

ClimateCoating ako vnútorný náter na steny a stropy - Štúdia o odraze, spätnom rozptyle, pohodlí

Obsah

1. Rozptyl, stav techniky na začiatku 21. storočia	2
2. Stav vedy o 10-15 rokov neskôr, paralely	4
3. Stav praxe, empirické dôkazy	5
4. ClimateCoating a tepelný komfort	6
5. Analýzy vnútornej klímy ako vedecký dôkaz	8
6. Merania pomocou IR kamier (metóda referenčného prúžku)	9
7. Definícia IR odrazu a spätného rozptylu pre ClimateCoating	12
8. Dodatok	13
8.1. Vysvetlivky k analýze vnútornej klímy podľa Prof. Dr.-Ing. Peter Marx	13
8.2. Merania odrazivosti v laboratóriu	16
8.3. Úvahy na základe výpočtového modelu pre vnútornú klímu	17
8.4. Dodatok: optický rozptyl IR v membráne	24
8.5. Úvahy o matematickom začlenení do vzorca U-hodnoty	27

Verzia 220929

Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann, DIMaGB, Berlín; +49-30-67489727, info@dimagb.de

V mene a za: SICC Coatings GmbH; Berlín, +49-30-500196-0, info@sicc.de

Abstraktné

Účinok úspory vykurovacej energie vnútorného náteru ClimateCoating bol dokázaný empiricky a meracou technológiou. Analýzy vnútornej klímy dokazujú pozitívny vplyv na vnútornú klímu a zlepšenie tepelnej pohody. Miestnosti s náterom ClimateCoating sa rýchlejšie zohrejú a pomalšie vychladnú. Bez ohľadu na vykurovací systém sa pri použití rovnakej energie dosiahne vyššia povrchová teplota v porovnaní s bežnými farbami, čím sa zvýši vnímaná teplota (prevádzková teplota).

Doteraz diskutovaný IR odraz sa nedá porovnať s odrazom na nepriehľadných povrchoch, ako je hliníková fólia. To vysvetľuje, prečo nie je relevantnou premennou hodnota emisie, ale skôr nahromadenie tepla v membráne ClimateCoating spôsobené efektmi spätného rozptylu v membráne (spätný rozptyl IR žiarenia medzi miliónmi dutých guľôčok).

Príspevok obsahuje kompiláciu základov pre implementáciu v (konvenčných) výpočtových metódach.

1. Rozptyl, stav techniky na začiatku 21. storočia

ClimateCoating je ochranná známka spoločnosti SICC Coatings GmbH, Berlín, pre povrchovo aktívne farby. To, čo vyzerá ako obyčajná emulzná farba, je termokeramická membránová technológia s endotermickými účinkami.¹

Zvláštnosťou je keramika v povlaku, duté keramické guľôčky pre membránu s priemerom 10 až 120 μm . Hrúbka membrány je 0,3 mm ($300 \mu = 0,0003 \text{ m}$) a guľôčky obsahujú 48 až 50 % objemu. Aktivátory zabezpečujú tvorbu štruktúry membrány. V polovici roku 2000 boli známe aj geometrické vlastnosti v mikrorozsahu.²

Odraz znamená: odrážať sa späť, alebo lepšie povedané: vyžarovať späť, pretože ide o procesy z optickej fyziky alebo fyziky žiarenia. Tu sa pohybujeme v oblasti slnečného a tepelného žiarenia. Rozptyľovanie je špeciálna forma, pri ktorej dochádza k rozptylovým efektom v dôsledku viacnásobných odrazov v dôsledku povahy častíc. Spätný rozptyl znamená spätný rozptyl, tepelné lúče sa odrážajú späť.

Vedecké pojednanie Dr. Y. Shnir z roku 2003 ukazuje, že „tepelné straty možno znížiť až o 50 % potlačením faktora žiarenia pomocou kompozitného povlaku. Skúma sa optimalizácia tepelnoizolačného efektu s cieľom určiť podmienky maximálneho zníženia faktora sálania pri prestupe tepla.⁴

1. vedecký medzinárodný lakovací kongres sa konal od 4. do 5. novembra 2004 v salóniku vo veži v Berlíne.⁵ Prednáška Dr. Shnir. Toto bolo pravdepodobne prvýkrát, čo boli procesy rozptylu v termokeramickej membráne prezentované v matematicko-fyzikálnom modeli.⁶

¹Špecifikácia úžitkového vzoru DPMA: Povrchová úprava s endotermickými účinkami - Spolková republika Nemecko, Nemecký patentový a známkový úrad, Vyhlásenie o prihláške úžitkového patentu, DE 203 14 145 U1 2004.01.29. Čo znamená pojem termokeramická membránová technológia s endotermickými účinkami? Thermo = súvisí s teplom, keramický = farba obsahuje keramické zložky, membrána = farba po nanosení vytvorí membránu, technológia = je viac ako len farba, endotermická = endotermická reakcia = absorpcia alebo zisk energie (Tepló)

²V auguste 2000 spoločnosť Werkstoffzentrum Rheinbach GmbH vytvorila SEM snímky v rôznych rozlíšeniach a na meranie distribúcie priemerov od 10 do 100 μm sa použila laserová granulometria s distribučným maximom 33,31 μm (medián: 31,96 μm) a rezom 41,7 μm .

³Rozptyl (en) = rozptyl (de); Tip na surfovanie: pomocou hľadaného výrazu „Scattering of Light“ získate prístup k mnohým článkom v angličtine. Presahuje jednoduchý model odrazu na zrkadle.

⁴J. Schnir, Institute of Physics, University of Oldenburg, D-25111 Oldenburg: Matematické modelovanie vlastností tepelnej ochrany kompozitného povlaku pozostávajúceho z dutých keramických mikrogulôčok: „Model je založený na numerickom riešení rovnice pre prenos žiarenia a na priamom výpočte amplitúdy Svetla rozptýleného na dutej mikroguličke tak správne ilustruje proces prenosu tepla v takomto prostredí a dá sa použiť na výpočet tepelnoizolačných vlastností náteru.

⁵1st Scientific International Coating Congress, príspevky sú autorovi k dispozícii ako PDF.

⁶Áno. Shnir, Inštitút fyziky, Univerzita v Oldenburgu, A. Kokhanovsky, Inštitút environmentálnej fyziky, Univerzita v Brémach: Matematické modelovanie vlastností tepelnej ochrany kompozitného povlaku pozostávajúceho z dutých keramických mikrogulôčok. <http://www.ClimateCoatingkongress.de/referate/shnir.pdf>

Od Fourierovho zákona a 3 transportných mechanizmov pre tepelnú energiu sme prešli k rovnici transportu žiarenia. Málokto počul o Raleigh a Mie Scattering, ale v geometrickej optike je prítomný aspoň model lomu svetla na priehľadnom médiu. Kľúčové posolstvo sa týka vzťahu medzi veľkosťou častíc a vlnovou dĺžkou elektromagnetického žiarenia.⁷

Na výpočet optických vlastností bol vytvorený model ClimateCoating a pre numerické algoritmy sa použili spektrálne charakteristiky, ktoré vyhodnotili iní vedci. Zhrnutie zdôraznilo, že povrchovo aktívny náter by sa mal posudzovať len v súvislosti s podkladom a prostredím.⁸ Zvratné zistenie vedeckých výskumov vyplýva zo spojenia medzi fyzikálnym mechanizmom tepelnej ochrany náteru ClimateCoating a potlačením hustoty toku radiačnej zložky prenosu tepla vplyvom rozptylu svetla na mikrosféry.

Nejde o čistý povrchový efekt, ale skôr o efekty spätného rozptylu v rámci membrány, v modeli ktorej je priemerná veľkosť navrstvená cca 7-krát.

Na tomto vedeckom základe, ako aj na empirických výsledkoch z roku 2005, ako sú analýzy spotreby energie⁹ Nasledujúce teoretické prístupy pre technológiu termokeramickej membrány s endotermickými účinkami¹⁰ boli odvodené v januári 2006:

1. Optické vlastnosti sa výrazne líšia od bežných úvah o priehľadných a čiastočne priehľadných médiách
2. Namiesto pojmov absorpcia a viacnásobný odraz treba použiť pojem rozptyl zo Shnirrovho modelu, aby bolo možné procesy správne popísať. To platí aj pre štandardnú rovnicu prenosu tepla.
3. Možný je izolačný efekt, ktorý nie je založený na princípe vedenia tepla, a preto ho nemožno v súlade s ním opísať. Preto môžu existovať významné rozdiely medzi povrchovými teplotami na membráne a na potiahnutom povrchu: $T_{O1} > T_{O2}$.
4. Membrána má separačný alebo izolačný účinok vzhľadom na úroveň teploty, čo vysvetľuje v praxi pozorovanú tepelnú relaxáciu povrchu.
5. Termografické snímky ako snímky môžu poskytnúť základ pre nesprávne interpretácie. S kvantitatívnymi vyjadreniami (bodová teplota) by ste mali byť oveľa opatrnejší ako s kvalitatívnymi (rozdiely v oblasti).

⁷"Účinnosť rozptylu závisí od hrúbky vrstvy a veľkosti častíc: Optimalizácia je možná."

⁸„Účinok tepelnej ochrany kompozitného náteru ClimateCoating do značnej miery závisí od optických vlastností podkladu (steny), prostredia a teplotného režimu prevádzky. (Účinok tepelnej ochrany kompozitného povlaku ClimateCoating závisí vo veľkej miere od optických vlastností podkladu (steny), prostredia a teplotných podmienok.)

⁹ Napr.: Porovnanie účtov za vykurovanie (HKA), analýza spotreby energie (EVA), vyhodnotenie údajov z 2 bytových domov v Sprembergu, náter ClimateCoating® vs. ETICS s 8,0 cm polystyrénom?, SICC GmbH, dib, predbežné správa zo dňa 16.12.2005

¹⁰Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann pre SICC GmbH, Berlín: Procesy alfa-epsilon-tau v technológii termokeramickej membrány s endotermickými účinkami®, 11. januára 2006

6. Vlnové dĺžky okolo 10 μm sú v praxi relevantné, keď hovoríme o „tepelných stratách“ cez povrch steny. Tomu zodpovedá teplotný rozsah -10°C až $+10^{\circ}\text{C}$ pre povrchovú teplotu steny vo vykurovacom období.

7. Keďže povrchové teploty stien nad 40°C je možné merať aj v zimných mesiacoch vo vonkajšom vzduchu -10°C , je potrebné bližšie preskúmať mechanizmy solárneho výnosu.

8. Overený model Shnir je potrebné ďalej rozvíjať, výskumy založené na normách izolácie nevedú nikam. Sú možné optimalizácie, ktoré vyplývajú z pomeru veľkosti vlnovej dĺžky tepelného žiarenia k priemeru gule.

9. Musí sa skontrolovať, do akej miery má laboratórna hodnota emisivity stanovená pomocou integračnej gule praktický význam (meranie na mieste), alebo ako možno meraním určiť určitú variabilitu.

10. Ak sa predpokladá, že efektívna emisivita kompozitu je komplexnou funkciou niekoľkých faktorov, ktoré ešte neboli v laboratóriu zastúpené, treba zvážiť vhodné metódy merania.

2. Stav vedy o 10-15 rokov neskôr, paralely

Po rokoch sa ukázalo, že priekopnícka úloha výskumu iniciovaného spoločnosťou SICC Coatings GmbH bola potvrdená ďalšími výsledkami výskumu.

Na jednej strane ide o použitie takzvaných mikrogulôčok:

„Cenosféra (dutá mikroguľa, mikroguľa, mikroguľa) je ľahká, inertná, dutá guľa mikroskopických rozmerov, pozostávajúca predovšetkým z oxidu kremičitého a oxidu hlinitého. Je naplnená vzduchom alebo inertným plynom.“¹¹

„Cenospheres PCS-U sú sférické a nízkoprašné aluminosilikátové duté gulôčky s veľmi dobrou tlakovou stabilitou a vyváženou hustotou. Ľahko sa rozptýlia a vytvárajú efekt gulôčkových ložísk. Rozsah zŕn 50-300 μm .“¹²

Ale to platí aj pre objav dôležitosti IR rozptylu: „Výsledky výskumu naznačujú, že srst' ľadových medveďov ukladá teplo rozptylom IR svetla. Vedci zistili, že vlasy, ktoré odrážajú infračervené svetlo, môžu mať výrazný izolačný účinok v zimnej srsti zvierat, ako sú ľadové medvede. Výskum publikovaný v januárovom vydaní časopisu Optical Society (OSA) Optics Express by mohol mať významné dôsledky na zlepšenie izolácie budov.“¹³

Pozoruhodné. Ide o zníženie tepelných strát na povrchu prostredníctvom „rozptylu IR svetla“. Tento rozptylový efekt má výrazné izolačné účinky. Ide o procesy z optickej fyziky, teda fyziky žiarenia.

¹¹Jean-Marie Ruckebusch, hlavný špecialista technických služieb: Farba a nátery odrážajúce slnečné teplo s použitím 3M™ Glass Bubbles, divízia 3M Energy and Advanced Materials Division – Specialty Additives Laboratory, 3M France, Tilloy lez Cambrai, 23. februára 2012

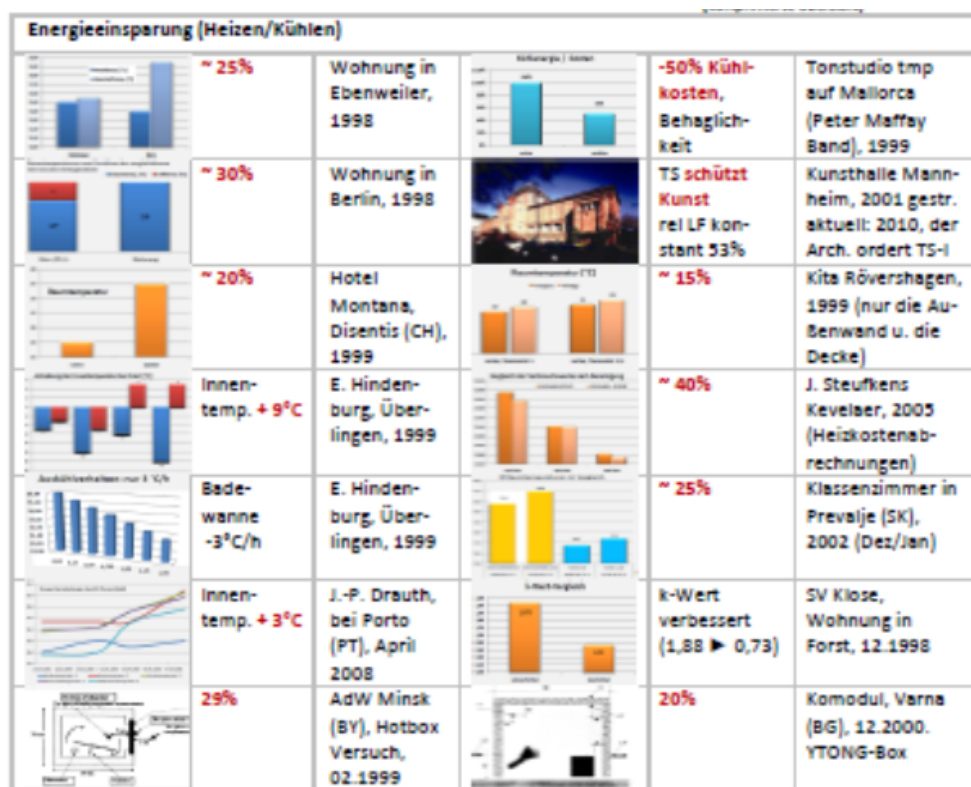
¹²sh-minerals.de

¹³Odrazené IR svetlo hrá neočakávanú úlohu pri udržiavaní tepla zvierat, TECHNOLOGY NEWS, 24. januára 2014, electrooptics.com

3. Stav praxe, empirické dôkazy

Zlepšenie tepelného správania vnútorne potiahnutej steny prostredníctvom vnútorného náteru ClimateCoating má za následok zníženie spotreby energie. Tomu zodpovedajú aj praktické skúsenosti, referencie a dôkazy. Potenciál úspor je teda približne 10 až 15 %, vo výnimočných prípadoch až 40 %.

Teraz je k dispozícii prehľad potenciálu úspor vďaka vnútornému náteru ClimateCoating. Analýzy vnútornej klímy okrem iných experimentov ukazujú, že ClimateCoating skracuje vykúrenie miestnosti, oneskoruje ochladzovanie miestnosti a reguluje vlhkosť vzduchu v miestnosti smerom k optimu.



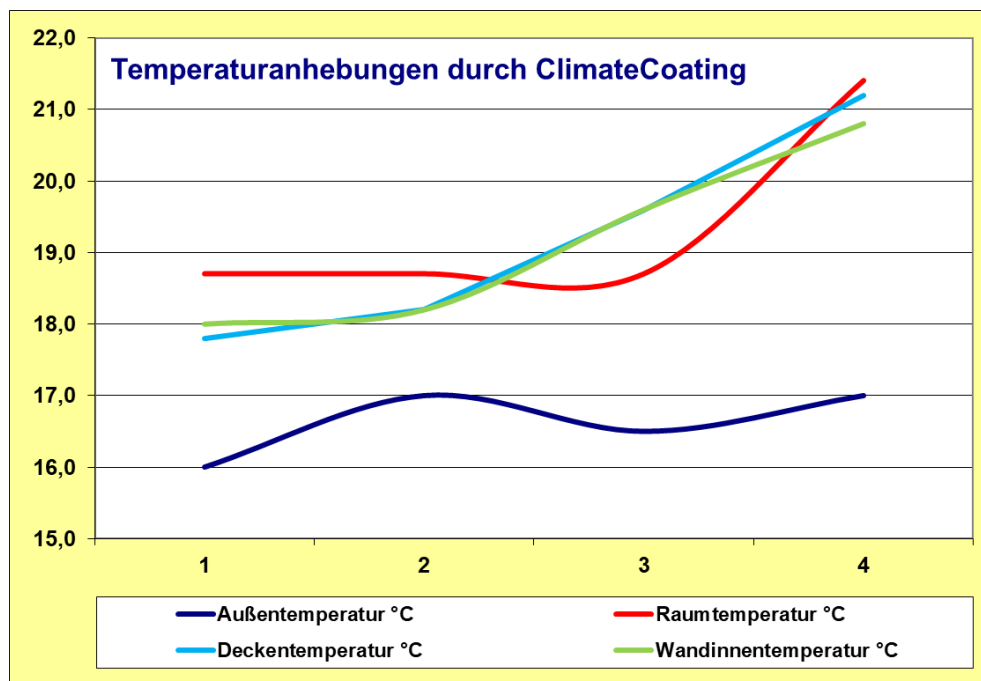
Obrázok 1: Faksimile z prehľadu z júna 2010¹⁴

Súkromne iniciovaná séria meraní z Portugalska tiež ukazuje: ClimateCoating zvyšuje povrchové teploty, pričom sa zároveň vyrovnávajú – vnímaná teplota stúpa. Okrem toho sa reguluje vlhkosť vzduchu v miestnosti a odvlhčuje sa stena.

Citát: „Keď som maľoval polovicu stropu, všimol som si ten efekt, už to určite nebol studený žiarič.“

Skutočne pozoruhodné na tomto meraní bolo, že povrchová teplota steny a teplota vzduchu v miestnosti boli takmer rovnaké. Podľa teórie U-hodnoty by to znamenalo, že vnútorný odpor prestupu tepla by bol takmer úplne eliminovaný.

¹⁴ClimateCoating: Úspora energie + komfort (stlačený prehľad), SICC GmbH, Berlín, 06.2010



Obrázok 2: Diagram meraní pre sériu meraní z apríla 2008 v Portugalsku¹⁵

Po nanesení je možné pozorovať silnú konvergenciu teplôt. Tepelný odpor 0 by však znamenal, že teplo prúdi cez tento bod bez brzdenia – teplota v miestnosti a teplota povrchu by boli totožné. V opačnom prípade by akákoľvek hodnota vnútorného odporu prechodu tepla väčšia ako 0 spôsobila zmenu teploty na povrchu, teda povrchová teplota by bola o niečo nižšia ako teplota v miestnosti.

Tento rozpor však vzniká len v teórii U-hodnoty, ktorá v podstate nepozná žiadne radiačné procesy. V teórii U-hodnoty bola objemová hmotnosť stavebného materiálu a jeho špecifické teplo vypustené z Fourierovej rovnice vedenia tepla, aby mohla dominovať samotná izolačná kapacita ako prevrátenie hodnoty tepelnej vodivosti.

4. ClimateCoating a tepelný komfort

Použitie ClimateCoating vedie k úsporám energie, pretože sa zlepší tepelná pohoda v miestnosti, takže rovnaký komfortný výsledok možno dosiahnuť s menšou spotrebou vykurovacej energie.

V súvislosti so zateplením fasády (tepelná ochrana podľa DIN 4108) teória U-hodnoty predpokladá zvýšenie povrchovej teploty vonkajšej steny, čo má vplyv na komfort a prevenciu plesní.

Tento efekt je možné dosiahnuť pomocou ClimateCoating, ako ukazujú početné referencie a vedecké hodnotenia. Zlepšenie tepelnej pohody vedie k úsporám energie, pretože užívatelia miestností môžu mierne stlmiť radiátorové termostaty bez toho, aby sa museli vzdať tepelnej pohody.

¹⁵ClimateCoating v obytnej budove v Portugalsku, zvýšenie teploty a regulácia vlhkosti, SICG GmbH, dib, 21. máj 2008

Primárne sú povrchové procesy spôsobené náterom ClimateCoating, ktoré prebiehajú takmer nezávisle od kvality steny (pokiaľ je splnená minimálna úroveň). Pri zahrnutí do vzorca hodnoty U znamená tepelný odpor ClimateCoating zvýšenie vnútorného odporu pri prestupe tepla R_{si} .

Norma ISO 7730 rieši ergonómiu tepelného komfortu. Tepelná pohoda (hodnotená „0“ alebo „neutrálna“ na stupnici medzi +3 = príliš teplo a -3 = zima) je „okolnosť, za ktorej sa vyjadruje spokojnosť s tepelným prostredím“.

Existuje rovnováha medzi produkciou tepla v ľudskom organizme súvisiacou s činnosťou a aktuálnym uvoľňovaním tepla do okolia bez toho, aby sa telo muselo nejako špeciálne prispôbovať („termostres“).

Premenné tepelného poľa v dôležitosti ich významu sú

- teplota žiarenia θ_{rmt} ,
- teplota vzduchu θ_a ,
- relatívna rýchlosť vzduchu v_{rel} and
- vlhkosť vzduchu p_a (parciálny tlak vodnej pary).

Rozhodujúci je vplyv teploty. Pokiaľ sa teplota vzduchu a teploty žiarenia výrazne nelíšia (čo by v záujme komfortu nemali), obe teploty je možné kombinovať a vytvárať tak „vnímanú“ alebo „prevádzkovú teplotu“:

$$\theta_{op} = (\theta_a + \theta_{rmt})/2$$

Pre izby, ktoré sú určené na trvalý pobyt rôznych osôb, možno formulovať požiadavky na zvýšený komfort (zodpovedajúce PPD < 6%):

- Kolísanie prevádzkovej teploty v priestore a čase: $\Delta\theta_{op} = \pm 0,8 \text{ K (max.)}$
- Obmedzenie rizika prievanu na $DR < 8 \%$: $v_{rel} < 0,08 \text{ m/s}$
- Asymetria radiačnej teploty (strop/podlaha): $\Delta\theta_{r_ass} < 5 \text{ K}$
- Vertikálny rozdiel teplôt vzduchu medzi hlavou a členkami sediacej osoby $\Delta\theta_{1,1_0,1m} < 2 \text{ K}$
- Obmedzený je aj celkový rozsah prípustných zmien prevádzkovej teploty v čase.

Ďalšia požiadavka normy ISO 7730 sa týka letnej pohody v klimatizovaných miestnostiach, ktorá má zabezpečiť neprekročenie limitu vlhkosti. Systémy, ktoré sú určené na reguláciu vlhkosti, by mali byť schopné udržať parciálny tlak vodnej pary pod 1910 Pa (= 19,1 hPa), čo zodpovedá teplote rosného bodu 16,8 °C.

Spoľahlivé dôkazy o energeticky úspornom účinku ClimateCoating okrem praktických referencií zahŕňajú aj vedecké dôkazy vo forme analýz vnútornej klímy, ktoré sa zaoberajú parametrami komfortnej normy ISO 7730 opísanej vyššie.

5. Analýzy vnútornej klímy ako vedecký dôkaz

Počas obdobia 15 rokov boli vykonané nasledujúce analýzy vnútornej klímy:¹⁶

- 2005, Nemecko, v administratívnej budove DW v Bonne
- 2009, Švédsko, v budove knižnice v Štokholme
- 2010, Nemecko, v administratívnej budove IVG v Bonne
- 2014, Holandsko, v domove dôchodcov Driebergen
- 2015, Holandsko, v domove dôchodcov Amersfoort
- 2019, Holandsko, v budove radnice v Brede

Vykonané merania dokazujú na jednej strane energetický a klimatizačný efekt ClimateCoating a na strane druhej údaje o produkte.

Sériu meraní vykonal Prof. Dr.-Ing. Peter Marx z TFH Berlin, Laboratórium pre elektronickú meraciu techniku (Oddelenie VII: Elektrotechnika a jemná technika) a MX Elektronik.

Použil sa analyzátor priestorovej klímy MS 01A, o ktorom sa už informovalo v odbornom časopise „Vykurovanie - Vetrание - Technika budov“ 26 (1975) č. 9, str. 317-321. V prílohe sú k tomu vysvetlenia. Po rokoch možno v odbornej literatúre nájsť správu o podobných meraciach prístrojoch (katatermometre, frigorimetre, prístroje na meranie súčtu klímy s bipolárnymi tranzistorovými snímačmi) a metódach.¹⁷

Vykonané merania preukázali tieto účinky:

- Miestnosť pokrytá náterom Climate Coating sa rýchlejšie vyhreje.
- Miestnosť pokrytá náterom Climate Coating sa ochladzuje pomalšie.
- Náter ClimateCoating zlepšuje tepelný komfort
 - zvýšená povrchová teplota povrchov obalu
 - rovnomernejšie rozloženie teploty povrchu obalu
 - výsledná lepšia vnímaná (prevádzková) teplota
 - zníženie pohybu vzduchu v miestnosti (prievan)
- Náter ClimateCoating reguluje vlhkosť vzduchu (tlmivý efekt).
- Náter ClimateCoating vytvára letný chladivý efekt.

¹⁶Protokoly a hodnotenia sú k dispozícii autorovi vo formáte PDF.

¹⁷E. Loose: O hodnotení tepelnej pohody, v: Gesundheit-Ingenieur 112 81981) Číslo 1, strany 27-30, PDF kópiu je k dispozícii od autora

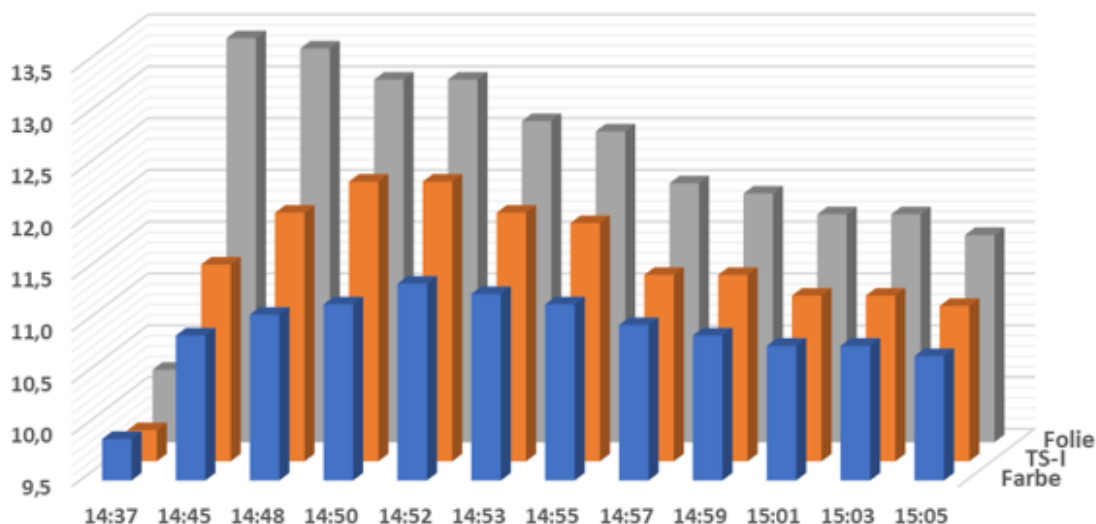
6. Merania pomocou IR kamier (metóda referenčného prúžku)

V roku 2018 experiment s infračervenou kamerou s vysokým rozlíšením skúmal otázku: Dá sa správanie vykurovania a chladenia merať bez analýzy klímy v miestnosti?¹⁸



Obrázok 3 (vľavo): Obrázok monitora IR kamery s vysokým rozlíšením, meranie vytvára oblak údajov.

Obrázok 4: Pripravená stena suterénu, konvenčná farba a náter ClimateCoating plus referenčný pás.



Obrázok 5: Grafické znázornenie nameraných hodnôt pre správanie sa vykurovania a chladenia

Stena natretá náterom ClimateCoating sa ohrieva rýchlejšie a ochladzuje pomalšie ako stena natretá bežnou emulznou farbou. Termovízna kamera má vysoké rozlíšenie a výška meracej čiary je vďaka statívu konštantná. Náhle zvýšenie zahrievania fólie je spôsobené tým, že sa prilepila na fóliu na meranie dĺžky pripevnenú na stene.

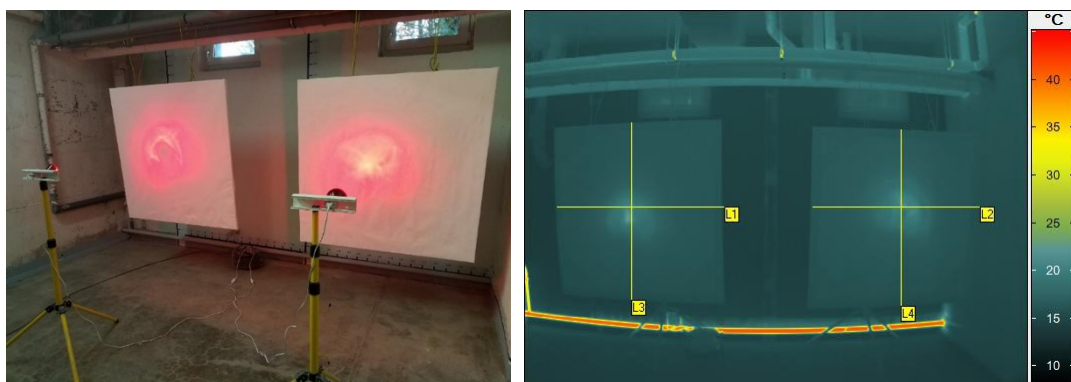
V prvom rade meracia technika potvrdila často opakované empirické pozorovanie, že povrchy natreté ClimateCoating sa v porovnaní s bežnými farbami rýchlejšie zohrejú a pomalšie ochladzujú. Výsledkom je úspora vykurovacej energie a lepšia tepelná pohoda, ako sa už v minulosti dosiahlo analýzou klímy v miestnostiach

¹⁸Dipl.-Ing. Bend Bonso, Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann: Protokoll o metrologickom hodnotení správania pri zahrievaní a ochladzovaní skúšobných plôch (steny) natretých emulznou farbou a CC, Berlín, 15. marca 2018

potvrdil. Toto je kvalitatívne hodnotenie - napríklad pre výpočtové hodnoty - nie je možné.

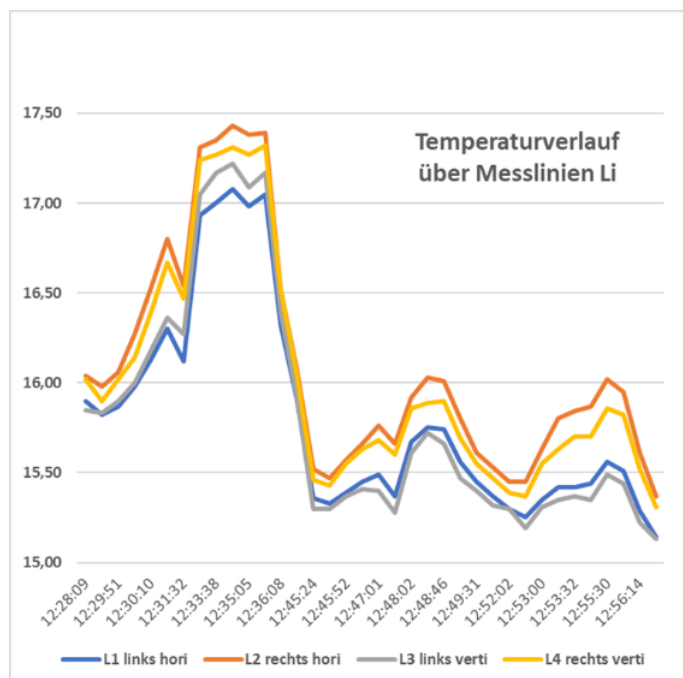
Pozoruhodné je, že tepelné snímky „odtlačkov rúk“ zostávajú v infračervenom žiarení dlhú dobu. Tie boli viditeľné na monitore kamery viac ako 4 minúty. Podľa súčasnej teórie by teplo vnesené rukou muselo byť rýchlo odvádzané vedením tepla a sálaním.

Zdá sa, že aj stavebné materiály ako betón majú schopnosť udržať teplo, hoci tento časový faktor nie je v teórii U-hodnoty braný do úvahy – ani akumulačná schopnosť (nulovanie vo Fourierovej rovnici vedenia tepla a teda vedenie tepla je jedinečné).



Obrázok 6 (vľavo): Usporiadanie merania s potiahnutými textíliami natiiahnutými na drevenom ráme.

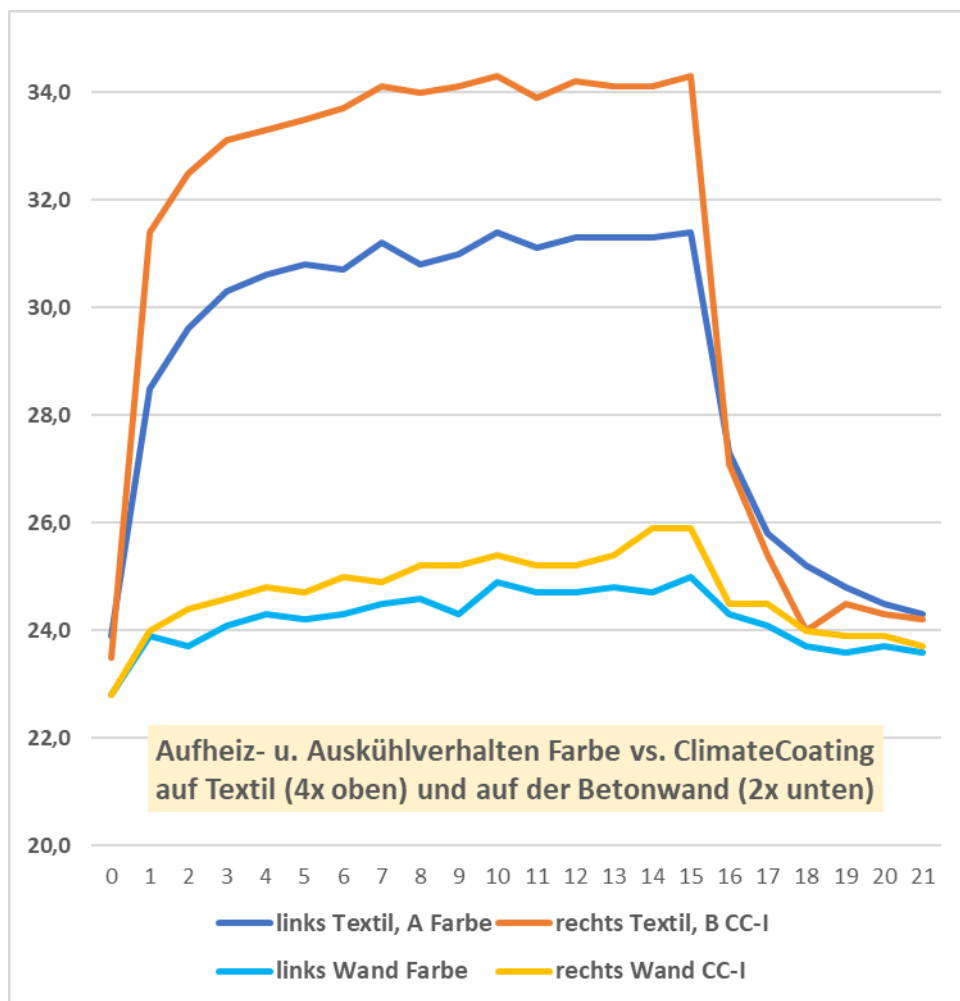
Obrázok 7: Čiary meracieho bodu L1 a L2, horizontálne a vertikálne, umiestnené na dátovom oblaku na vyhodnotenie.



Obrázok 8: Rozdiely v správaní kúrenia a chladenia, ClimateCoating s vyššími teplotami.

Fenoméni rýchlejšieho zahrievania a pomalšieho ochladzovania testovacích povrchov potiahnutých ClimateCoating, známy z analýz izbovej klímy a správ z terénu, bol reprodukovateľný a teda preukázaný v experimentoch s použitím IR kamery ako meracieho zariadenia. Je možné vidieť aj vplyv hmotnosti plochy vzorky za povlakom.

Táto séria meraní sa zopakovala na rovnakom mieste v roku 2022, tentoraz s ručnou IR kamerou Fluke.¹⁹



Obrázok 9: Krivky povrchovej teploty farby vs. ClimateCoating na textílii/stene.

Výsledok sa potvrdil:

Povrchy natreté náterom ClimateCoating

- sa zahrievajú rýchlejšie v porovnaní s „farbou“.
- dosiahnuť vyššiu povrchovú teplotu.

Po vypnutí infračervených žiaroviek dôjde k poklesu teploty

- rovnako náhle v „Color“ a „ClimateCoating“.
- na takmer rovnaké hodnoty pre oba povrchy.

Vplyv hmoty je evidentný v natieranej betónovej stene

- pri nižšom náraste teploty pri zahrievaní.
- pri pomalšom chladení.

¹⁹Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann: Protokoll o meraní, stanovenie ohrievacieho a chladiaceho správania povrchov dvoch interiérových farieb na skúšobných vzorkách vyrobených z textilu a na betóne, Berlín, 11. august 2022

Táto séria meraní bola určená na určenie, či je možné určiť významnú hodnotu pre IR odraz povlaku ClimateCoating.²⁰

Testovacie prúžky sú špeciálna lepiaca páska s $\epsilon = 0,95$ (epsilon, emisná hodnota). Predvolená hodnota pre IR kamery je $\epsilon = 0,95$, najbežnejšia hodnota emisie pre stavebné materiály je $\epsilon = 0,95$. Zmeriate povrchovú teplotu referenčného prúžku a potom testovaciu oblasť vedľa neho. Ak sa zobrazí rovnaká hodnota, povrch má emisivitu 0,95. Ak sa zobrazí iná hodnota, nastavte v infračervenej kamere inú hodnotu emisie, kým sa povrchové teploty referenčného prúžku a testovanej oblasti nezhodujú.

10:29	Rechte Wandfläche (ClimateCoating)
Referenzstreifen mit $\epsilon 0.95$	24,1 – 24,3 °C
um den Streifen herum ($\epsilon 0.95$)	23,5 – 23,8 °C
um den Streifen herum ($\epsilon 0.93$)	23,8 – 24,1 °C
um den Streifen herum ($\epsilon 0.92$)	24,1 – 24,4 °C

Obrázok 10: Tabuľka nameraných hodnôt s porovnaním s referenčným prúžkom

Tieto merania sa opakujú, aby sa štatisticky znížila chyba merania v dôsledku množstva dát. Nakoniec sa potvrdil výsledok z prvého merania: $\epsilon = 0,92$ pre interiérovú farbu ClimateCoating.

Vzhľadom na vzťah $E = A$ a $A + R = 1$, teda $E + R = 1$, vyvstáva otázka: Ako môže farba interiéru bez výrazného merateľného IR odrazu (nízkeho ϵ) zlepšiť tepelnú pohodu?

7. Definícia IR odrazu a spätného rozptylu pre ClimateCoating

Emisná hodnota 0,92 je blízka 0,95 a ďaleko od takzvaných low-e vrstiev. Hodnota emisie 0,92 tiež znamená, že hodnota absorpcie je tiež 0,92 a odráža sa len 8 %. To nemôže vysvetliť zvýšenie povrchovej teploty. Bolo by tiež logické predpokladať, že vysoká hodnota odrazu by viedla k strate žiarenia z povrchu obalu - a teda povrchová teplota by mala tendenciu klesať.

Hlavný rozdiel medzi ClimateCoating a konvenčnou farbou je v tom, že membrána je priehľadná, alebo presnejšie: polopriehľadná. Dopadajúce tepelné žiarenie sa odráža len okolo 8 %, 92 % je absorbovaných membránou. Pri nepriehľadnom nátere sa teplo prenáša priamo, teda krátkou cestou cez vnútornú omietku na stavebný materiál steny.

Na druhej strane v membráne ClimateCoating spätný rozptyl spôsobuje hromadenie tepla a v dôsledku toho zvýšenie povrchovej teploty. Emisné správanie môže byť stále rovnaké, ale zvyšuje sa intenzita – množstvo tepla zadržaného v miestnosti.

²⁰Dipl.-Ing. Matthias G. Bumann: Protokoll o meraní, stanovenie emisivity dvoch interiérových farieb metódou referenčných pásov, Berlín, 11. august 2022

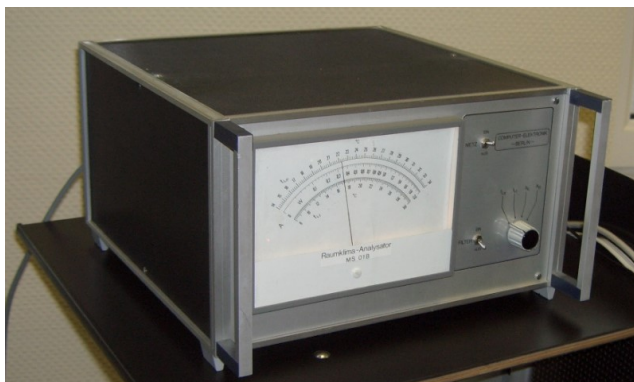
8. Dodatok

8.1. Vysvetlivky k analýze vnútornej klímy podľa Prof. Dr.-Ing. Peter Marx

Analyzátor izbovej klímy, 1975 od Prof. Dr.-Ing. Marx, TFH Berlin a Ing. To umožňuje stavy a efekty objektivizovať. Zariadenie funguje spoľahlivo a prináša použiteľné výsledky. Žiaľ, meracie zariadenie sa zatiaľ nepodarilo sériovo vyrobiť šikovným, malým a moderným spôsobom za prijateľné náklady. Veľkým kameňom úrazu je nezáujem profesionálov o vnútornú klímu. Tento postoj je riadený záujmami, čo platí aj pre stav noriem.

Tento dokument má na základe vykonaného merania vysvetliť, že postup je relatívne jednoduchý a praktický. Výsledkom je komplexné, objektívne posúdenie vnútornej klímy. Výhody sú zrejmé z tu uvedených podrobných pokynov.

Ďalším cieľom je nájsť partnera, ktorý dokáže vyrobiť merací prístroj v súčasnom dizajne a ponúknuť ho širokému okruhu odborníkov za prijateľnú cenu. Zvýšené používanie prispieva k realistickej aktualizácii noriem. Hlavnou náplňou je zaznamenávanie priestorových teplôt (teploty žiarenia) v súlade s priestorovými uhlami a ich zavedenie do noriem a výpočtových metód.

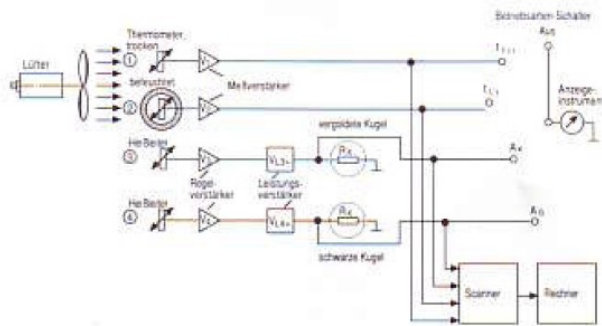


Obrázok 11: meracie zariadenie s čítacou stupnicou (Foto: DIMaGB)

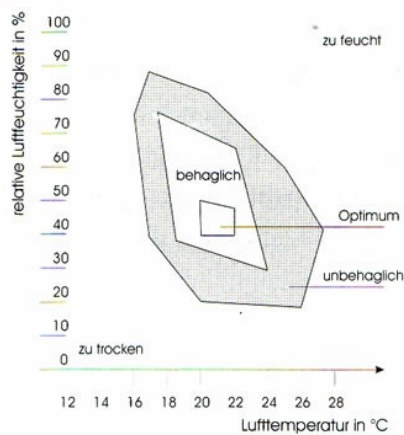


Obrázok 12: meracie hlavy čierna a zlatá (Foto: DIMaGB)

Bild 4
Blockschaltbild des rechnergeführten Raumklima-Analysators



Obrázok 13: Bloková schéma analyzátoru izbovej klímy (graf: prof. Marx)



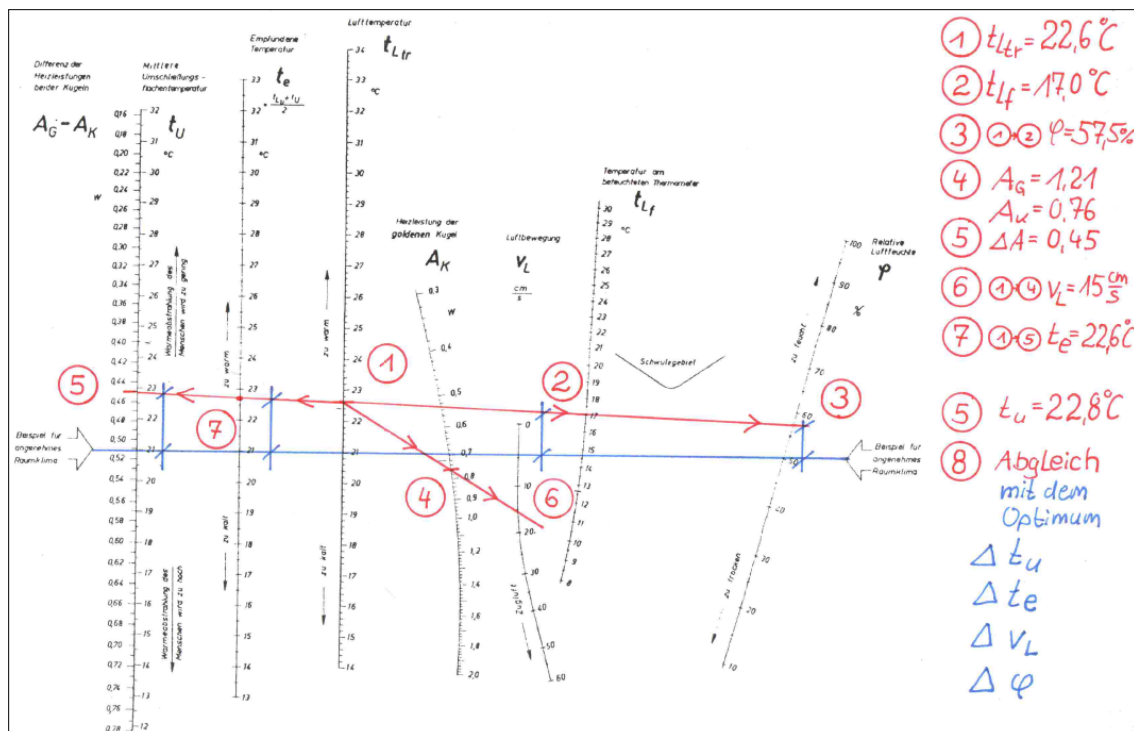
Obrázok 14: Diagram komfortu (Grafika: Environmental Protection BW)

Všeobecne známa je veľmi zjednodušená grafika, ktorá obsahuje iba izbovú teplotu a vlhkosť vzduchu v miestnosti (pozri obrázok vyššie). Je známe, že popis vnútornej klímy musí byť zložitejší. Metóda podľa prof. Marxa túto požiadavku spĺňa. Merajú sa tieto klimatické parametre:

- Teplota vzduchu suchá
- Teplota vzduchu vlhká
- Priemerná uzavretá povrchová teplota
- Pocitová teplota
- Pohyb vzduchu
- Relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu

Princíp je geniálne jednoduchý: čierna guľa reaguje na konvekciu a teplotu žiarenia, zlatá len na konvekciu (- = - = 0). Ďalší snímač je umiestnený v statíve a je tienенý pred účinkami žiarenia.

Nomogram potrebný na záznam a vyhodnotenie merania zobrazuje všetky vyššie uvedené merané veličiny. Všetky stupnice, bez ohľadu na to, či ide o priamku alebo krivku, predstavujú zobrazenie funkcie v karteziánskom súradnicovom systéme. Ide teda o vedecké vzťahy, ktoré možno znázorniť pomocou vzorcov. Napríklad vnímaná teplota je priemerom teploty povrchu obalu a teploty vzduchu v miestnosti.

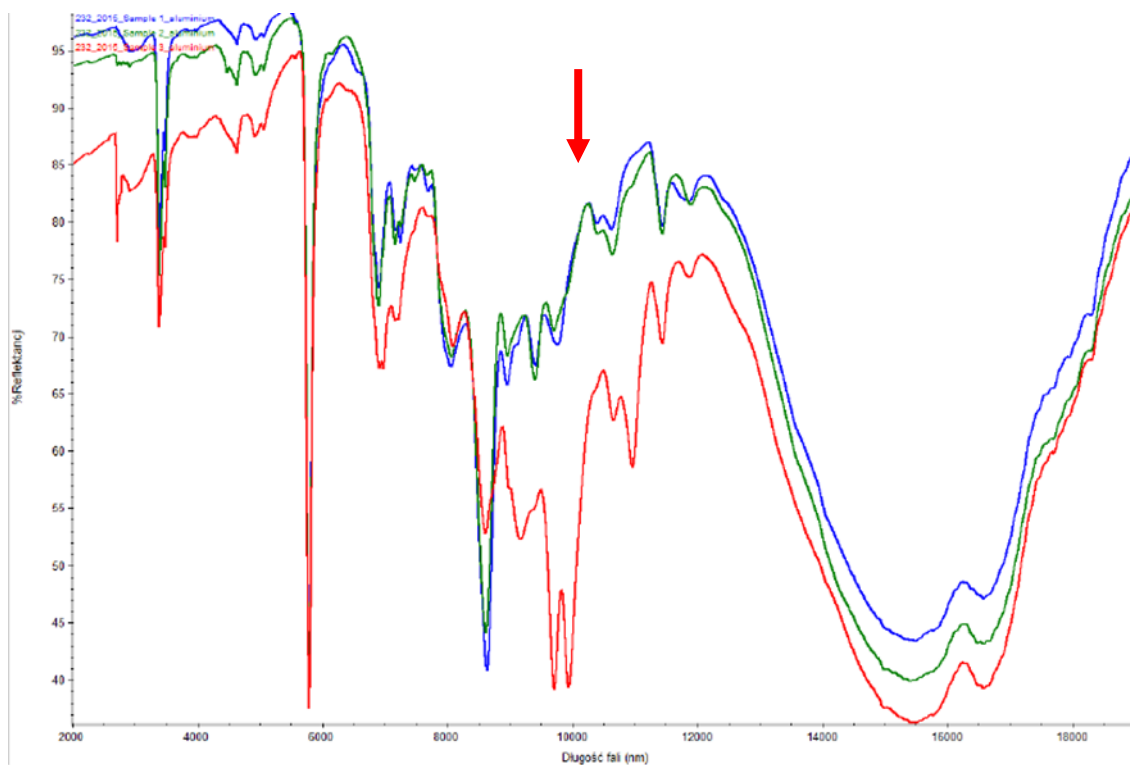


Obrázok 15: Hodnotiaci nomogram podľa prof. Marxu

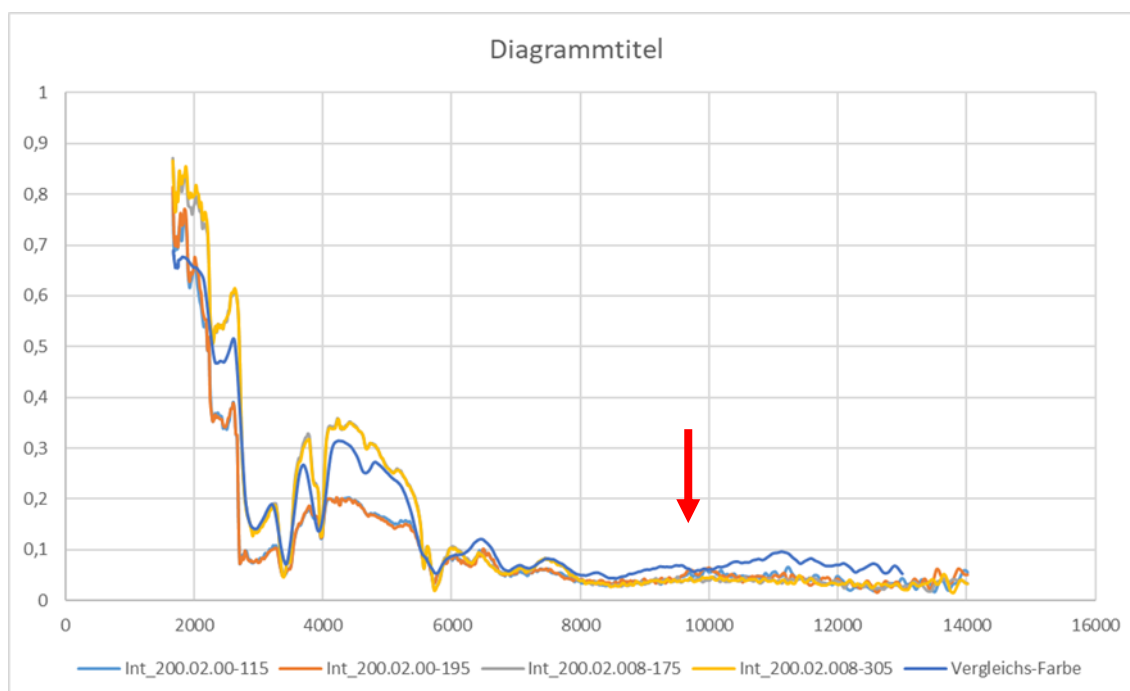
Raumluftqualität	Turbulenzgrad	Feuchte und Temperatur
<p>Mehr zur Raumluftqualität</p> <p>Die Kohlendioxidkonzentration und die Raumluftqualität in Innenräumen gelten als wichtigste Indikatoren für eine ausreichende Qualität der Raumluft.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Raumluftqualität bewerten durch CO₂- und weitere Messungen ✓ CO₂-Konzentration sollte 1000 ppm nicht überschreiten 	<p>Mehr zum Turbulenzgrad</p> <p>Die Luftgeschwindigkeit in Räumen hat direkten Einfluss auf die thermische Behaglichkeit.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Der Turbulenzgrad drückt die Luftgeschwindigkeitsschwankung und die Intensität der Luftströmung aus ✓ Lufttemperatur und Turbulenzgrad genau erfassen 	<p>Mehr zu Feuchte/Temperatur</p> <p>Die Parameter Lufttemperatur und relative Feuchte sind wichtig bei der Planung, Auswahl und Einstellung der Heizungs- und Lüftungsanlage.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Empfehlungen für die relative Luftfeuchte: 30% bis 65%
<p>Mehr zur Strahlungswärme</p>	<p>Mehr zur Behaglichkeit</p>	<p>Mehr zur Lichtmessung</p>

Obrázok 16: 47 rokov po vynájdení analyzátoru izbovej klímy prof. Marxom, Testo ponúka meracie zariadenia na určenie parametrov komfortu. (Snímka obrazovky z 15. augusta 2022)

8.2. Merania odrazivosti v laboratóriu



Obrázok 17: Meranie IMPiB z roku 2015 (3 produkty). Odras je škálovaný od 30 %.



Obrázok 18: Meranie z MPA Weimar, jún 2020

Červená šípka označuje vzťahy podľa Wienovho zákona o premiestnení (izbová teplota): 15 °C = 10,0 μ , 20 °C = 9,9 μ , 25 °C = 9,7 μ . V súvislosti s analýzami priestorovej klímy vyvstáva otázka: Ako môže farba interiéru bez výrazného merateľného IR odrazu zlepšiť tepelnú pohodu?

8.3. Úvahy na základe výpočtového modelu pre vnútornú klímu

Predslov

Ide o infračervené žiarenie / tepelné žiarenie / sálavé teplo a komfort. Tento dokument nie je (zatiaľ) dokončený, pretože bude aktualizovaný ako pracovný dokument po zapracovaní nových zistení a výsledkov. Má osloviť široké spektrum adresátov, a preto je formulovaný o niečo jednoduchšie.

Základy

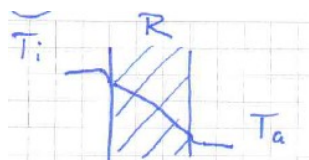
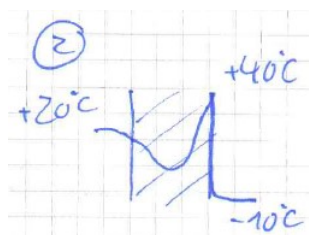


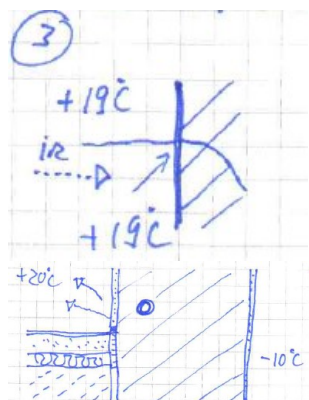
Schéma U-hodnoty je značne zjednodušený model. Je tak zjednodušený, že len čiastočne zodpovedá realite a procesom v budove. Existujú dve regulačné veličiny (hodnota 1 = vnútorná teplota vzduchu, hodnota 2 = vonkajšia teplota vzduchu) a tepelný odpor komponentu.

To má za následok konštantný tok tepla z vnútra von. Premennivé „odpory prestupu tepla“ vo vnútri a vonku (výskum stavieb z 20. rokov 20. storočia, JS Cammerer) sú príliš komplikované na to, aby sa dali zvládnuť matematicky a analyticky, preto boli štandardizované na konštantné hodnoty. Ako k tomu došlo, nie je známe.

Niekoľko jednoduchých príkladov ukazuje, prečo táto teória nie je praktická.



Situácia v zime, +20°C vnútri, -10°C vonku. Slnko zohreje stenu domu na +40°C a vrstvu pri povrchu nad +20°C. Pokiaľ je tam teplota nad +20°C, nedochádza k prúdeniu tepla zvnútra von. Toto pozastavenie tepelného toku má vplyv na bilanciu. Tok tepla je touto bariérou včas blokovaný, čím sa znižujú tepelné straty.



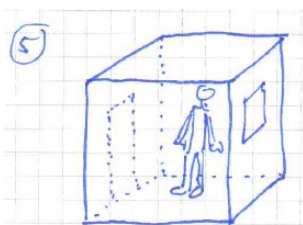
Na základe nameraných hodnôt teploty vzduchu v interiéri a teploty povrchu steny, ktoré sú po aplikácii ClimateCoating rovnaké. Odpor prestupu tepla vo vnútri je teda = 0? Tepelný tok q by sa teraz musel priblížiť k nekonečnu, keby nebol odpor steny pred ním.

Typická situácia pre reguláciu teploty, t.j. budova sa „nevykuruje“, ale je privedená do teplého prostredia. V Bavorsku sa to už vo veľkej miere praktizovalo v múzeách a inde a pokračovalo sa aj v modernej dobe a predávalo sa ako nové.

Túto situáciu nemožno znázorniť ani vysvetliť pomocou schémy hodnoty U. Teplota vzduchu nie je určujúcim faktorom, skôr zaostáva. Podľa teórie U-hodnoty by muselo dôjsť k obrovským tepelným stratám v dôsledku „slabej“ hodnoty U steny, vykurovalo by sa okolie a nie interiér. V praxi systém pracuje s nízkymi hodnotami spotreby a zároveň poskytuje ochranu proti vzliňajúcej vlhkosti.

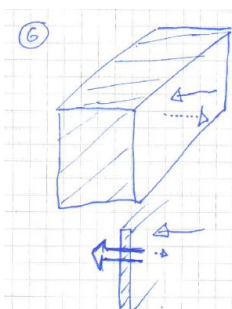
Literatúra o regulácii teploty:

- REGULÁCIA TEPLoty - METÓDA TEPELNEJ RENOVÁCIE BUDOV, KONTROLY TEPLoty IZB A KLIMATIZÁCIE KLÍMY V MÚZEÁCH A INÝCH BUDOVÁCH ŠTÁTNY ÚRAD PRE NEŠTÁTNE MÚZEÁ V Bavorsku, Vydavateľ: Štátny úrad pre nešťátne múzeá pri Bavorskom štátnom úrade pre pamiatkovú ochranu Pristr. 3, 8000 Munich 22, Editor: Henning Großschmidt, Editor: Dr. Wolfgang Stäbler, Mníchov, jún 1992
- Kontrola teploty komponentov v teórii a praxi, EURA inžinieri, Neumarkterstr. 75, 81673 Mníchov, 15. marca 2006
- Zámok Schönbrunn, Viedeň a Kunstforum Ostdeutsche Galerie Regensburg: „Klíma v múzeách a historických budovách. The Tempering“, 2004, ako ročník 9 vedeckej série Schönbrunn - zbierka literatúry tamže



Keďže je teraz jasné, že výpočtový model je ťažké odvodiť zo schémy hodnoty U, možno bude potrebné vyvinúť iný model. Spočiatku by sa to malo robiť bez zónovania, t. j. všetky miestnosti by mali mať rovnakú vnútornú teplotu vzduchu, aby bolo možné vnútorné steny oddeliť. Ľudia sú umiestnení v strede tohto priestorového modelu, pretože domy sú postavené pre ľudí a vykurované, aby vytvorili pohodlné podmienky

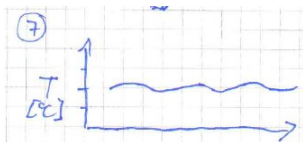
sa stáva. Prvenstvo nie je založené na regulovanej premenlivej teplote vzduchu v miestnosti.



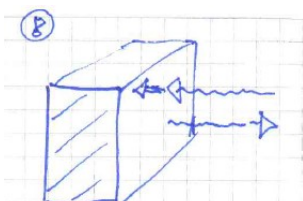
IE QUELLE
FÜR ALLE GUTER
MUSS EN M'VO
GEGEBEN SEIN
ZIEHUNG (U=

Prvým krokom je vytvorenie 2D modelu. IR zdroj vykurovania zahŕňa výmenu žiarenia, ktorá prebieha na vnútornom povrchu vonkajšej steny. Stav vonkajšej steny však nemožno úplne zanedbať. Ak si skúsate predstaviť, aké by to bolo v dome s 10 cm hrubými stenami, ukáže sa potreba minimálnej úrovne tepelnej izolácie. To je prípad typických hrúbok stien 36,5 alebo 38 cm plus omietka. V určitom bode dosiahnete dno

stav limitnej hodnoty, ktorý sa dosiahne najneskôr pri tehlových múroch s hrúbkou 24 cm.

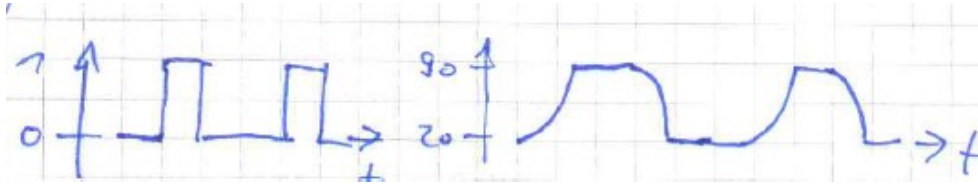


Pre modelovanie je rozhodujúce kritérium komfortu. Okrem dobre vyvinutej symetrie sem patria aj malé rozdiely povrchových teplôt, aj keď je sálavé vykurovanie zapnuté len dočasne.



A ďalej aspekt je na Definícia vnútorné Odolnosť proti prenosu tepla. Pri sálavom vykurovaní nevzniká odpor prestupu tepla. Rozhodujúca je absorpcia tepelného žiarenia a odrazové správanie do miestnosti (emisie, sekundárne žiarenie). Sú tu jasné vzťahy:
- + - = 1a - = -.

Jedinou „odolnosťou“ voči tepelnému žiareniu je slabá absorpcia alebo emisné správanie. Intenzita žiarenia je definovaná takzvaným T-to-4 zákonom (Stefan-Boltzmannov zákon posunutia udáva maximálnu vlnovú dĺžku pre teplotu);



Prevádzka sálavých ohrievačov nie je nepretržitá, existujú cykly zapnutia a vypnutia. Tieto môžu byť jednoducho reprezentované 1 a 0 na časovej osi. Pre povrchovú teplotu zdroja žiarenia je výsledkom pílovitý vzor. Vykurovacie a chladiace správanie, ktoré tu možno vidieť, závisí od použitých materiálov a štruktúry systému. Krivka povrchových teplôt miestnosti je však oveľa pľochejšia.

„Stavebnou fyzikálnou“ (a nie fyziologickou) veličinou je vnímaná teplota: $t_e = (t_L, tr + t_u)$:

2. Ideálne by bolo $t_L, tr = t_u$.

Legenda:

t_e Pocitová teplota

t_L, tr Teplota vzduchu, sucho

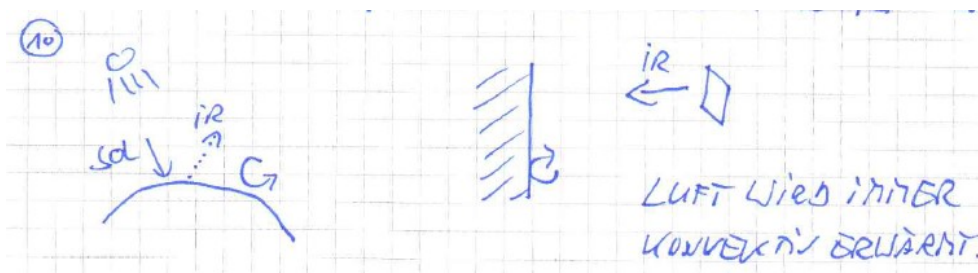
t_u Teplota okolia, priemerná povrchová teplota povrchov obalov

Číselný príklad by mal ilustrovať dôležitosť tohto cieľového parametra:

Konvekcia: $t_e = (24,0 + 20,0) : 2 = 22\text{ °C}$

IR ohrievač $t_e = (22,5 + 21,5) : 2 = 22\text{ °C}$

- $t_L, tr = 2,5$ tis $\rightarrow 2,5 \times 6,0 = 15\%$ úspora vykurovacej energie (pravidlo: 6 % na 1 °C)



Vnútrotný vzduch sa ohrieva konvekčne, čo je porovnateľné so situáciou na zemskom povrchu, kde konvekčne ohriaty vzduch stúpa nahor a ovplyvňuje počasie.

Ohrev vzduchu na teplotu t_L, tr je teda druhoradé, z dôvodu t_e ale nie irelevantné. Skutočnosť, že sálavé vykurovanie funguje aj vo vákuu, má skôr akademický význam, ale nemalo by zostať bez zmienky. Vzduch tam je, takže aj ten musí byť upravený podľa kritérií komfortu.

Malo by sa tiež vziať do úvahy, že vždy existuje konvekcia a žiarenie. Dôležitý je vzťah. V tabuľke sú uvedené referenčné hodnoty.

system	Porcia žiarenia	Porcia konvekcia
Kachľová pec	80 %	20 %
Panelové radiátory	20 %	80 %
Panelový radiátor, mod.	40 %	60 %
Podlahové kúrenie	60 %	40 %
IR ohrievač	70 %	30 %

Tabuľka 1: Podiel sálania a konvekcie v rôznych vykurovacích systémoch

Vyššie uvedené úvahy vedú k nasledovnému

tézy

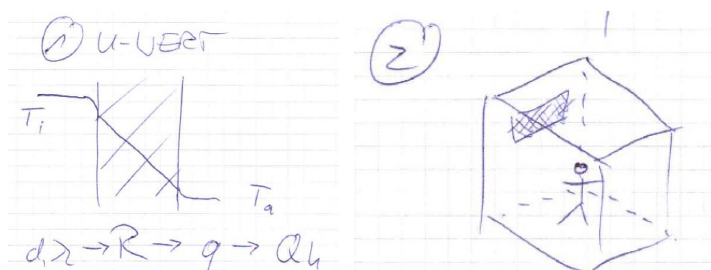
odvodené:

1. Musí existovať minimálna tepelná ochrana obvodového plášťa budovy.
2. Tepelná vodivosť je rozhodujúca pre prenos tepla vonkajších stien – a nie tepelnú vodivosť.
3. Niektoré súvahové údaje zostávajú nezmenené:
 - a. Vnútorne zisky
 - b. Tepelné straty vetraním
 - c. Solárne zisky cez okná
 - d. Ako ústupok:

Podľa normy sú solárne zisky na vonkajších stenách = 0
4. Prvenstvo má kritérium pohodlia. To platí najmä pre te.
 - a. $t_{L, tr}$ urobte: ak je to možné - = 0
 - b. $t_{L, tr}$ = 19 až 20 °C
 - c. V dôsledku konvekčného ohrevu teplota vzduchu zaostáva za povrchovou teplotou steny.
5. Vyžaduje sa vysoká symetria vykurovania:
 - a. K povrchom obalu rel. Vysoká
 - b. Žiadna radiácia neklesá
 - c. Malá konvekcia = symetria teploty vzduchu

Definícia cieľovej hodnoty

Aby som to zhrnul: teória hodnoty U. Dané sú T_i a T_a . Materiálové parametre d (hrúbka steny) a λ (tepelná vodivosť) definujú tepelný odpor steny prostredníctvom jej čisto vodivého správania (vedenie tepla). Výsledkom je tepelný tok q a potreba tepla na vykurovanie Q_h .



Čo sa týka tepelného žiarenia: Vyžarovaný výkon je určený intenzitou žiarenia I_{IR} definované v čase. Medzi touto hodnotou a spotrebou energie P leží účinnosť ako faktor, ktorý závisí od systému a značky. Hodnota sekundárneho žiarenia je určená kvalitou povrchu. Intenzita žiarenia I_{IR} musí byť riadená tak, aby bola dosiahnutá príjemná pocitová teplota t_e sa generuje. Pohyb vzduchu musí byť a vlhkosť vzduchu - (rel. LF) je v optimálnom rozsahu.

Pocitová teplota t_e závisí predovšetkým od priemernej povrchovej teploty obalu t_u preč. To je zase merateľne závislé.

$$t_u = -f(T_{o,i}; -IR, i; F_i; d_i)$$

Legenda:

i	index čiastočnej
T_o	povrchovej teploty
-IR	Emisné správanie v rozsahu 9,75...10,0 μm vzdialenosť
d	od jednotlivého povrchu

Jednotlivé plochy sú rovné a usporiadané vertikálne (stena) alebo horizontálne (strop). Vzdialenosť závisí od polohy osoby (analyzátora priestorovej klímy) a ovplyvňuje intenzitu prichádzajúceho žiarenia a tiež čistú stratu žiarenia do záchytov žiarenia (napr. okno, ktoré „vyžaruje chlad“).

Popis problému

Rozsiahle empirické a vedecké štúdie (najmä analýzy klímy v miestnostiach) dokázali, že vnútorný náter s ClimateCoating zvyšuje komfort a tým vedie k úsporám energie na vykurovanie. Príčiny sú, berúc do úvahy všetky ostatné faktory, ako je vykurovací systém:

- zvýšené povrchové teploty
- znížené rozdiely povrchových teplôt
- v súčte zmena t_u zlepšenie t_e účinky

Tu však vzniká zjavný rozpor: Ak: $- + - = 1$ a $- --$ potom zvýšená povrchová teplota znamená zvýšenú emisiu a znížený odraz. Pri ClimateCoating je však dôležitým mechanizmom pôsobenia takzvaný IR odraz (rozptyl, spätný rozptyl). Zvláštnosťou, na rozdiel od čisto nepriehľadných povrchov, je to, že prichádzajúce žiarenie je najskôr absorbované, ale potom je v dôsledku procesov rozptylu privádzané po značne predĺžených dráhach (distribúcia v membráne) a „je rozptýlené späť do priestoru.“

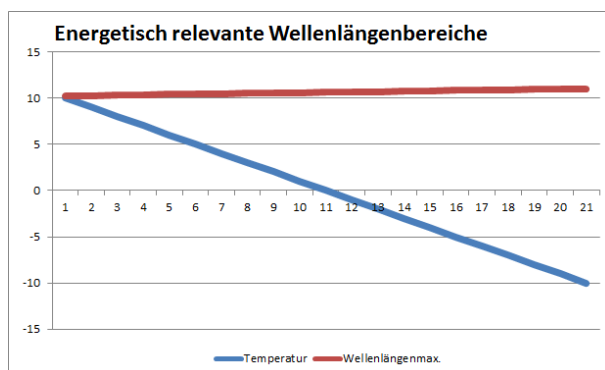
diplomovej práce:

Preto musí existovať zreteľný rozdiel od nepriehľadných povrchov, pretože základné fyzikálne zákony nemožno prekonať. Zvýšená povrchová teplota povrchov obalu je spôsobená prítomnosťou bariéry tepelného toku: spätným rozptylom v membráne s dutými mikrogulôčkami.

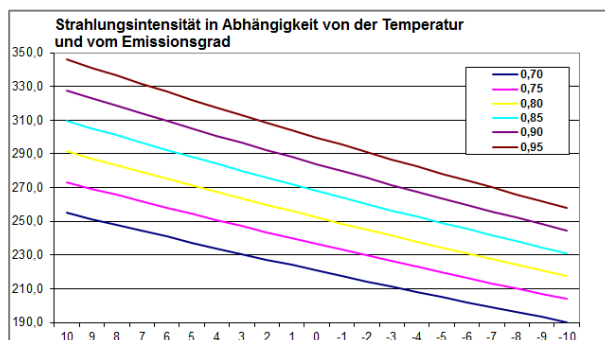
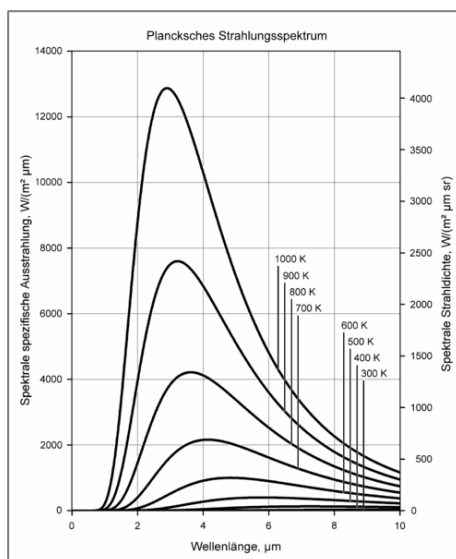
Procesy opísané v modeli Shnir pre rozptyl Mie môžu byť reprezentované pomocou simulácií. Ak sa k tomu pridá nahromadenie tepla z teórie rúna (izolačný efekt v dôsledku predĺžených dráh vedenia tepla), naakumulované teplo sa musí zodpovedajúcim spôsobom vyžarovať späť.

Dodatok: nejaká fyzika žiarenia na IR (1)

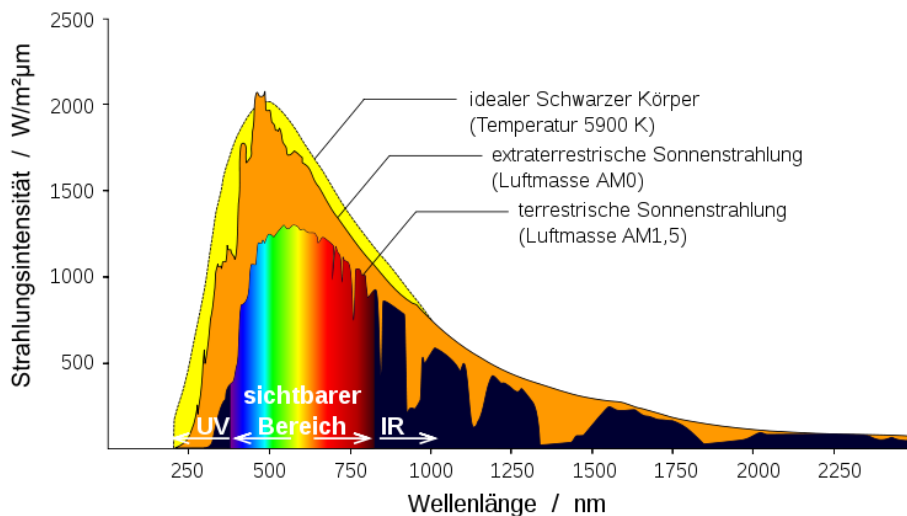
T[K]	T [°C]	-max. [-m]
308,15	35	9,40
307,15	34	9,44
306,15	33	9,47
305,15	32	9,50
304,15	31	9,53
303,15	30	9,56
302,15	29	9,59
301,15	28	9,62
300,15	27	9,66
299,15	26	9,69
298,15	25	9,72
297,15	24	9,75
296,15	23	9,79
295,15	22	9,82
294,15	21	9,85
293,15	20	9,89
292,15	19	9,92
291,15	18	9,95
290,15	17	9,99
289,15	16	10,02
288,15	15	10,06
287,15	14	10,09
286,15	13	10,13
285,15	12	10,16
284,15	11	10,20
283,15	10	10,23
282,15	9	10,27
281,15	8	10,31
280,15	7	10,34
279,15	6	10,38
278,15	5	10,42
277,15	4	10,46
276,15	3	10,49
275,15	2	10,53
274,15	1	10,57
273,15	0	10,61
272,15	-1	10,65
271,15	-2	10,69
270,15	-3	10,73
269,15	-4	10,77
268,15	-5	10,81
267,15	-6	10,85
266,15	-7	10,89
265,15	-8	10,93
264,15	-9	10,97
263,15	-10	11,01
262,15	-11	11,05
261,15	-12	11,10
260,15	-13	11,14
259,15	-14	11,18
258,15	-15	11,23
257,15	-16	11,27
256,15	-17	11,31
255,15	-18	11,36
254,15	-19	11,40
253,15	-20	11,45



$$\lambda_{\max} = \frac{2897,8 \mu\text{m K}}{T}$$



Korelácia teploty a maximálnej vlnovej dĺžky Korelácia
teploty, emisie a intenzity žiarenia

Dodatok: nejaká fyzika žiarenia na IR (2)

Toto znázornenie končí NIR (IR-B) pri približne 3,0 μm

(Graf: Matthias M., wikimedia commons)

Benenie	Skratka		vlnová dĺžka	vlnová dĺžka	teplota
			v μm	v nm	poViedeň
zavrieť Infračervené	NIR	IR-A	0,78...1,4	780...1400	3700 tis....
		IR-B	1,4...3,0	1 400...3 000	
stredná Infračervené	JA	IR-C	3...50	3000... 50 000	1000...60 tis
vzdialený Infračervené	JEDLA		50...1000	50 000... 1 000 000	...3 K

Klasifikácia IR žiarenia, 0 K = - 273,15 °C

V anglo-americkej oblasti:

0,78 - 1,4 μm blízko infračervené

1,4 - 3,0 μm krátky vlnová dĺžka

3 - 8 μm stredná vlnová dĺžka 8 -

15 μm dlhá vlnová dĺžka 15 μm - 1

mm ďaleko infračervené

8.4. Dodatok: optický rozptyl IR v membráne

V rokoch 2012-2013 Inbitec eV Institute, Berlin Buch, vyvinul simulačný program založený na Comsol Multiphysics (softvér na výpočet konečných prvkov) na realistický výpočet empiricky podporovaných hodnôt na zlepšenie vnútornej klímy a úsporu vykurovacej energie prostredníctvom používania termokeramickej membránovej technológie (ClimateCoating) ako vnútorné a/alebo vonkajšie nátery budov.²¹

Toto sa uskutočnilo súčasne s vývojom vhodného meracieho zariadenia (miniaturizovaný analyzátor izbovej klímy modelovaný podľa modelu prof. Marxa) na overenie výpočtov prostredníctvom meraní.

Ako súčasť vývoja programu bol integrovaný výpočtový modul na optimalizáciu distribúcie priemeru dutých keramických guľôčok pridaných do povlaku na zlepšenie vlastností spätného rozptylu (Mie rozptyl a spätný rozptyl v IR).

Výsledok vyšetrení:

„Podarilo sa ukázať, že efekt farby vyplýva z dvoch základných vlastností.²²

Vysoký podiel vákuových guľôčok v nátere spočiatku vytvára izolačný efekt, no zároveň vysoké riedenie obsahu akrylu vytvára výrazne nižšiu tepelnú kapacitu.

Dopadajúce žiarenie je silne rozptýlené a vnútorne absorbované.

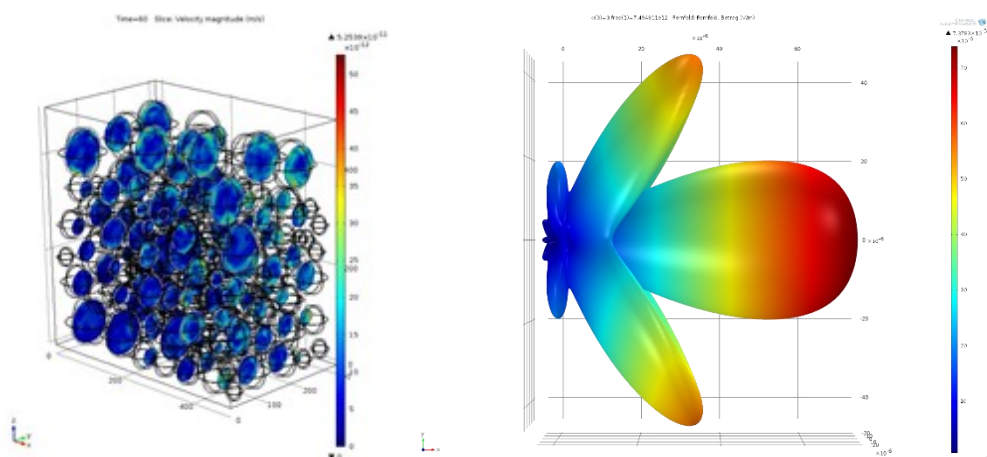
Tieto vlastnosti (rozptyl a absorpcia v kombinácii s nízkou tepelnou kapacitou) majú za následok rýchle zahrievanie farby na povrchu a nízke vedenie tepla (do) chladného chrbta.

V miestnosti tak vzniká pre človeka teplejší povrch, ktorý samozrejme na človeka aj vyžaruje teplo. Ľudia to vnímajú ako príjemné už pri malých nárastoch teploty a rýchlo tak vytvárajú príjemnú atmosféru.

V spojení so sálavým vykurovaním je umožnené výrazné zníženie vykurovacieho výkonu. Zároveň vzniknú nižšie prúdenie vzduchu, pretože na studenej stene už nemôže vzniknúť vysoký klesajúci prúd. Ako je znázornené, studený most tiež vytvára izoláciu, ktorá zabraňuje vzniku vlhkého rohu.“

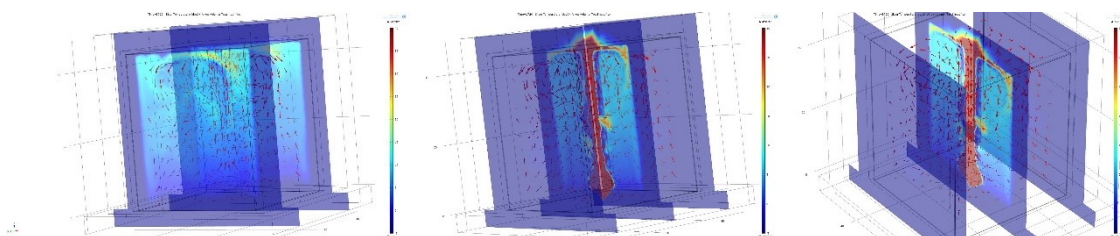
²¹Zlepšenie vnútornej klímy z vykurovacej energie pomocou technológie termokeramickej membrány ... ako interiérové a/alebo exteriérové nátery budov, projekt transferového bonusu štátu Berlín, Institut Inbitec eV, kniha Berlín, záverečná správa z 28. marca 2013

²²Tu „farba“ znamená náter ClimateCoating.

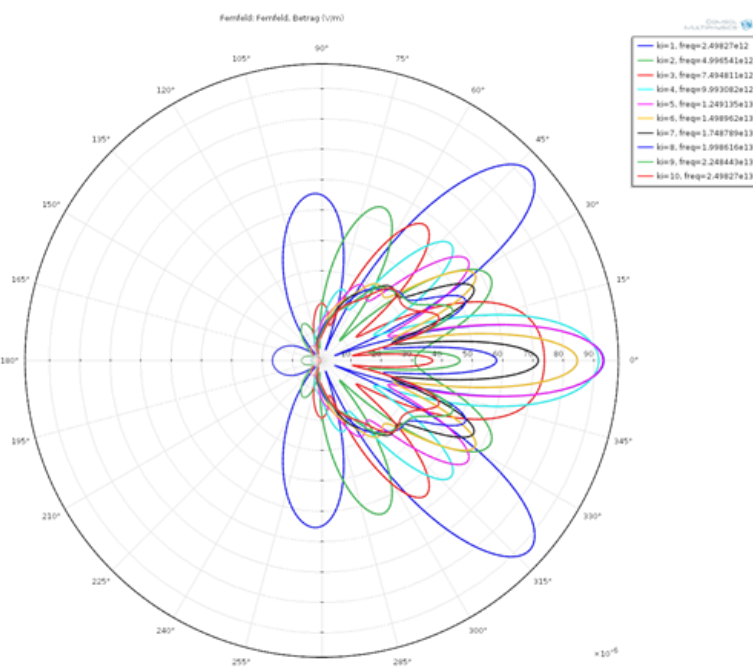


Obrázok 19 (vľavo): Obrázok 3 zo záverečnej správy, štatisticky rozdelené a veľkostne rôzne sférické usporiadanie v kvádrovom objeme

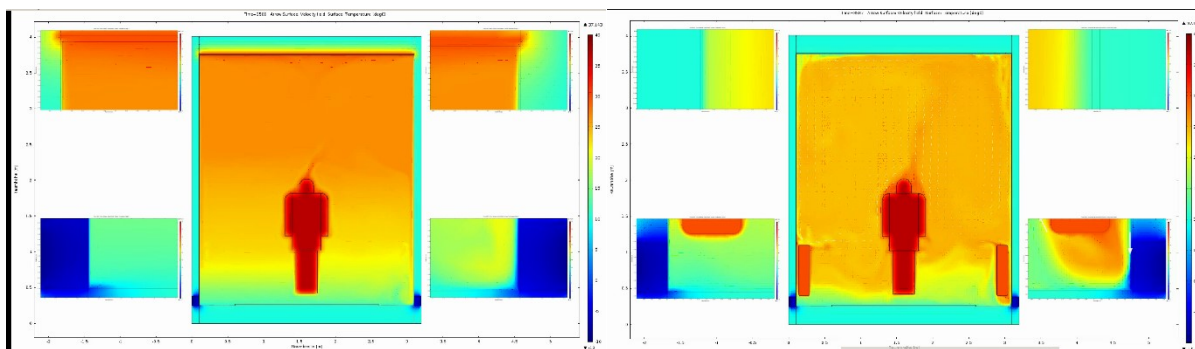
Obrázok 20: Profily žiarenia pre elektrické vzdialené pole, keď rovinná vlna narazí na dutú guľu pri rôznych vlnových dĺžkach. Príklady niekoľkých jednotlivých priestorových profilov sú znázornené na obrázkoch.



Obrázok 21: Obrázok 14 zo záverečnej správy, výpočet vykurovacieho experimentu vo vnútri kocky so zdrojom tepla 15 W a stenami z pórobetónu (a), navyše s akrylátovým náterom (b) a s náterom ClimateCoating (c). Podobne ako v prípade kvetináča došlo aj v interiéru k zvýšeniu teploty, najmä v prípade (c).



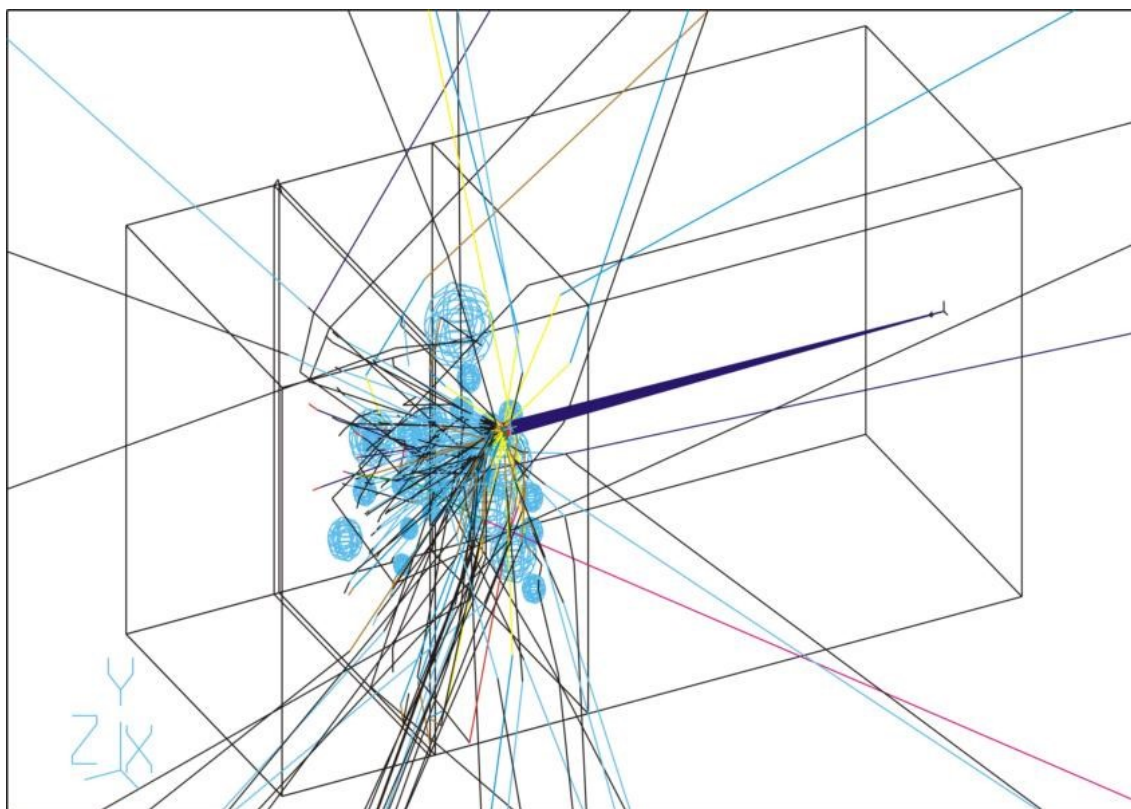
Obrázok 22: Profily žiarenia na dutej guľi, Obr. 20 zo záverečnej správy, 2-D profily rozptýleného žiarenia pre elektrické vzdialené pole, keď rovinná vlna narazí na dutú guľu pri rôznych vlnových dĺžkach.



Stropné kúrenie

Konvekčné vykurovanie

Obrázok 23: Teplotné profily pre dva typy ohrevu v porovnaní, Obr. 21 zo záverečnej správy, znázornenie teplotných profilov v skúšobnej miestnosti každý s dvomi typmi ohrevu a s farebným náterom: ľavý - farba ClimateCoating, pravý - akryl farby, pričom obom farbám bol priradený faktor odrazu 0,5. Detailné pohľady na oboch stranách odhaľujú teplotu náteru a teplotu vzduchu v hraničnej vrstve. Kým farba ClimateCoating sa už zohrialala a tieni tak teplotu steny, ako aj teplotu studeného mosta, akrylová farba má po hodine výrazne nižšiu teplotu, rovnako ako susedná hraničná vrstva.



Obrázok 24: Len niekoľko lúčov a niekoľko gúľ ukazuje rozptylový efekt opísaný Shnirom pre ClimateCoating, ktorý je založený na pridaných dutých sklenených keramických guľôčkach. Simulácia: Inbítec.

8.5. Úvahy o matematickom začlenení do vzorca U-hodnoty

$q_{ooh} =$	q_i	$- U$	R_{si}	$(q_i - q_e)$
=	23,0	- 1,21	0,13	(23,0 - - 10,0) -
=	23:00	- 5,20		
=	17,80			
$q_1 =$	q_{ooh}	$- U$	d_1	$(q_i - q_e)$
			-1	
=	17,80	- 1,21	0,015	(23,0 - - 10,0) -
			0,80	-
=	17,80	- 0,75		
=	17,05			
$q_2 =$	q_1	$- U$	d_2	$(q_i - q_e)$
			-2	
=	17,05	- 1,21	0,300	(23,0 - - 10,0) -
			0,50	-
=	17,05	- 24,02		
=	- 6,97			
$q_{oe} =$	q_2	$- U$	d_3	$(q_i - q_e)$
			-3	
=	- 6,97	- 1,21	0,025	(23,0 - - 10,0) -
			0,70	-
=	- 6,97	- 1,43		
=	- 8,40			
$q_e =$	q_{oe}	$- U$	$R_{se}(q_i - q_e)$	
=	- 8,40	- 1,21	0,04	(23,0 - -10,0)
=	- 8,40	- 1,60		
=	- 10:00			
			R_{si}	= 0,13
			R_1	= 0,02
			R_2	= 0,60
			R_3	= 0,04
			R_{se}	= 0,04
			$-R$	= 0,82
			U	= 1,21
		d celkom =	0,34 m	

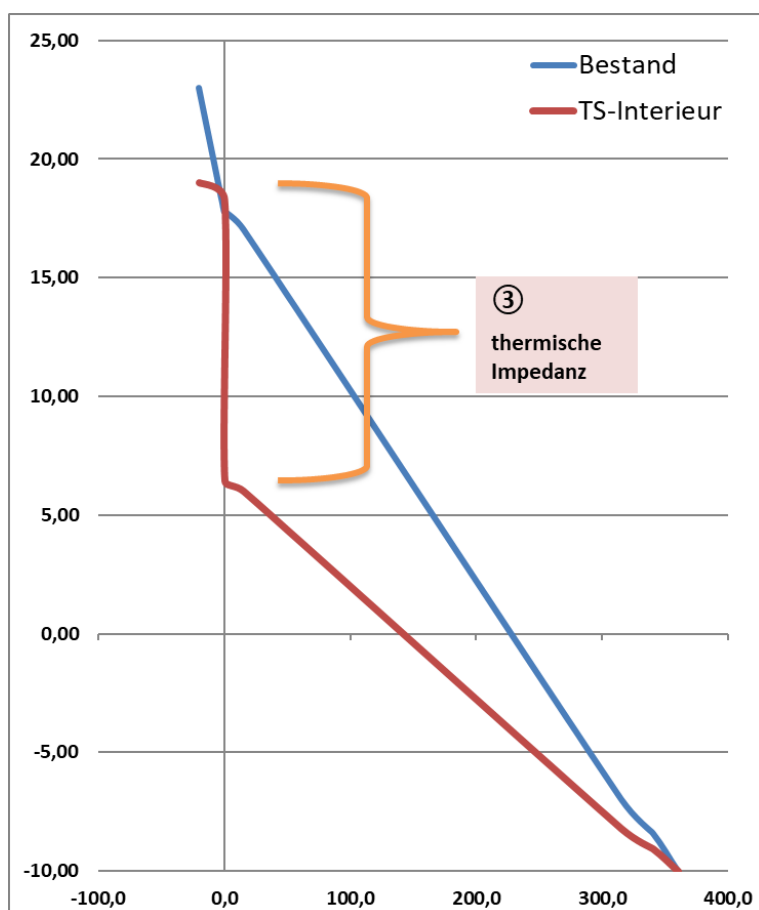
Obrázok 25: Štandardná schéma výpočtu na zobrazenie teplôt na stenovom dielci pomocou prevedeného vzorca U-hodnoty, v prípade staršia pórobetónová stena, omietnutá zvnútra a zvonku

Hodnoty teploty môžete meniť, čo nespôsobuje žiadne výrazné zmeny. Vrstvy komponentov je možné vymieňať, čím sa mení U-hodnota. Ak zmeníte vnútorný odpor prestupu tepla R_{si} , keďže ide o procesy na povrchu steny, ovplyvňuje to povrchovú teplotu. Na dosiahnutie vyššej povrchovej teploty je potrebné nastaviť nižšie R_{si} ako je štandardizované 0,13. V prípade: R_{si} s 0,03, potom 17,8 °C sa teraz zmení na 21,63 °C. Štruktúra vzorca však vedie k vyššej hodnote U (1,38 namiesto 1,21).

$\theta_{TSI} =$	$\theta_i -$	U	d_{TSI}	$(\theta_i - \theta_e)$
			$\lambda_{\text{äquTSI}}$	
=	22,19	-	0,82	0,0003
				(23,0 - -10,0)
			0,0006	←
=	22,19	-	13,48	
=	8,72			

Obrázok 26: Vložená vrstva komponentu ClimateCoating na povrchu omietky

Pridaním náteru ClimateCoating ako prvej vrstvy komponentu na vnútornú stranu s ekvivalentnou hodnotou tepelnej vodivosti sa dosiahne zvýšená povrchová teplota. Tu je 17,8 °C teraz 22,19 °C. Nevýhodou je prudký pokles teploty za povlakom. Vyplýva to zo štruktúry vzorca a v praxi sa to takto nevyskytuje.



Obrázok 27: Grafické znázornenie dvoch teplotných kriviek

Na obrázku je iná grafická implementácia teplotných kriviek variantov „Inventory“ a „TS-I c“ (ClimateCoating) v porovnaní. Táto forma prezentácie robí vec transparentnejšou.

Môžete vidieť zníženú teplotu vzduchu v miestnosti aj zvýšenú povrchovú teplotu. Keďže procesy žiarenia nie je možné znázorniť pomocou schémy U-hodnoty, na vysvetlenie je potrebné pridať nasledovné: Zvýšenie povrchovej teploty a teplo odrazené späť do miestnosti sú primárnou udalosťou, ktorá ovplyvňuje energetickú bilanciu.

Pozoruhodný je teplotný skok smerom nadol medzi membránou ClimateCoating a omietkovým povrchom steny. To ilustruje tepelnú impedanciu (lat. impedere: inhibovať, brániť) - ako sekundárny jav nastáva znížený tepelný tok q . V príklade: Zníženie vnútornej teploty z 23 °C na 19 °C a zvýšenie povrchovej teploty zo 17,8 °C na 18,3 °C efektívne zníži U-hodnotu o 33 %.

Vzhľadom na dynamický charakter membrány ClimateCoating, ktorej účinnosť bola doteraz dostatočne preukázaná len v reálnych, nestabilných podmienkach, je demonštrovaná adaptácia schém teórie U-hodnoty.

V prvom kroku - zníženie vnútorného odporu prenosu tepla R_{si} alebo jeho nahradenie $RTSI$ - to ešte nie je úplne konzistentné. Zavedením výpočtovej hodnoty $-equ$ je možné predložiť hodnoverný a realistický výsledok. Najprv ide o hustotu tepelného toku q [W/m^2] a množstvo tepla Q [kWh].

Teplotný profil vypočítaný podľa tejto schémy je ešte potrebné kalibrovať pomocou meraní.

V každom prípade je potrebné počítať s odchýlkami medzi vypočítanými a nameranými hodnotami teploty v bode x , ktoré vyplývajú zo skutočnosti, že tu použitá schéma je striktne stacionárna a že nestabilné podmienky majú v praxi tiež vplyv na to, že tepelný tok je nejednotný a môžu prebiehať aj protichodné procesy.

Cieľom by teraz malo byť analyticky a metrologicky validovať dve premenné výpočtu - equ a $RTSI$. Toto je len návrh, prípadne je možné použiť iný prístup na prenesenie praxe do výpočtu.

* * *

