by zamezila šíření vodních par konstrukcí. Vodní páry tedy volně difundují konstrukcí směrem z interiéru do exteriéru.

Obvodové stěny jsou řešeny třemi způsoby a to jako obvodová stěna s vnějším kontaktním zateplením a obvodové stěny s provětrávanou fasádou s dřevěným a cementotřískovým obkladem z desek Cetris. V prvním případě, tedy stěny s kontaktním zateplovacím systémem, je vnější povrch konstrukce opatřen dřevovláknitou tepelnou izolací Steico Protect, která je určena speciálně pro tento způsob použití. Jedná o voděodolný, difúzně otevřený typ izolantu. Vnější povrch konstrukce je opatřen tenkovrstvou omítkou.

Obr. 4: Použití tepelného izolantu Steico Protect v kombinaci s omítkovým systémem

Dále je obvodový plášť budovy tvořen již zmíněnými dvěma typy provětrávaných fasád, což znamená, že součástí skladby těchto konstrukcí je provětrávaná vzduchová dutina. První typ provětrávané fasády je tvořen vzduchovou mezerou o tloušťce 20 mm a vnějším dřevěným obkladem. Tento obklad je tvořen dřevěnými lamelami, mezi kterými jsou mezery tloušťky 30 mm. Druhý typ odvětrávané fasády je tvořen vzduchovou mezerou o tloušťce 40 mm a vnějším obkladem z cementotřískových desek Cetris. Tyto desky opět netvoří zcela kompaktní povrch, ale jsou mezi nimi mezery tloušťky 9 mm. Řešení obkladů fasád je zřejmé z obrázku č. 5. V případě prvního typu provětrávané fasády je z tepelně-technického hlediska nevýhodou nekompaktní vnější povrch a malá tloušťka vzduchové mezery. Co se týče tepelného izolantu, který je umístěn na vnější straně konstrukce, jedná se o typ izolace Steico Special, který je primárně určen pro použití ve skladbách střech jako nadkrokevní deska. S ohledem na vlastnosti tohoto materiálu je však vhodné také využití jako pojistná hydroizolační vrstva v odvětrávaných fasádách. Na vnějším povrchu před vzduchovou mezerou je konstrukce opatřena pojistnou fólií proti větru.



Obr. 5: Typy řešení provětrávané fasády: a) dřevěným obkladem, b) obkladem z cementotřískových desek

Střešní konstrukce je řešena obdobným způsobem jako konstrukce obvodových stěn. Jedná se o dvouplášťovou střešní konstrukci. Součástí její skladby je tedy provětrávaná vzduchová mezera o tloušťce 60 mm. Na vnější straně konstrukce je umístěna tepelná izolace Steico Universal, která je určena především pro použití jako podstřešní deska u střech se sklonem do 18°. Vnější povrch tepelného izolantu je v tomto případě opatřen pojistnou difúzní fólií.

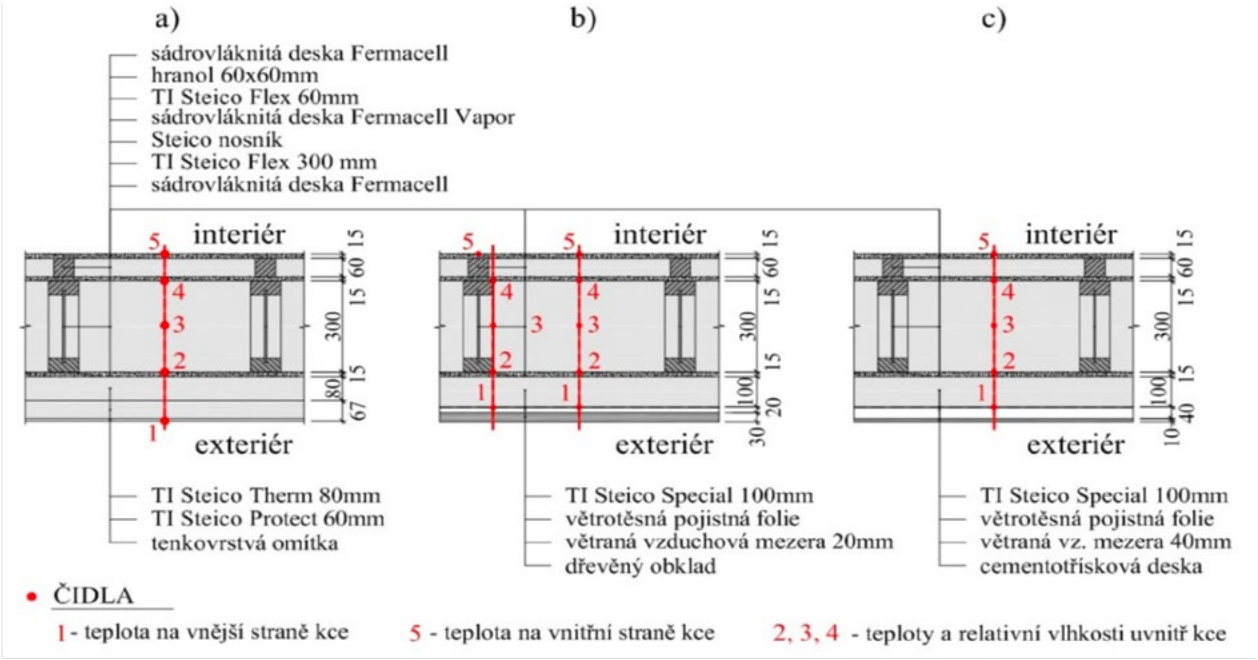
2.2 MĚŘENÉ FYZIKÁLNÍ VELIČINY

Sledovaná budova je vybavena měřícím systémem, díky kterému jsou od uvedení budovy do provozu průběžně zaznamenávány mimo jiné tyto fyzikální veličiny:

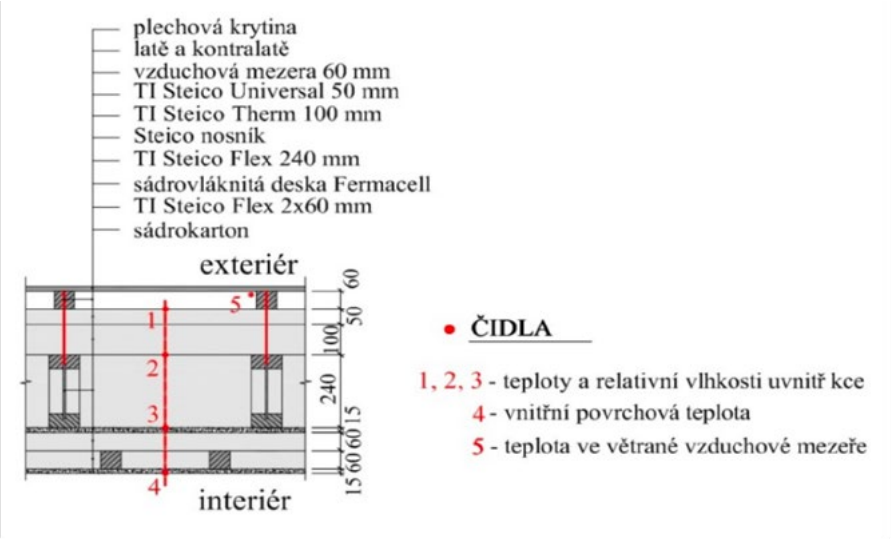
- vnitřní a vnější povrchové teploty lehkých obvodových konstrukcí,
- teploty a relativní vlhkosti uvnitř lehkých obvodových konstrukcí,
- teplota a relativní vlhkost vzduchu uvnitř vzduchové mezery v dvouplášťové střeše,
- teplota a relativní vlhkost vzduchu ve vnitřním prostředí,
- teplota a relativní vlhkost vzduchu ve venkovním prostředí.

Pro tato dlouhodobá měření jsou použita měřící zařízení společnosti TR instruments spol. s r. o. se snímači značky Rotronic. Měřená data jsou zaznamenávána pomocí vícekanálové měřící ústředny dataTaker DT80G Geologger v časovém intervalu 15 min. Čidla pro měření teplot a relativních vlhkostí byla do obvodových konstrukcí zabudována již ve fázi prefabrikace, jak je patrné z obrázku č. 6. Umístění čidel uvnitř obvodových stěn a střechy je uvedeno na obrázcích č. 7 a 8. V rámci získaných dat jsou pro účely tepelně vlhkostní analýzy zvoleny pouze určité časové úseky, které jsou následně vyhodnocovány.

Obr. 6: Zabudování teplotně-vlhkostních čidel do panelu obvodové stěny



Obr. 7: Skladba obvodové stěny a poloha zabudovaných měřících čidel: a) kontaktní zateplovací systém opatřený tenkovrstvou omítkou, b) provětrávaná fasáda s dřevěným obkladem, c) provětrávaná fasáda s obkladem z cementotřískových desek Cetris



Obr. 8: Skladba dvouplášťové střechy a poloha zabudovaných měřících čidel

Za účelem komplexního vyhodnocení chování lehkých obvodových konstrukcí byla provedena další samostatná měření, která doplňují výsledky průběžného monitorování.

Pro zimní a jarní období byla doplněna tato měření:
• teplota uvnitř vzduchové mezery obvodové stěny s dřevěným obkladem,
• teplota a relativní vlhkost uvnitř vzduchové mezery obvodové stěny s obkladem z cementotřískových desek Cetris.

Pro tato měření bylo použito měřící zařízení Arexx viz Obr. 9. Jedná se o systém multifunkčního bezdrátového dataloggeru Arexx BS-510 a snímačů Arexx TSN-TH70E pro měření teplot a relativních vlhkostí a snímačů Arexx TSN-33MN pouze pro měření teplot. Měřená data byla zaznamenávána automaticky v časovém intervalu 45 s.

Obr. 9: Měřící zařízení Arexx

Pro letní období byla doplněna tato měření:
• teplota a relativní vlhkost uvnitř vzduchové mezery obvodové stěny s dřevěným obkladem,
• vnější povrchová teplota na dřevěném obkladu,
• teplota a relativní vlhkost uvnitř vzduchové mezery obvodové stěny s obkladem z cementotřískových desek Cetris,
• vnější povrchová teplota na obkladu z cementotřískových desek Cetris,
• intenzita sluneční radiace na východní a západní fasádě.
Pro tato měření byla použita měřící zařízení Ahlborn viz Obr. 10 a 11. Pro měření byly použity samostatné měřící ústředny ALMEMO 2590 a ALMEMO 2690. Měřená data byla zaznamenávána v časovém intervalu 15 min.

Obr. 10: Měřící zařízení Ahlborn Almemo 2590 a Ahlborn Almemo 2690

Obr. 11: Instalace měřícího zařízení Ahlborn

2.3 ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ TEPLOT A RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ

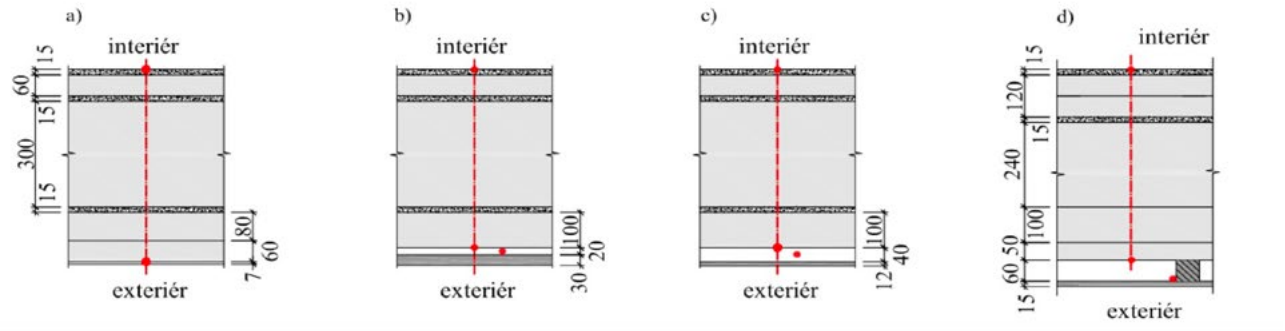
K analýze jsou využita data, která byla získána experimentálním měřením v zimním, jarním a letním období, která jsou získávána průběžným monitorováním chování lehkých obvodových konstrukcí sledované budovy. Zároveň byla v tomto období provedena další doplňující měření pro komplexnější vyhodnocení.

Analýza byla provedena pro tyto konstrukce:
• Obvodová stěna s kontaktním zateplením opatřeným omítkou, orientace konstrukce na jih
• Obvodová stěna s provětrávanou fasádou:
a) s dřevěným obkladem, orientace konstrukce na východ
b) s obkladem z cementotřískových desek Cetris, orientace konstrukce na západ
• Dvouplášťová střecha s větranou vzduchovou mezerou

1.3.1 ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ V ZIMNÍM OBDOBÍ

Měření bylo provedeno v termínu 8.1. – 19.1.2016. Pro analýzu jsou využita data získaná měřením na vnitřním a vnějším povrchu konstrukcí, vnější a vnitřní klimatická data a dále data získaná měřením uvnitř vzduchových mezer. Umístění měřících čidel je uvedeno na Obr.12. Výsledky měření jsou patrné z obrázků 13 až 16. Průběhy teplot jsou zjišťovány ve všech zde uvedených případech v místě mimo tepelný most, tedy v konstrukcích v ose mezi nosnými prvky. Pro porovnání jednotlivých konstrukcí jsou v uvedených grafech zobrazeny tyto hodnoty:

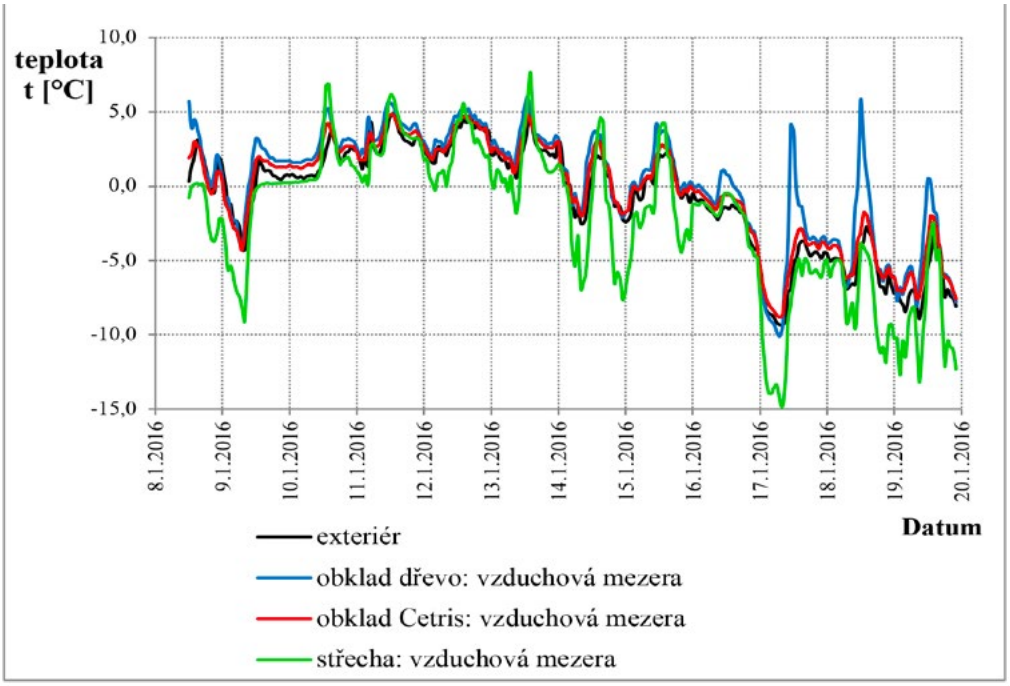
- Venkovní teplota (exteriér)
- Teplota vnitřního vzduchu (interiér)
- Teplota na vnějším povrchu konstrukcí (v případě dvouplášťových konstrukcí na vnějším povrchu před větranou vzduchovou mezerou, nejedná se tedy o teploty na povrchu venkovního obkladu či střešní krytiny)
- Teplota uvnitř vzduchové mezery (pro dvouplášťové konstrukce)
- Teplota na vnitřním povrchu konstrukcí
- Relativní vlhkost vnějšího vzduchu (exteriér)
- Relativní vlhkost vzduchu uvnitř vzduchové mezery pod Cetris obkladem (interiér)



Obr. 12: Polohy měřících zařízení pro zimní a jarní období: a) obvodová stěna s kontaktním zateplením, b) obvodová stěna s dřevěným obkladem, c) obvodová stěna s obkladem Cetris, d) dvouplášťová střecha

ANALÝZA PRŮBĚHŮ TEPLOT

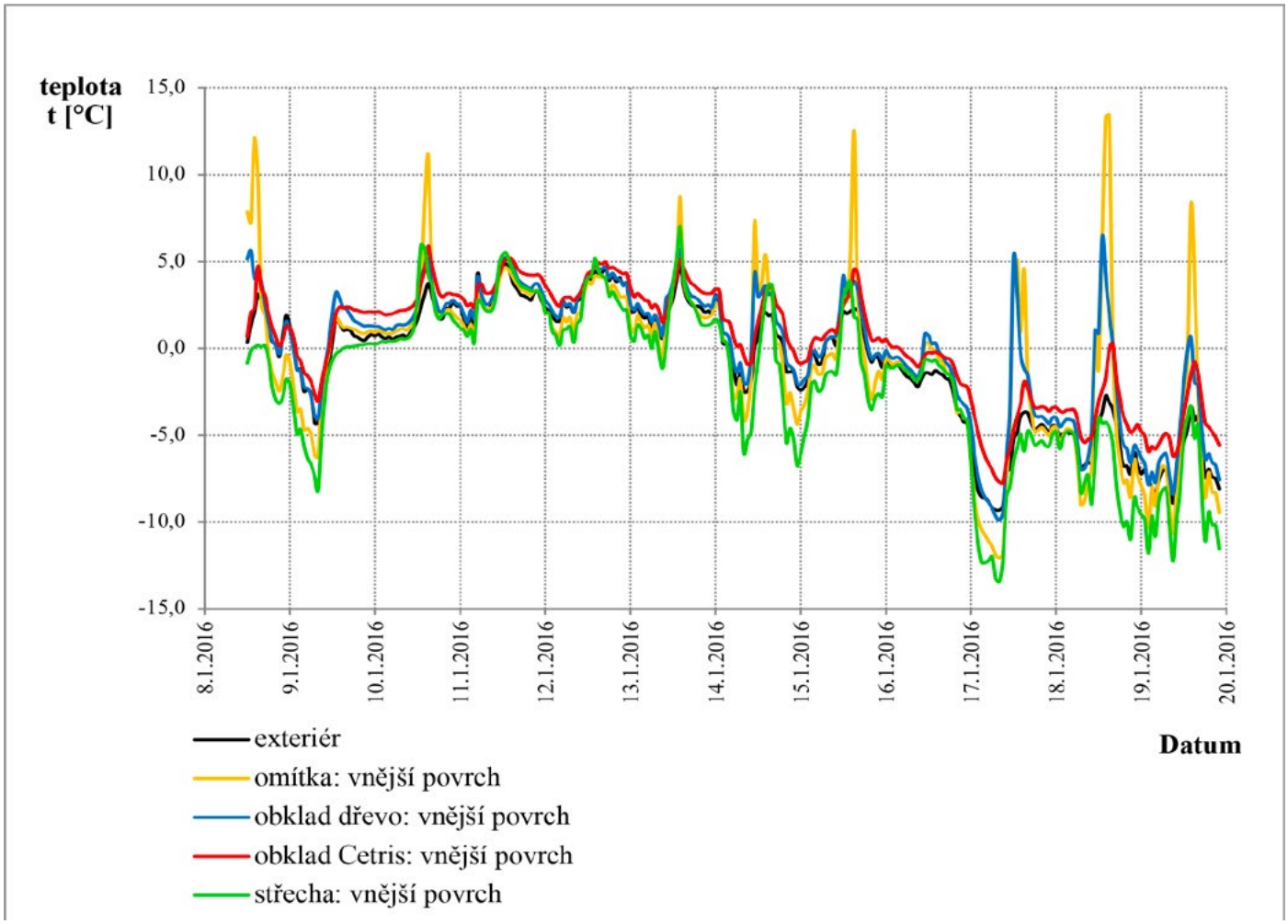
Na obrázku č. 13 jsou graficky znázorněny průběhy teplot na vnější straně konstrukcí. V případě obvodové stěny s kontaktním zateplovacím systémem se jedná o venkovní teplotu (exteriér). Na dvouplášťové konstrukce pak přímo působí teploty, které byly zjišťovány uvnitř provětrávaných vzduchových mezer.



Obr. 13: Průběhy teplot na vnější straně konstrukcí ve sledovaném zimním období

Z naměřených dat jsou patrné následující jevy:
- V případě větrané vzduchové mezery u střešní konstrukce dochází k významným poklesům teploty oproti teplotě vnějšího vzduchu.
- Teploty, které působí na vnějším povrchu dvouplášťových obvodových stěn, jsou prokazatelně vyšší než teplota vnějšího vzduchu a to průměrně o 0,5°C v případě obkladu Cetris a o 1,1°C v případě dřevěného obkladu. Tato skutečnost má mimo jiné pozitivní vliv na energetickou bilanci daných konstrukcí.

Na obrázku č. 14 jsou graficky znázorněny průběhy teplot na vnějším povrchu konstrukcí. V případě dvouplášťových konstrukcí se jedná o teplotu na vnějším povrchu konstrukce před vzduchovou mezerou.



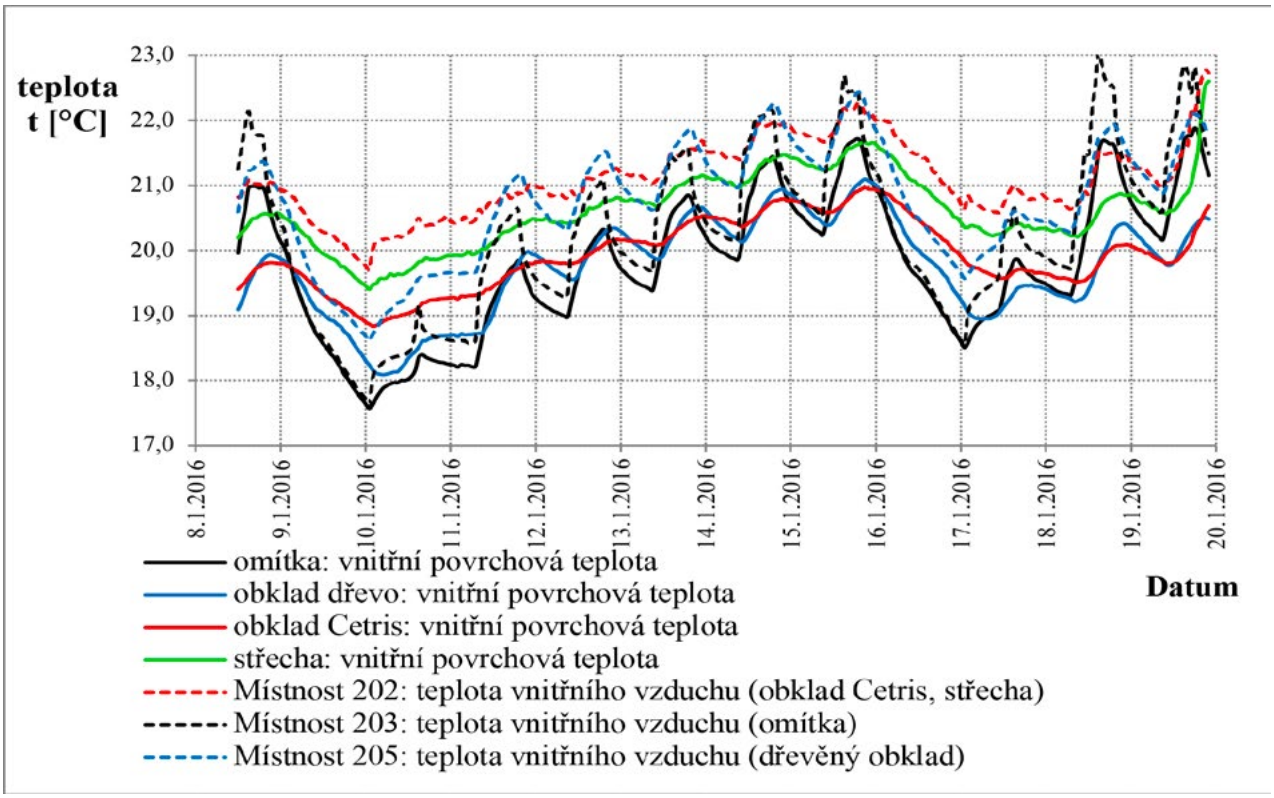
Obr. 14: Průběhy teplot na vnějším povrchu konstrukcí ve sledovaném zimním období

Z naměřených dat jsou patrné následující jevy:
- Nejvíce ochlazovanou konstrukcí je konstrukce střechy. Maximální zjištěný rozdíl mezi vnější teplotou a teplotou uvnitř vzduchové mezery je 5,5°C. V tomto případě je velmi překvapivý zásadní vliv chladného proudění uvnitř větrané vzduchové mezery. Toto je patrné z předchozího obrázku č. 13, kdy byly teploty uvnitř vzduchové mezery v nočních a ranních hodinách podstatně nižší, než teplota vnějšího vzduchu.

- Vliv chladného sálání jasné noční období v případě obvodové stěny s kontaktním zateplením a omítkou. Tato konstrukce je zároveň vystavena největší teplotní zátěži, kdy naopak ve dne dochází k prohřívání vnějšího povrchu konstrukce vlivem solárního záření.

- V případě obvodových stěn s provětrávanou vzduchovou mezerou je patrné, že jsou konstrukce účelně chráněny proti vnějším vlivům a to lze konstatovat na základě stabilnějšího průběhu teplot.

Na obrázku č. 15 jsou graficky znázorněny průběhy teplot na vnitřním povrchu konstrukcí. Zároveň jsou zobrazeny současné hodnoty teplot vnitřního vzduchu, které na sledované konstrukce z vnitřní strany působí.



Obr. 15: Průběhy vnitřních povrchových teplot ve sledovaném zimním období

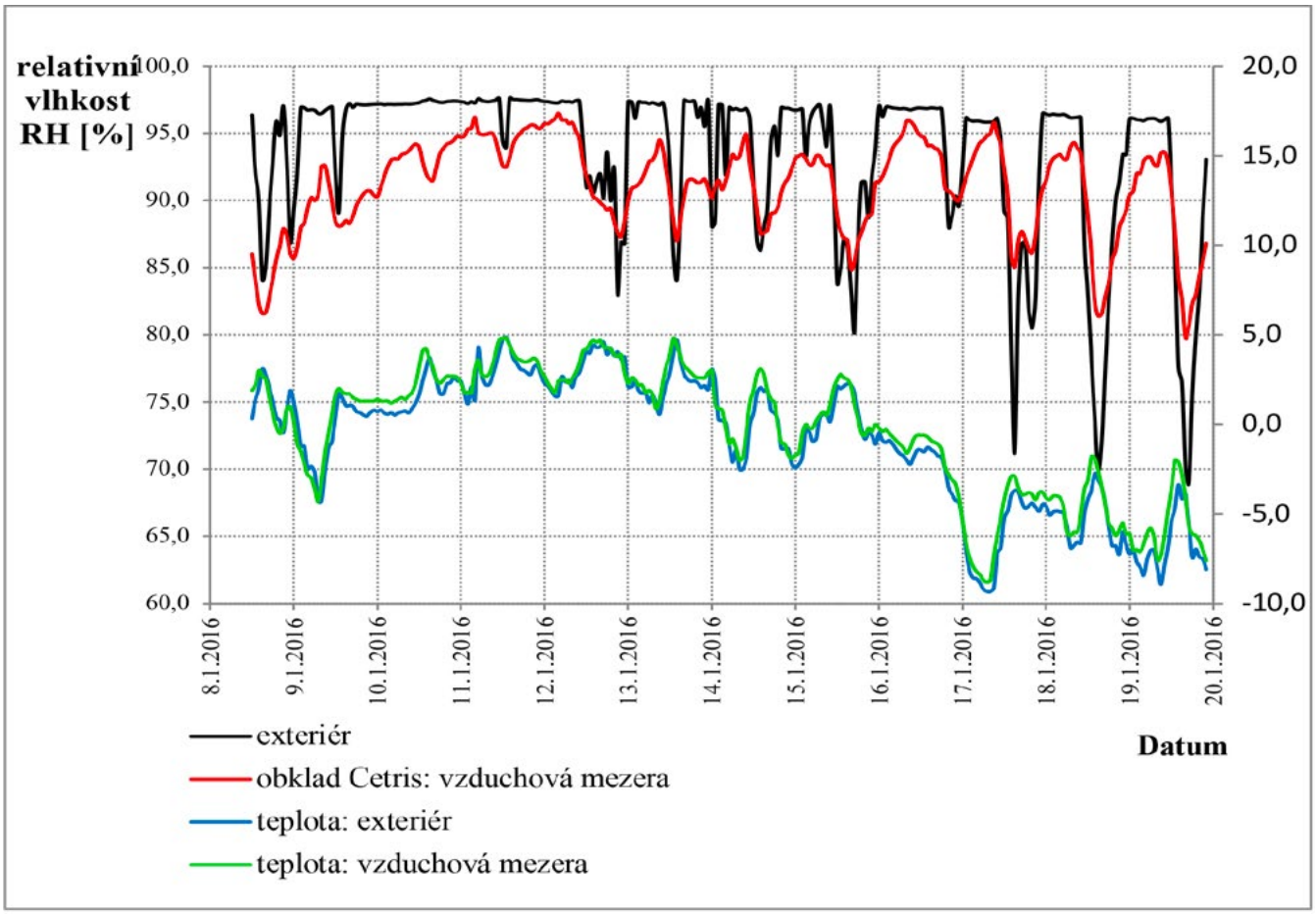
Z naměřených dat jsou patrné následující jevy:
- V případě místností 203 a 205 jsou patrné výrazné výkyvy teplot během dne. Toto je způsobeno především útlumem vytápění a následným zátopem v ranních hodinách. V případě místnosti 202 není tento jev natolik patrný, což je dáno vlivem tepelných zisků od počítačového serveru, který je v dané místnosti situován. V souvislosti s touto skutečností lze upozornit na zásadní vliv tepelných zisků ze spotřebičů na chování teplot uvnitř místností a to právě v případě budov s velmi nízkou energetickou náročností.

- Rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a vnitřní povrchovou teplotou dvouplášťové stěny je průměrně 1,2°C v případě obkladu Cetris a 1,0°C v případě dřevěného obkladu.

- Rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a vnitřní povrchovou teplotou stěny s kontaktním zateplením je průměrně pouze 0,4°C. V případě této konstrukce s jižní orientací je však velmi zajímavé vzájemné chování obou křivek. Na rozdíl od předchozích konstrukcí křivky nekopírují svůj průběh. Pravidelně dochází k vyrovnávání těchto teplot a je patrná postupná odezva konstrukce na změnu teploty vzduchu v místnosti vlivem solárních zisků.

- Rozdíl mezi teplotou vnitřního vzduchu a vnitřní povrchovou teplotou dvouplášťové stěny je průměrně pouze 0,5°C. Menší rozdíl teplot v porovnání s obvodovou stěnou je dán z fyzikálního hlediska především konvekcí teplého vzduchu směrem nahoru, což je při tepelně-technických zohledněno nižším tepelným odporem na vnitřní straně vodorovné konstrukce.

Analýza relativních vlhkostí
Na obrázku č. 16 jsou graficky zobrazeny výsledky měření relativních vlhkostí vnějšího vzduchu a vzduchu uvnitř provětrávané vzduchové mezery s obkladem Cetris. Měření relativních vlhkostí pod dřevěným obkladem a ve vzduchové mezeře střešní konstrukce nebylo provedeno. Zároveň jsou v grafu zobrazeny průběhy teplot vnějšího vzduchu a vzduchu uvnitř vzduchové mezery, se kterými průběhy relativních vlhkosti vzduchu velmi úzce souvisí.



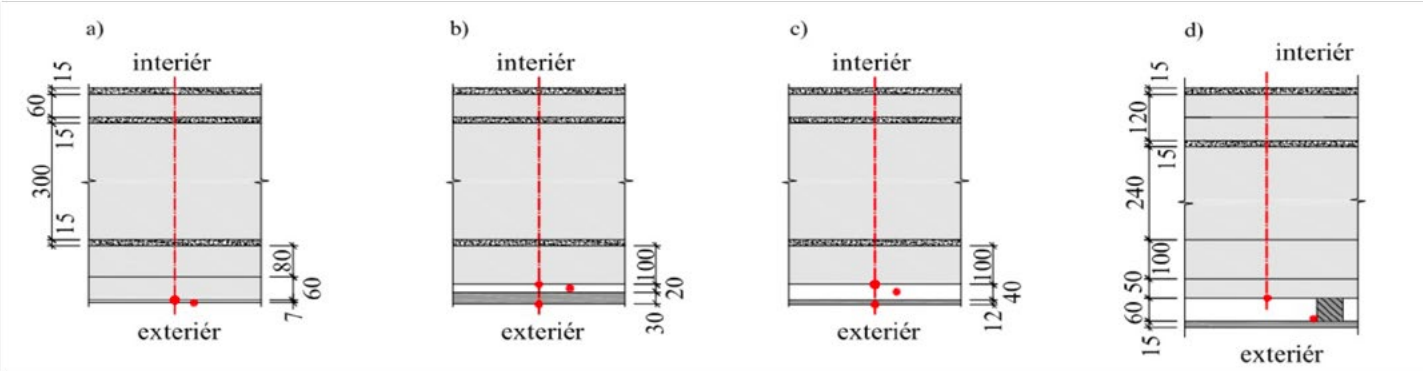
Obr. 16: Průběhy relativních vlhkostí na vnější straně konstrukcí ve sledovaném zimním období

Z naměřených dat jsou patrné následující jevy:
- Relativní vlhkosti uvnitř vzduchové mezery jsou ve sledovaném období průměrně o 2,5% nižší než relativní vlhkost vnějšího vzduchu. Přestože je rozdíl jen nepatrný, v souvislosti s proudícím vzduchem uvnitř vzduchové mezery má jistě pozitivní vliv na odvádění vlhkosti z obvodové konstrukce.

- V případě vzduchové mezery nedochází k tak dynamickým změnám relativní vlhkosti jako je tomu v případě relativní vlhkosti venkovního vzduchu.

1.3.2 ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ V LETNÍM OBDOBÍ

Měření bylo provedeno v termínu 4.8. – 23.8.2017. Pro analýzu jsou využita data získávaná průběžným měřením ve sledované budově a navíc jsou doplněna měřením teplot na povrchu konstrukcí v kontaktu s vnějším vzduchem – povrchová čidla byla navíc umístěna na omítce, vnějším povrchu dřevěného obkladu a obkladu z desek Cetris. Uvnitř větraných vzduchových mezer dvouplášťových fasád byla provedena doplňková měření teplot a relativních vlhkostí. Umístění měřících zařízení pro letní období je uvedeno na obrázku č. 17. Zároveň byla provedena měření intenzity slunečního záření na východní a západní straně fasády sledované budovy pro posouzení vlivu slunečního záření na povrchovou teplotu fasády. Pro porovnání jednotlivých konstrukcí jsou v uvedených grafech zobrazeny tyto hodnoty:
• Venkovní teplota (exteriér)
• Teplota na vnějším povrchu konstrukcí (v případě dvouplášťových konstrukcí na vnějším povrchu před větranou vzduchovou mezerou, nejedná se tedy o teploty na povrchu venkovního obkladu či střešní krytiny)
• Teplota uvnitř vzduchové mezery (pro dvouplášťové konstrukce)
• Teplota na vnějším povrchu omítky, resp. obkladu pro obvodové stěny
• Intenzita slunečního záření - východní a západní fasáda

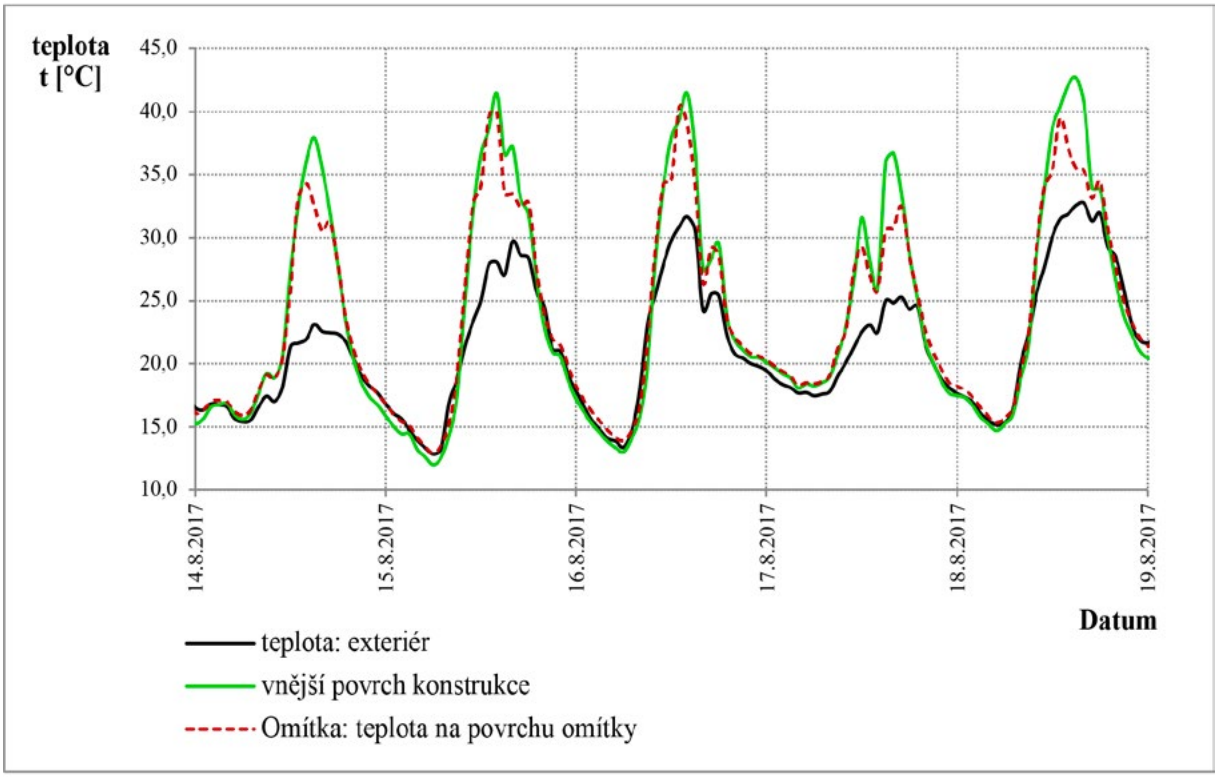


Obr. 17 Polohy měřících zařízení pro letní období: A) obvodová stěna s kontaktním zateplením, B) obvodová stěna s dřevěným obkladem, C) obvodová stěna s obkladem Cetris, D) dvouplášťová střecha

Analýza průběhů teplot

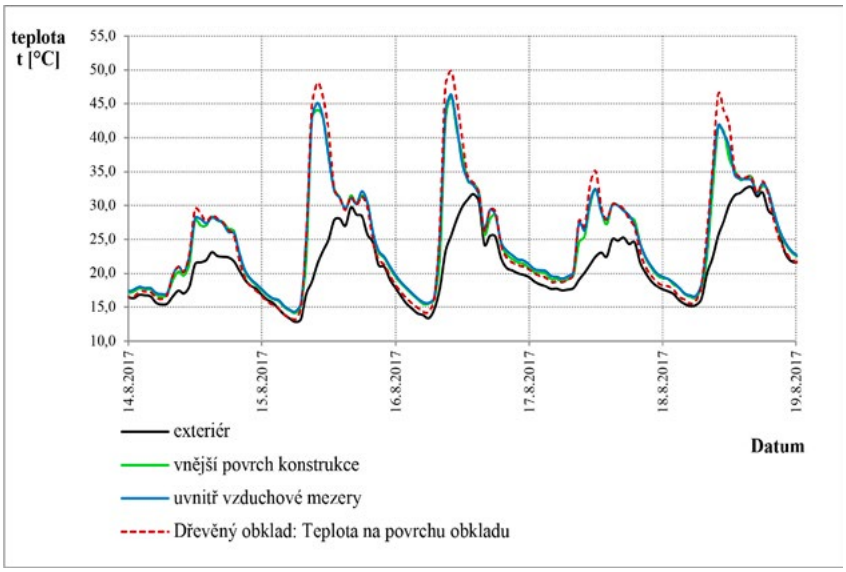
V letním období je nutné řešit letní tepelnou stabilitu, která se s ohledem na snižování energetické náročnosti budov stává velmi aktuálním, avšak stále podceňovaným problémem. V případě dobře navržených dvouplášťových konstrukcí by měla větraná vzduchová mezera zamezit přehřívání těchto konstrukcí, což je samozřejmě nežádoucí. Pro lepší názornost jsou v níže uvedených grafech uvedeny pouze výsledky experimentálního měření v období od 14.8. do 18.8.2017, kdy venkovní teploty v odpoledních hodinách stoupaly nad 30°C, a to jednotlivě pro sledované konstrukce.

Na obrázku č. 18 jsou uvedeny výsledky měření pro stěnu s kontaktním zateplením a omítkou, která je orientována na jih. Obrázek č. 19 uvádí výsledky měření pro stěnu opatřenou dřevěným obkladem s východní orientací a obrázek č. 20 výsledky pro stěnu opatřenou obkladem z desek Cetris se západní orientací.



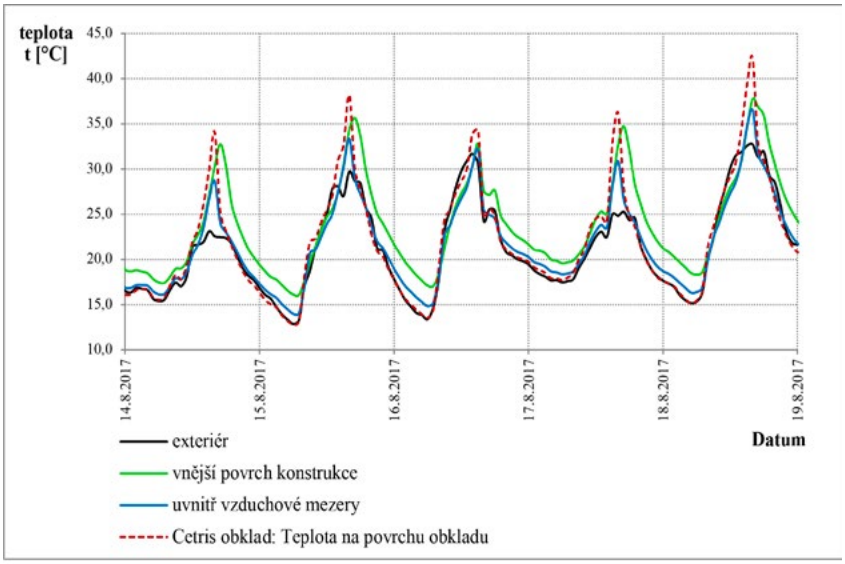
Obr. 18: Průběhy teplot na vnější straně stěnové konstrukce opatřené omítkou (jižní orientace fasády) v letním období

Pro stěnovou konstrukci opatřenou omítkou jsou zajímavé teploty změřené pod povrchem omítky, které jsou vyšší než teploty měřené kontaktním čidlem na samotném povrchu omítky a to průměrně o 0,1°C. Významných rozdílů je však dosaženo při velmi vysokých teplotách v odpoledních hodinách, kdy dochází k akumulaci tepla uvnitř vnější vrstvy konstrukce a pod jejím povrchem jsou zjištěny podstatně vyšší teploty než na samotném povrchu konstrukce, což má patrně souvislost s prouděním vzduchu okolo vnějšího povrchu konstrukce. Největší rozdíl v těchto teplotách byl zjištěn dne 18.8.2017, kdy byly zjištěny také nejvyšší teploty vnějšího vzduchu. Teplota pod povrchem omítky byla ve svém maximu o 6°C vyšší než teplota zjištěná na povrchu konstrukce. V nočních hodinách, kdy není fasáda ovlivněna slunečním svitem, jsou tyto teploty téměř shodné s teplotou venkovního vzduchu, lze zaznamenat také vliv sálání noční oblohy, kdy byly zjištěny teploty nepatrně nižší než teplota venkovního vzduchu. Tento jev byl výrazně lépe patrný v případě sledování chování konstrukcí v zimním období při velmi nízkých venkovních teplotách.



Obr. 19: Průběhy teplot na vnější straně dvouplášťové stěnové konstrukce opatřené dřevěným obkladem (východní orientace fasády) v letním období

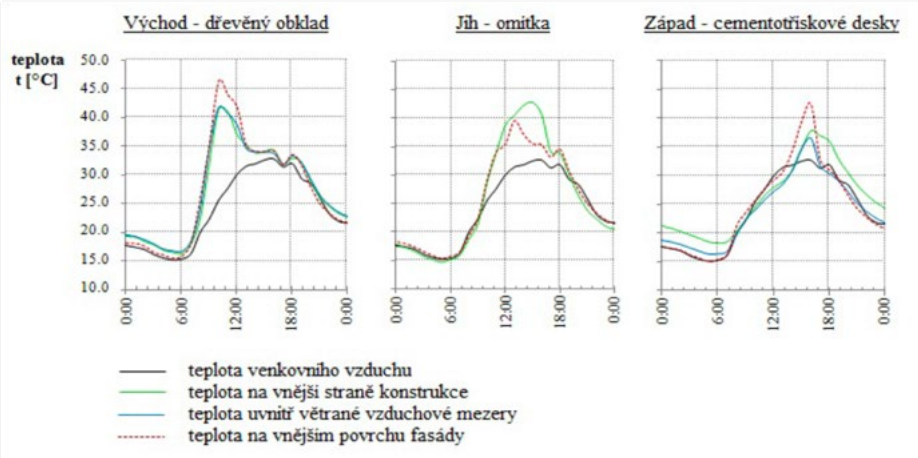
Pro dvouplášťovou stěnu s dřevěným obkladem je zjevný nárůst teploty uvnitř vzduchové mezery a zároveň také na vnějším povrchu konstrukce vlivem slunečního záření, kdy dochází k prohřívání vzduchu pod dřevěným obkladem. Teploty uvnitř vzduchové mezery jsou však při maximálních denních teplotách vnějšího vzduchu nižší než teploty zjištěné na povrchu obkladu a to až o 4,6°C, čímž je eliminována tepelná zátěž vnitřního pláště konstrukce. Zároveň v případě této konstrukce bylo zjištěno, že teploty na vnějším povrchu konstrukce se téměř rovnají teplotě vzduchu uvnitř vzduchové mezery. V nočních hodinách, na rozdíl od konstrukce opatřené omítkou, teploty uvnitř vzduchové mezery zůstávají vyšší než teplota vnějšího vzduchu.



Obr. 20: Průběhy teplot na vnější straně dvouplášťové stěnové konstrukce opatřené obkladem z desek Cetris (západní orientace fasády) v letním období

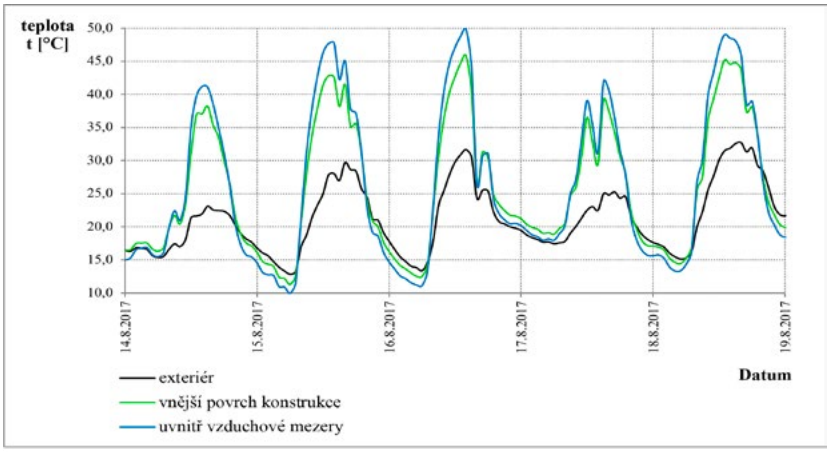
Velmi zajímavé je však chování obvodové konstrukce, která je opatřená dřevěným obkladem. K nárůstu teplot uvnitř větrané vzduchové mezery a na vnějším povrchu konstrukce dochází v tomto případě až v odpoledních hodinách, což je samozřejmě dáno západní orientací této fasády. Teploty uvnitř vzduchové mezery jsou při maximálních denních teplotách vnějšího vzduchu, stejně jako v případě stěny opatřené dřevěným obkladem, nižší než teploty zjištěné na povrchu obkladu, v tomto případě však až o 5,8°C. Eliminace tepelné zátěže vnitřního pláště konstrukce je v tomto případě významnější. V nočních hodinách se teploty na vnějším povrchu udržují podstatně vyšší než je teplota venkovního vzduchu, což je důsledkem akumulačních vlastností obkladu z cementotřískových desek. Zároveň jsou teploty na povrchu konstrukce podstatně vyšší než teploty vzduchu uvnitř vzduchové mezery. V ranních hodinách dochází k vyrovnání teplot. Velmi zajímavý je také vzestup teploty na vnějším povrchu konstrukce po vzestupu teploty zjištěné na vnějším povrchu obkladu s jistou časovou odezvou.

Výše uvedené jevy jsou dobře patrné také z obrázku č. 21, kde jsou uvedeny výsledky měření pro den 18.8.2017, kdy venkovní teploty stoupaly až na 32,5°C. Stěnové konstrukce jsou v obrázku uvedeny v pořadí dle světových stran, tak aby byl patrný vliv slunečního záření na tyto konstrukce, kdy v závislosti na orientaci konstrukcí dochází v dané denní době k nárůstu teplot. Vzhledem k současnému vyobrazení všech tří konstrukcí je možné provést vizuální srovnání těchto konstrukcí.



Obr. 21: Průběhy teplot ve sledovaných místech stěnových konstrukcí dne 18.8.2017

V případě střešní konstrukce, viz Obr. č. 22, je patrný vliv proudění vzduchu uvnitř vzduchové mezery, kdy jsou zjištěné teploty při velmi vysokých venkovních teplotách, tedy při maximálním zatížení střešní konstrukce, nižší než teplota uvnitř vzduchové mezery. Pro střešní konstrukci je v porovnání s obvodovými stěnami zřejmé, že je tato konstrukce nejvíce zatížena teplotou. Z toho důvodu je důležité navrhovat větranou vzduchovou mezeru tak, aby byla teplotní zátěž konstrukce co nejvíce eliminována. Pro teploty uvnitř vzduchové mezery platí, že v nočních a brzkých ranních hodinách může docházet k poklesu teploty až pod teplotu vnějšího vzduchu. Maximální rozdíl byl zjištěn dne 18.8.2017, kdy byla teplota uvnitř vzduchové mezery o 3,7°C nižší než teplota vnějšího vzduchu. Tato skutečnost je dána vlivem chladného sálání oblohy a také prouděním chladného vzduchu uvnitř vzduchové mezery. Vlivem proudění chladného vzduchu větranou vzduchovou mezerou dochází i na vnějším povrchu konstrukce k ochlazení pod teplotu vnějšího vzduchu. Stejný jev byl sledován u střešní konstrukce také v zimním období.



Obr. 22: Průběhy teplot na vnější straně dvouplášťové střechy v letním období

Intenzita slunečního záření

Tepelná zátěž budov v letním období je problematikou, která se bohužel mnohdy zanedbává. V důsledku toho jsou navrhovány budovy bez dostatečného stínění, které jsou pak velmi náchylné k přehřívání. V případě budov s velmi nízkou potřebou tepla a především u budov s lehkými obvodovými konstrukcemi, které mají nízkou akumulační schopnost, je třeba problematiku letní tepelné stability důsledně řešit. K přehřívání budov dochází v důsledku tepelné zátěže, která je převážně způsobena tepelnými zisky okny bez dostatečného stínění. Zároveň však dochází také k tepelným ziskům ostatními konstrukcemi. Pozornost tepelným zisků konstrukcemi je třeba věnovat především v případě budov s malým počtem výplní otvorů nebo v případě důsledně řešeného stínění oken.

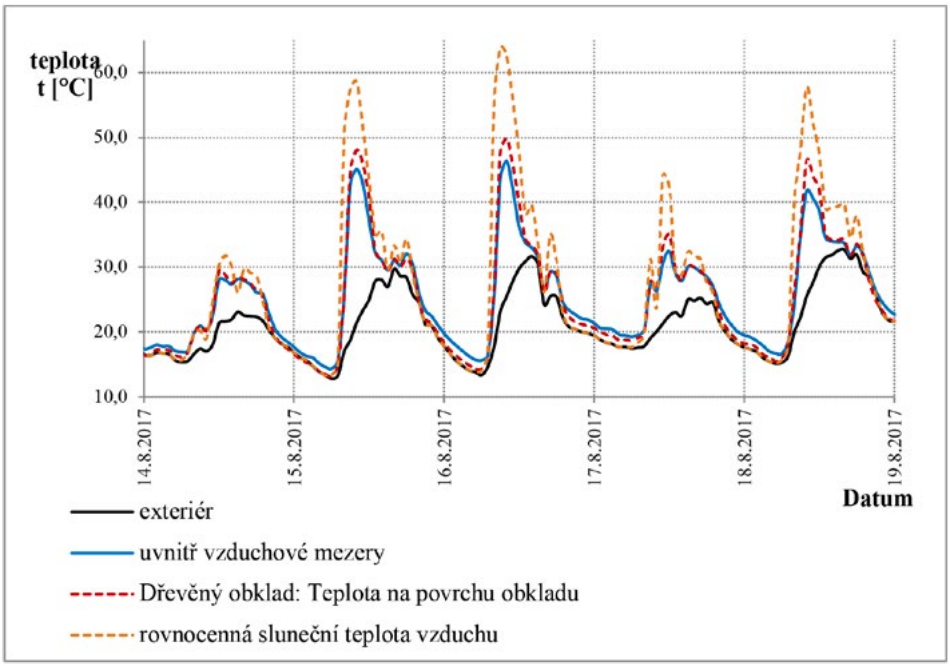
Tepelnou zátěží budov v letním období se zabývá norma ČSN 73 0548 „Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů“, která mimo jiné uvádí výpočet tepelné zátěže stěnami. Při výpočtech tepelných zisků z vnějšího prostředí se pro výpočet tepelných toků uvažují teploty vzduchu po obou stranách stěny. V případě, že je konstrukce osluněna, teplota vnějšího vzduchu se nahrazuje tzv. rovnocennou sluneční teplotou vzduchu tr, která je definována dle vztahu (1). Tímto je zohledněno sluneční záření, které zásadním způsobem ovlivňuje vnější teplotu, která na konstrukci skutečně působí.

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon \cdot \dot{I}}{\alpha_e} \quad ,$$

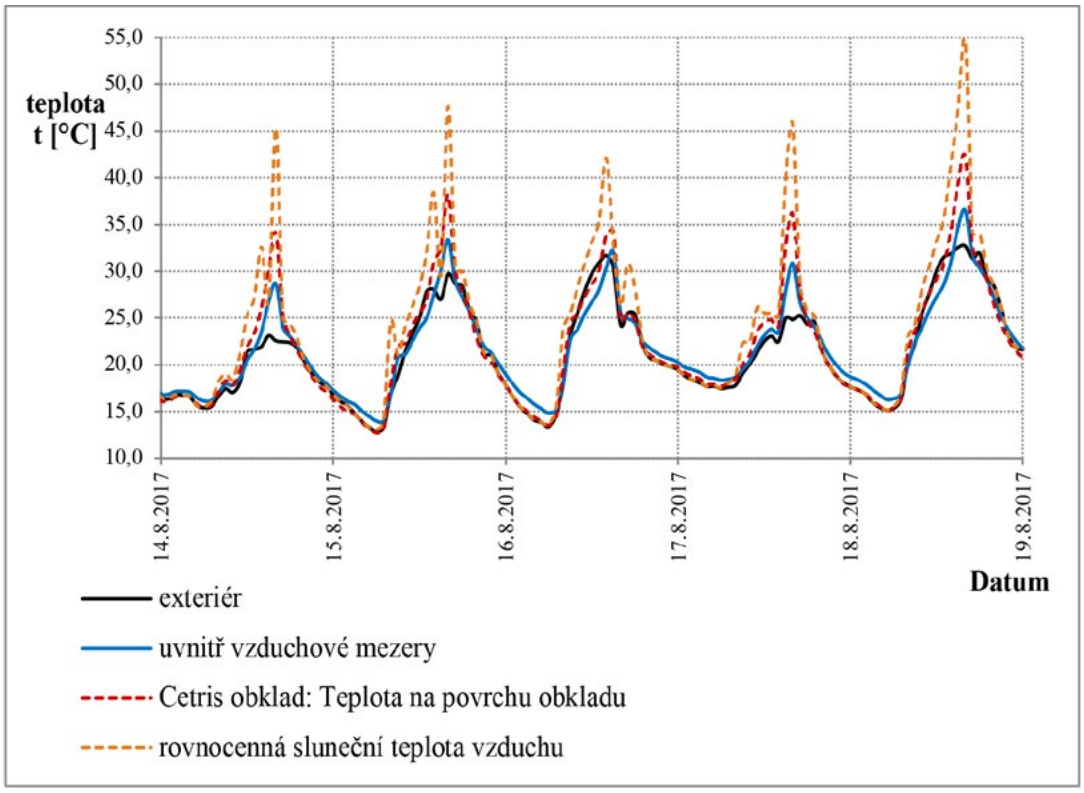
kde je

t_r	rovnocenná sluneční teplota vzduchu (°C),
t_e	teplota vnějšího vzduchu (°C),
ε	součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci (-),
$\dot{I}$	intenzita přímé a difúzní sluneční radiace dopadající na stěnu (W/m^2),
α_e	součinitel přestupu tepla na vnější straně stěny (W/(m^2·K)), uvažováno α_e = 15 W/(m^2·K).

Jednou z fyzikálních veličin, která byla v letním období měřena, je intenzita slunečního záření, která byla zjišťována pro východní a západní fasádu, tedy pro fasády opatřené vzduchovou mezerou. Na základě získaných dat byla dle výše uvedeného vztahu (37) stanovena rovnocenná sluneční teplotu vzduchu t_r. Průběhy této teploty jsou znázorněny v následujících obrázcích č. 23 a 24.



Obr. 23: Průběh rovnocenné sluneční teploty vzduchu pro výpočet tepelných zisků konstrukcí (východní orientace fasády – konstrukce s dřevěným obkladem)



Obr. 24: Průběh rovnocenné sluneční teploty vzduchu pro výpočet tepelných zisků konstrukcí (západní orientace fasády – konstrukce s obkladem z cementotřískových desek Cetris)

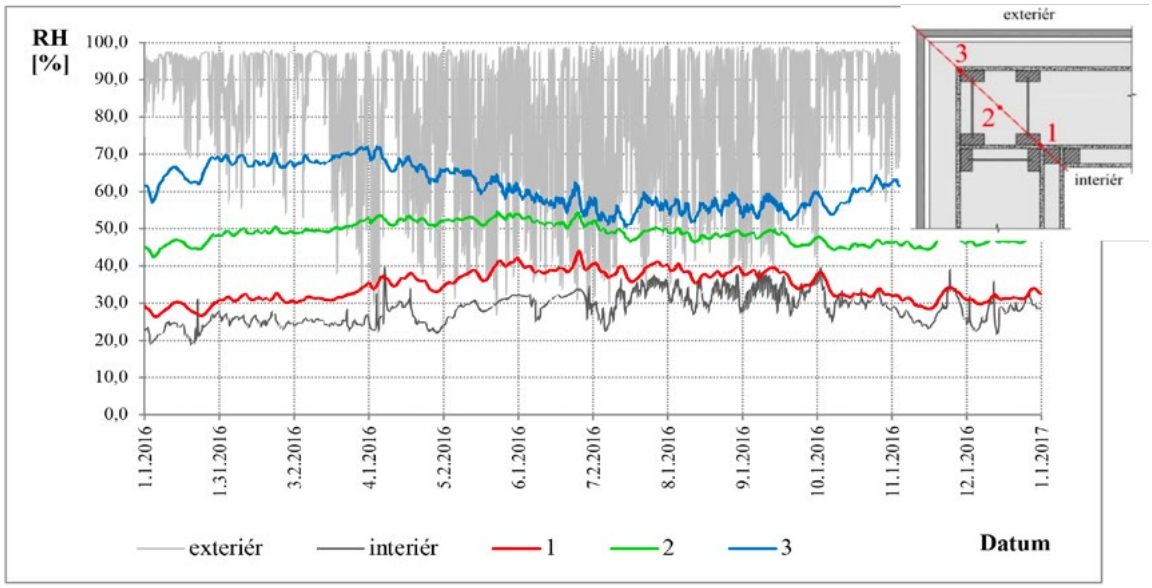
Z výsledků je patrné, že pro výpočet tepelné zátěže je zásadní zohlednění vlivu solárního záření a to nejen pro případy průsvitných konstrukcí. Lze konstatovat, že výpočet tepelných zisků stěnami dle ČSN 73 0548 je na stranu bezpečnou. Bylo zjištěno, že teploty na povrchu obkladu jsou v denních maximech výrazně nižší než rovnocenná sluneční teplota vzduchu t_r . V případě dvouplášťových konstrukcí je však tepelná zátěž konstrukce odezvou na teplotu v samotné provětrávané vzduchové mezeře. Použití rovnocenné sluneční teploty vzduchu je proto vhodné spíše pro konstrukce s kontaktním zateplením.

1.3.3: ANALÝZA VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ RELATIVNÍCH VLHKOSTÍ UVNITŘ KONSTRUKCÍ

Pro vyhodnocení bilance relativních vlhkostí uvnitř konstrukcí byl zvolen jako referenční období rok 2016. Vyhodnocením naměřených dat bylo zjištěno, že v konstrukcích ve sledovaných místech nedochází ke kondenzaci vodních par, což je základní podmínkou správné funkce takovýchto konstrukcí. Zde je na místě připomenout, že skladby konstrukcí jsou řešeny jako difúzně otevřené, tedy vodní páry mohou konstrukcí volně prostupovat, jelikož ve skladbě konstrukcí není použitá parozábrana.

Relativní vlhkosti byly vyhodnoceny pro tyto řezy konstrukcemi:
• Obvodová stěna s kontaktním zateplením opatřeným omítkou, v ose
• Obvodová stěna s provětrávanou fasádou:
a) s dřevěným obkladem, v ose
b) s dřevěným obkladem, v místě nosníku Steico
c) s obkladem z cementotřískových desek Cetris, v ose
• Obvodová stěna – kout (místo tepelné vazby)
• Dvouplášťová střecha

Průběhy relativních vlhkostí uvnitř konstrukcí ve sledovaných místech během roku 2016 jsou patrné z následujícího obrázku 25. Jako nejkritičtější místo byl vyhodnocen kout, který je tepelnou vazbou. Proto jsou na Obr. 25 uvedeny průběhy teplot v tomto místě konstrukce. Maximální relativní vlhkost, která byla ve sledovaných místech zjištěna je 72,2% a to 6.4.2016.



Obr. 25: Roční průběhy relativních vlhkostí uvnitř konstrukce obvodové stěny v místě koutu

2 ZÁVĚR

Hlavním cílem experimentální analýzy bylo posouzení vlivu větraných vzduchových mezer na tepelně-technické parametry lehkých obvodových konstrukcí a posouzení bilance relativních vlhkostí uvnitř lehkých difúzně otevřených konstrukcí. Experimentálním měřením bylo potvrzeno, že uvnitř konstrukcí nedochází ke vzniku kondenzace vodních par. Tato skutečnost je však ve velké míře ovlivněna nízkými relativními vlhkostmi vnitřního vzduchu, které na konstrukci během sledovaného období působily. K vyhodnocení vlivu větraných vzduchových mezer byla využita data získaná dlouhodobým experimentálním měřením teplot na površích lehkých obvodových konstrukcí a zároveň byla provedena další doplňková měření. Posuzovány byly 4 typy konstrukcí a výsledky experimentálních měření potvrdily vlivy různých faktorů a zároveň přinesly zajímavé poznatky:

• obvodová stěna s kontaktním zateplením (jižní orientace fasády): konstrukce je zatěžována velkými rozdíly teplot na její vnější straně, kdy vlivem slunečního záření dochází k prohřívání a v nočních hodinách je naopak konstrukce podchlazována pod úroveň teploty venkovního vzduchu, toto je dáno vlivem sálání do jasné noční oblohy. K výraznějšímu podchlazování dochází především v zimním období při velmi nízkých teplotách. Tento jev lze pozorovat také v letním období, kdy ovšem nedochází k tak zásadnímu podchlazování.

• obvodová stěna s větranou vzduchovou mezerou a dřevěným obkladem (východní orientace fasády): povrch předsazené fasády není kompaktní, tvoří jej dřevěné lamely, které jsou od sebe vzdáleny 30 mm. Tloušťka vzduchové mezery je v tomto případě pouze 20 mm. Přesto však byly zaznamenány jevy, které odpovídají chování dvouplášťových konstrukcí. Teploty ve vzduchové mezeře jsou v zimním období nepatrně vyšší než teploty venkovního vzduchu. V zimním období na rozdíl od předchozí hodnocené konstrukce nedochází k podchlazování vnějšího povrchu vnitřního pláště konstrukce. V letním období je však konstrukce zatěžována solárními zisky obdobně jako konstrukce s kontaktní fasádou.

• obvodová stěna s větranou vzduchovou mezerou a obkladem z cementotřískových desek Cetris (západní orientace fasády): povrch předsazené fasády je téměř kompaktní a tloušťka vzduchové mezery je v tomto případě 40 mm, což odpovídá tloušťce požadované. Předsazená fasáda konstrukci účinně chrání před nízkými teplotami v zimním období a zároveň vlivem vyšších teplot uvnitř vzduchové mezery umožňuje lépe odvádět vlhkost z konstrukce. V nočních hodinách nedochází k podchlazování konstrukce, jako tomu bylo v případě konstrukce s kontaktním zateplením. Nevýhodou této předsazené fasády je ovšem fakt, že v letním období není konstrukce účinně v nočních hodinách ochlazována, ve vzduchové mezeře byly zjištěny vyšší teploty než teploty vnějšího vzduchu.

• střešní konstrukce s větranou vzduchovou mezerou: v případě střešní konstrukce byl zaznamenán zásadní jev a to podchlazování vzduchu uvnitř větrané vzduchové mezery v zimním období, což je dáno vlivem sálání povrchu střechy do jasné noční oblohy. Při velmi nízkých teplotách byly uvnitř vzduchové mezery zjištěny teploty nižší až o více než 5 °C v porovnání s teplotou venkovního vzduchu. Zároveň také dochází k podchlazení povrchu vnitřního pláště. Předpokladem pro vznik tohoto jevu je také nedostatečné proudění vzduchu uvnitř větrané vzduchové mezery, která má v tomto případě nedostatečnou tloušťku. Jev podchlazování vzduchu uvnitř vzduchové mezery byl zaznamenán také pro letní období, avšak podchlazení není tak markantní jako je tomu v zimním období.

NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR

VYDAVATEL:

NÁRODNÍ DŘEVAŘSKÝ KLASTR, z.s.
Otakara Jeremiáše 6235/38
708 00 Ostrava – Poruba

Telefon: +420 558 272 429
E-mail: info@wood-cluster.cz
www.wood-cluster.cz

E-MAGAZÍN je vydáván za finančního přispění Evropské unie v rámci projektu „Podpora a rozvoj činností NDK", číslo projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/17_149/0011809.

E-MAGAZÍN 2/2019

ISSN 1805-5958