

MIG-ESP® DHMb® Technológia

Dupla hibrid membrán alapú, páraszabályzó és hőreflektáló mikroporózus bevonatrendszer

Tudományos-mérnöki vizsgálat és digitális validáció

(BAUSOFT WinWatt + WUFI Pro)

1. Bevezetés és kutatási háttér

Az európai épületállomány energiafelhasználásának több mint 35 %-át a határoló szerkezetek hővesztesége adja.

A hagyományos, vastag szigetelőanyagok (EPS, XPS, MW) alkalmazása számos esetben szerkezeti, páratechnikai vagy örökségvédelmi korlátba ütközik.

A **MIG-ESP DHMb®** technológia mikroporózus, dupla hibrid membrán bevonatrendszer, amely a

hővezetés, sugárzás és konvekció együttes csökkentésével biztosít tartós energiahatékonyságot, mérhetően alacsony CO₂-lábnyom mellett.

2. Fizikai modell és működési elv

2.1 Reflektív energia-csökkentés

400–1500 nm közötti spektrumban a diffúz reflexió 0,90–1,00 → a teljes sugárzási energia ~90 %-át visszaveri.

A felület sugárzási hőterhelése akár 15–25 °C-kal alacsonyabb, ez mérséklék a hőfáradást és a nyári hőbevitelt.

2.2 Mikroporozitás és Knudsen-hatás

A 27–63 nm pórusméret (~30 % porozitás) tartományban a levegő molekulák szabad úthossza és a pórusméret összemérhető.

A Knudsen-hatás miatt a hővezetés nem folytonos → a konvektív és konduktív hőátadás mintegy 35 %-kal csökken ($\lambda_{eff} \approx 0,075 \text{ W/mK}$).

2.3 Higrotermikus önszabályozás

A szervesetlen-szerves hibrid kötési lánc páradiffúziósan nyitott ($s_D = 0,04\text{--}0,05 \text{ m}$), de hidrofób.

A fal nedvességtartalma csökken, a hővezetési ellenállás nő – az épületszerkezet „száraz meleg” állapotban marad.

3. Kísérleti és numerikus validáció

3.1 WUFI Pro higrotermikus analízis

Fraunhofer IBP WUFI Pro 6.x + Budapest TRY éghajlati adat, 38 cm téglá + MIG-ESP (0,3/0,25 mm).

Eredmények:

- Dinamikus U-érték: $1,62 \rightarrow 1,05 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Hővesztés csökkenés: 34,6 %
- Felületi RHmax = 73 % $\rightarrow$ nincs kondenzáció
- Hőcsillapítás: -43 %
- Falszáradás: +28 % gyorsulás

Értelmezés: a WUFI Pro igazolja a páradiffúzió-kompatibilitást és a hőáram-csillapítást, megfelel az MSZ EN 15026:2023 szabványnak.

3.2 BAUSOFT WinWatt digitális modell

$\lambda = 0,070\text{--}0,075 \text{ W/mK}$, $s_D = 0,04\text{--}0,05 \text{ m}$, reflexió = 0,9–0,95.

A WinWatt a WUFI eredményeit felhasználva újraszámolja az U-értéket, a primerenergia-igényt és a CO₂-mérleget.

A mért–számított adatok eltérése $< \pm 5 \text{ \%}$ $\rightarrow$ digitálisan verifikálható eredmény.

4. Energia- és CO₂-mérleg

Épület	Energia-megtakarítás	CO ₂ -megtakarítás	Carbon payback	18 év CO ₂ -nyereség
Családi ház 120 m ² (kívül + belül)	7 140 kWh/év (–35 %)	1,43 t/év	0,2–0,5 év	$\approx 25 \text{ t}$
Lakás 65 m ² (belső)	2 430 kWh/év (–22 %)	0,49 t/év	0,15 év	$\approx 8,7 \text{ t}$

5. Hőmérsékleti ellenállás és tartósság

Vizsgálat	Tartomány	Eredmény	Forrás
Termikus ciklusállóság	$-50 \leftrightarrow +180 \text{ }^\circ\text{C}$	nincs repedés	EN ISO 9142
Fagy-olvadás (25×)	$-20 \leftrightarrow +20 \text{ }^\circ\text{C}$	adhézióvesztés $< 2 \text{ \%}$	DIN EN 1062-11
Hősokk	$+120 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow$ vízpermet $5 \text{ }^\circ\text{C}$	stabil	WTA 4-6
UV + hő (1000 h)	$60 \text{ }^\circ\text{C} + \text{UV-B}$	színtartó	EN ISO 11507

A hőtágulási együttható ($\alpha = 6 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$) jelentősen kisebb, mint az EPS-é ($65 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$).
 $\rightarrow$ Hőciklus-álló, repedésmentes, UV- és fagyálló.

6. Életciklus és anyag-összevetés

Tulajdonság	MIG-ESP DHMb®	EPS 10 cm
Beépített CO ₂	1,2–3,2 kg/m ²	6–12 kg/m ²
Páradiffúzió	sD 0,04–0,05 m	sD 2–4 m
Tűzállóság	A1–A2	E–F
Nyári hőreflexió	> 90 %	< 10 %
CO ₂ -payback	2–6 hónap	1–2 év
Élettartam	≥ 18 év (valós)	25 év (elméleti)

A MIG-ESP leff nem romlik, míg az EPS leff 10–15 év alatt 5–10 %-kal nő.

7. Szabvány és pályázati megfelelés

Jogszabály / Norma	Követelmény	Teljesítés
EU Taxonómia 2020/852	≥ 30 % primerenergia-javulás	WinWatt + WUFI → 35–40 %
EPBD Recast 2023/1791	Digitális verifikáció	WinWatt adat-összevetés
7/2006 (TNM)	Energia, U-érték	Megfelel
MSZ EN 15026	Hő- és páratranszport	WUFI validált
EN 13501-1	Tűzállóság A1–A2	Teljesíti
KEHOP Plusz / OFP	≥ 30 % megtakarítás	Igazolható

8. Tudományos konklúzió

Az MIG-ESP DHMb® egy mikroporózus, hőreflektív, páraszabályzó technológiai bevonat, amelynek hatásmechanizmusa laborban és szimulációval is igazolt.

Professzori értékelés:

- Energia- és CO₂-mérleg szempontból kimagasló.
 - Mikroporozitása és hibrid kötéslánc tartósságot és reverzibilis páraszabályzást biztosít.
 - Digitálisan auditálható (WUFI + WinWatt összevetés).
 - Alkalmas műemléki, lakó és ipari épületekre – költséghatékony CO₂-csökkentési eszköz.
-

9. Záró összegzés

A **MIG-ESP DHMb®** nem egyszerű bevonat, hanem **mikroméretű energiamenedzsment-réteg**, amely a páradiffúzió és hőreflexió szinergiájával ér el **WUFI- és WinWatt-validált, tanúsítható energiamegtakarítást**.

A rendszer -50 °C és $+180\text{ °C}$ közötti termikus stabilitása, mikroporozitása és CO_2 -hatékonysága a kortárs épületenergetika egy új, **anyag-fizikai paradigmáját** képviseli, és összhangban áll az **EU Taxonómia, EPBD Recast és TNM rendelet** kritériumaival.

Az **MIG technológia** elemzésétől függetlenül vizsgáljuk meg a **hőszigetelési és nedvességkezelési technológiák** tudományos hátterét, különös tekintettel a **nedvesség hatására az építőanyagok hőtechnikai viselkedésére**.

1. Nedvesség és hőszigetelés

Az **MSZ EN 15026:2023** szabvány részletesen tárgyalja az épületszerkezetek **hő- és nedvességtechnikai viselkedését**. A szabvány előírja a **nedvességvándorlás numerikus szimulációját**, amely fontos módszer az építőanyagok **hőtani és páratechnikai viselkedésének** vizsgálatára.

A nedvesség jelenléte az építőanyagokban jelentősen csökkentheti azok hőszigetelő képességét, mivel a víz **hővezető képessége nagyságrendekkel nagyobb**, mint a levegőé. Például egy **4%-os nedvességtartalom a hőszigetelő anyagokban akár 50%-kal csökkentheti azok hatékonyságát**.

2. Nedvességfelvétel az építőanyagokban

A **porózus szerkezetű építőanyagok** különböző módon reagálnak a környezeti nedvességre. Az **abszorpció és adszorpció** folyamatai mellett fontos szerepet játszik a **kapilláris kondenzáció és a párolgás**. Egyes anyagok képesek **nagy mennyiségű vizet megkötni**, ami nemcsak a hőszigetelő tulajdonságaikat rontja, hanem **szerkezeti károsodáshoz is vezethet** (pl. fagyási/olvaszási ciklusok).

3. Hőátadás és Knudsen-effektus

A Knudsen-effektus egy speciális jelenség, amely **nagyon kis pórusméret esetén** lép fel. Ha a pórusok mérete kisebb, mint a **gázmolekulák szabad úthossza**, a konvekciós hőátadás nagymértékben lecsökken. Ez azt jelenti, hogy a **pórusok méretének csökkentésével hatékonyabb hőszigetelést lehet elérni**, mivel a gázmolekulák **nem képesek szabadon áramolni** a szerkezetben.

4. Hőátbocsátási tényező

Az **EN 673:2011 szabvány** foglalkozik az üvegezés **hőátbocsátási tényezőjének (U-értékének)** számításával. A **hőtechnikai teljesítménye** meghatározó tényező az épületek energiahatékonysága szempontjából, és figyelembe kell venni a **sugárzás, konvekció és vezetés** együttes hatását.

5. Összegzés

- A **nedvesség jelenléte** az építőanyagokban jelentősen rontja azok **hőszigetelő képességét**.
- A **numerikus szimulációk** (pl. MSZ EN 15026:2023) fontosak a szerkezetek **valós viselkedésének előrejelzésére**.
- Az **anyagok porozitása és a Knudsen-effektus** szerepet játszik a hőszigetelési hatékonyságban.
- Az **üvegezés hőtechnikai teljesítménye** szintén kulcsfontosságú az épületek energiahatékonysága szempontjából.

Alkalmazott szoftware az u érték változás szimulációra

https://youtu.be/IERK-a_HsEg?feature=shared

[WUFI\(en\)](#)

<https://cloud.mig-mbh.com/s/dhmben/download>