

# Hőszigetelt szendvicspanelek épületenergetikai megfelelősége

Cikkünkben az ipari épületek építése során leginkább elterjedt hőszigetelt szendvicspanelek hőtechnikailag megfelelő kialakítását, valamint számítási lehetőségeit mutatja be a szerző a hatályos épületenergetikai követelmények tükrében.



**Dr. Nagy Balázs PhD**

**okl. szerkezet-építőmérnök, épületenergetikai szakmérnök, egyetemi adjunktus, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék**

Napjainkban a globális energiafelhasználás 36%-a, valamint a teljes direkt és indirekt szén-dioxid-kibocsátás közel 40%-a köthető az építőiparhoz és az épületekhez. Ezek az értékek a közeljövőben várhatóan évenként mintegy további 1%-kal fognak növekedni [1]. Az Európai Unió, melynek tagjai vagyunk, hosszú távú célokat tűzött ki az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére. A cél, hogy az 1990-es szinthez képest 80–95%-kal csökkentsük a kibocsátásunkat, hogy enyhíteni tudjuk a globális klímaváltozás hatásait [2]. A célok megvalósulását elősegítendő a tagországok vállalták, hogy fokozatosan szigorítják többek között épületenergetikai követelményeiket [3], ezáltal alacsonyabb energiaigényű épületek építését engedve meg. A Magyarországon 2018 januárjától hatályos követelmények jelentős mértékű szigorítást hoztak az első, 2006 óta érvényben lévő értékekhez képest [4], emiatt pedig számos eddigiekben megszokott és kipróbált építési terméket, épületszerkezeti megoldást kell újragondolnia mind a termégyártóknak, mind pedig a tervezőknek egyaránt.

## **SZENDVICSPANELEK ÉPÜLETENERGETIKAI KÖVETELMÉNYEI**

Azon esetekben, amelyekre a 176/2008. Kormányrendelet [5] alapján az épületenergetikai tanúsítási eljárást el kell végezni, a könnyűszerkezetes határolószerkezetek megválasztását a 7/2006. TNM rendelet [4] első, hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményszintje befolyásolja, melyet jelenleg a TNM rendelet 5. melléklete tartalmaz. Ez alól a követelmény alól a TNM rendelet 2018. március 13-a óta felmentést ad azokban az esetekben, ha olyan, nem lakás céljára használt mezőgazdasági épületről, műhelyről vagy ipari területen lévő technológiai épületről beszélünk, amelyben nincs fűtés (pl. csak hűtés vagy szellőztetés található) vagy a fűtésienergia-szükségletet kizárólag geotermális forrásból vagy kapcsolt energiatermeléssel oldják meg. Ilyen esetekben tehát az ipari épület tervezése során semmilyen határoló- és nyílászáró szerkezetre vonatkozó hőátbocsátási tényezőt nem kell kötelezően betartani. A továbbiakban azonban foglalkozunk azokkal az ese-



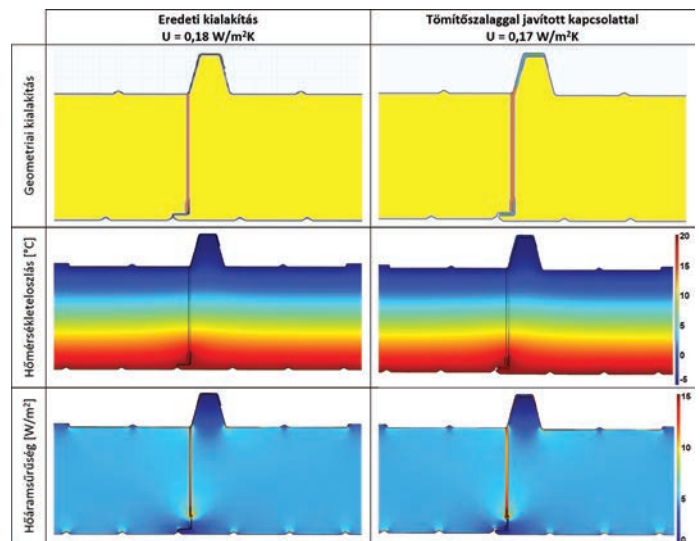
tekkel, amikor kötelező igazolnunk a határolószerkezetekre vonatkozó követelményeknek történő megfelelést. Jelenleg mind a „költségoptimalizált”, mind pedig a „közel nulla” követelményszintnek való megfelelés esetén ugyanazokat a hőátbocsátási tényező követelményértékeket kell teljesíteni, mely a szendvicspanelek homlokzati falként történő alkalmazása esetén  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ , míg tetőszerkezetek esetén  $0,17 \text{ Wm}^2\text{K-t}$  jelent. Ezek az értékek a 2006-tól egészen a 2017-es év végéig érvényben lévő alapkövetelményértékeknél jelentősen alacsonyabbak, és egyaránt vonatkoznak a lakóépületektől kedve az irodákban, oktatási és kereskedelmi épületeken át az ipari és mezőgazdasági épületekig minden tanúsítási kötelezettséggel rendelkező épületre is. Habár a nyilvánosan elérhető dokumentációk alapján ipari épületeket sem a költségoptimalizált követelményértékek meghatározása során [6] (mely esetben a megalapozó tanulmány összefoglalójában egyébként a jelenleg hatályos értékeknél magasabb hőátbocsátási tényezők bevezetését javasolta), sem pedig a követelmények bevezetése utáni utólagos vizsgálati jelentésben [7] nem vettek számításba. Ez utóbbi jelentés még az általa vizsgált néhány tipikus lakó-, oktatási és irodaépület esetén is kimutatta, hogy átlagosan 15%-kal alacsonyabbak a jelenleg hatályos „költségoptimalizált” követelmények, mint a tényleges költségoptimum.

Ipari épületek könnyűszerkezetes, hőszigetelt szendvicspanel határolószerkezeteire ráadásul az épületenergetikával foglalkozó szakembereknek kiemelt figyelmet kell fordítaniuk a tervezés során, mivel a követelményértékek legtöbb esetben nem egyszerűen a fal vagy a tetőpanelek gyártói által katalógusban megadott

hőátbocsátási tényezőit jelentik! A 7/2006. TNM rendelet értelmében ugyanis az  $U$  értéknek (azaz a rétegtervi hőátbocsátási tényezőnek) tartalmaznia kell inhomogén szerkezetek esetén a szerkezeten belül, jellemzően előforduló átlagos mennyiségben figyelembe vett pontszerű (rögzítési rendszerek, konzolok, csavarok, átkötővasak stb. által okozott) és vonalmenti (vázszerkezetek, hézagok, panelcsatlakozások stb. által okozott) hőhidak hatását is. Ezzel szemben például az önhordó, kétoldalt fémlemez burkolatú, hőszigetelő szendvicspanelekre vonatkozó hatályos magyar szabvány, az MSZ EN 14509:2014 [8] értelmében a panelekre vonatkozó hőátbocsátási tényező közölt értékében csak a hosszirányú csatlakozások által okozott vonalmenti hőhid hatását kell figyelembe venni, de a panelek rögzítéséhez alkalmazott rögzítőelemek által okozott pontszerű hőhidakat nem. A szendvicspanelek hőátbocsátási tényezőjét a szabvány értelmében a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$U_{d,s} = U_{n,s} + \Delta U_j = \frac{1}{R_{si} + \frac{t_{ni}}{\lambda_{fi}} + \frac{d_c + \Delta e}{\lambda_c} + \frac{t_{ne}}{\lambda_{fe}} + R_{se}} + \frac{\psi_j}{B} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right] \quad (1)$$

Amely képletben  $U_{n,s}$  a panel hőátbocsátási tényezője és  $\Delta U_j$  a hosszanti csatlakozás hőtechnikai hatását leíró tag. A panel hőátbocsátási tényezőjének meghatározásánál fel kell használnunk  $R_{si}$  és  $R_{se}$  belső és külső felületi ellenállásokat (melyek a hőátadási tényezők reciproklai),  $t_{ni}$  és  $t_{ne}$  belső és külső burkolatok névleges vastagságát és a hozzájuk tartozó  $\lambda_{fi}$  és  $\lambda_{fe}$  hővezetési tényezőket (pl. acél esetén 50 W/mK, míg pl. PVC fedés esetén 0,17 W/mK).  $d_c$  a szendvicspanel névleges, legvékonyabb keresztmetszetében mérhető vastagsága,  $\Delta e$  pedig a szendvicspanel profilkialakítás miatti többletvastagság, amelynek értékét a vértetthez alkalmazott trapéz- vagy szinuszelem kialakításától függően táblázatos formában adja meg a szabvány. A hosszanti csatlakozás hőtechnikai hatásának figyelembevételéhez a  $\psi_j$  vonalmenti hőátbocsátási tényezőt [W/mK] numerikus szimulációval kell meghatározni, amelyet azután  $B$  panelszélességgel el kell osztani. Néhány egyszerű kialakítású panelgeometria és csatlakozási megoldás esetén a szabvány [8] egyszerűsített számítási eljárást is megad, mely során egy-egy folyóméterre vonatkozó, úgynevezett vonalmenti hőátbocsátási tényező hozzájárulási értéket ad meg táblázatosan a csatlako-



1. ábra. Tömítőszalag hőtechnikai hatása

zási megoldásokra. Ezek a csatlakozási megoldások, amelyeket a szabvány tartalmaz, azonban a jelenlegi szigorú hőtechnikai követelmények teljesítéséhez nem feltétlenül a legoptimálisabbak. Ez persze nem meglepő, mivel a szabvány tartalma a jelenlegi szigorított energetikai követelmények előtt készült. Emiatt pedig a lehető legjobban optimalizált kialakítású szendvicspanelekhöz a gyártók a jelenlegi követelményeknél már nem tudják elkerülni, hogy numerikus szimulációt alkalmazzanak a panelek tervezése és megfelelőségük igazolása során, mivel a panelek egymáshoz való csatlakozásának kialakítását a lehető legkisebb hőtechnikai deficittel kell megoldani, hogy a termékadatlapon a követelményeknek megfelelő, kedvező értékeket lehessen feltüntetni.

Emlékezzünk viszont, hogy a szendvicspanel-forgalmazóknak egy olyan hőátbocsátási tényezőt kell feltüntetniük a katalógusukban a vonatkozó hatályos szabvány szerint, amellyel az épületenergetikai számítások során a legtöbb esetben a tervezőnek még tovább kell dolgoznia, és meg kell határoznia a rögzítőelemek miatti hőátbocsátási tényező korrekciót is, amennyiben nem „hőhidmentes” rögzítési megoldást választ. Kijelenthető tehát az előbbiek ismeretében, hogy a hosszanti élek mentén történő csatlakozások optimális kialakításáért a termékgyártó felelős, azon-



ban az optimális rögzítéstechnológia megválasztása a tervező feladata, melyhez a gyártó alkalmazástechnológiai ajánlást fogalmazhat meg.

Ugyanezen tervezési szemlélet vonatkozik egyébként az elemekből szerelt könnyűszerkezetes határolószerkezetekre is, amelyek számítása során a tervezőnek nem elegendő csupán a rétegrend egydimenziós hőátbocsátási tényezőjét kiszámítani, hanem még egyszerűsített számítási módszer alkalmazása esetén is figyelembe kell vennie a pontszerű és vonalmenti hőhidak hatását is! Ezen szerkezeti hőhidak természetesen nem összekeverendők a határoló- és nyílászáró szerkezetek csatlakozásánál (pl. sarkoknál) kialakuló hőhidakkal.

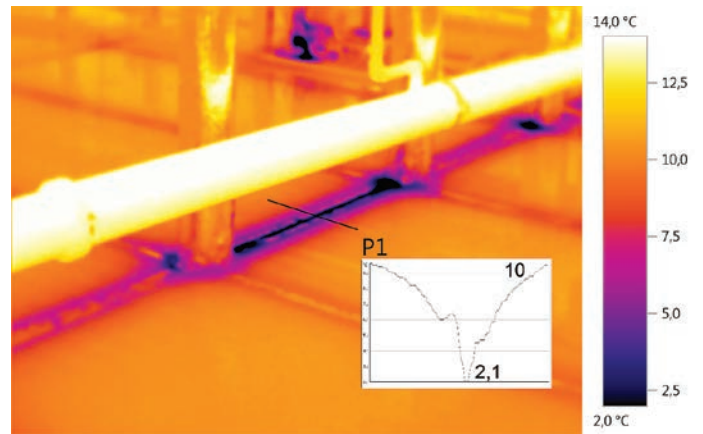
Az előbbieken bemutatott követelményeket, kialakítási megoldásokat és számítási módszereket kétoldalt fémlemez burkolatú, valamint egyik oldalán lágyfedéssel ellátott szendvicspaneleken keresztül részletesebben is áttekintjük a továbbiakban.

### HOSSZANTI CSATLAKOZÁSOK KIALAKÍTÁSA

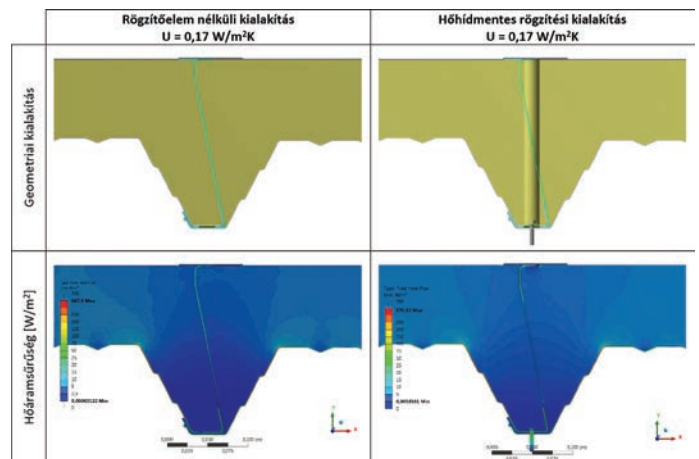
A „költségoptimalizált” követelményszint alacsony hőátbocsátási tényezőjének elérését egyes termékgyártók nem új szendvicspanelek fejlesztésével, hanem meglévő elemek csatlakozásainak javításával oldották meg. Az 1. ábrán egy hazánkban is forgalmazott, fémvértetű tetőpanel numerikus szimulációja látható az eredeti és a tömítőszalaggal javított kapcsolattal rendelkező csatlakozási kialakítással. A tetőpanel hőátbocsátási tényezőjét a vonatkozó szabvány [8] szerint az MSZ EN ISO 10211:2017 szabvány [9] betartásával készített többdimenziós numerikus szimulációval határozhatjuk meg.

Bár szabad szemmel különbséget szinte alig-alig lehet megfigyelni a két numerikus szimuláció hőmérsékleteloszlás és hőáram-sűrűségeket bemutató ábrái között, a fémlemezek alsó és felső csatlakozásnál történő egymástól való elválasztása egy századot képes volt csökkenteni a hőátbocsátási tényezőt, így a tetőpanel hőtechnikailag a hosszanti csatlakozás vonalmenti hőhidhatását is figyelembe véve megfelel a „költségoptimalizált” követelményértéknek (meg kell jegyeznünk azonban, hogy ez a hőátbocsátási tényező **azonban** még nem tartalmazza a pontszerű hőhidakat). A tömítőszalagok alkalmazása továbbá növeli a csatlakozás lég- és párazáróságát is, melyre bár a 7/2006. TNM rendelet nem fogalmaz meg követelményértéket, azonban rendkívül előnyös. Könnyen beláthatjuk, hogy az épületek energetikai teljesítőképességét, valamint élettartamát jelentős mértékben ronthatják a hiányos tömítésű, nem megfelelő légzárású csatlakozások.

A 2. ábrán egy hűtött raktárcsarnok „ház a házban” kialakítású fagyasztókamrájának tetőszerkezete látható a „meleg” oldal felől, melyet szendvicspanelekből alakítottak ki. A fagyasztókamrában állandó  $-24\text{ °C}$  található, míg a külső „meleg” oldal, valójában szintén hűtött tér  $12\text{ °C}$ -os. A hőképen látható, hogy panelek rövidebb éle mentén a csatlakozás tömítésének hiányosságai miatt a hőmérséklet a csatlakozásnál jelentősen lecsökkent. Az alacsony hőmérséklet miatt ezen a szakaszon időszakos páralecsapó-



2. ábra. Hűtőház szendvicspanel-kapcsolatának hibás tömítése



3. ábra. Lágyfedésű tetőpanel „hőhidmentes” kialakítású rögzítési megoldása

dás alakult ki, mely károsította a szerkezetet. A szendvicspanelek hőtechnikailag megfelelő, valamint lég- és párazáró tömítésére tehát kiemelt figyelmet kell fordítani mind a tervezés, mind pedig a kivitelezés során.

### A RÖGZÍTŐELEM HATÁSÁNAK FIGYELEMBEVÉTELE

A rögzítőelemeket mind a homlokzati falak, mind pedig a tetőszerkezetek esetén figyelembe kell vennünk, amennyiben a kialakítás során olyan megoldást választunk, amely nem „hőhidmentes”. Különösen jelentős lehet hőtechnikai hatásuk, ha acél rögzítőelemeket alkalmazunk, amelyek teljes keresztmetszetében átszúrják a fémvértetű vagy lágyfedésű hőszigetelő szendvicspaneleket vagy a tetőszerkezeten elhelyezett hőszigetelő réteget. A mechanikai rögzítőelemek hatását részletes számítási módszer alkalmazása esetén többdimenziós numerikus szimulációval vehetjük figyelembe a vonatkozó szabvány [9] betartásával. A 3. ábrán egy hazánkban is kapható lágyfedésű tetőpanel „hőhidmentes” kialakítású rögzítési megoldásának hőtechnikai numerikus szimulációját láthatjuk. A „hőhidmentes” kialakítás során a tetőpanelek kapcsolatának kialakításánál az acél vérteteket butil tömítéssel választjuk el (amely biztosítja a kapcsolat lég- és párazáróságát), míg a hőszigetelő magok csatlakozásánál gyárilag beépített párazáró tömítés található. A rögzítés kisméretű rögzítőelemmel történik, melynek elhelyezésekor a panelbe fűrt üreget utólag befűjt hőszigetelő anyaggal visszatömítjük. A rögzítőelemek hőtechnikai hatása a 3. ábrán bemutatott esetben

\* A „hőhidmentes” kifejezés napjainkban az építőipari marketing egy széles körben alkalmazott kifejezése, azonban ilyen szerkezeti kialakítás a valóságban nem létezik. A hőhidak által okozott hatásokat legfeljebb csökkenteni tudjuk gondos tervezéssel. A „hőhidmentes” megnevezésű megoldás tehát azokra a kialakításokra helytálló csupán, mely esetben a hőhid okozta többtöbbszörös veszteség az adott számítási rendszerben elhanyagolhatóan csekély.

gyakorlatilag elhanyagolható, mely azonban az alkalmazástechnikai útmutatóban javasolt kettős, a panel teljes keresztmetszetén átmenő mechanikai rögzítés esetén nem lenne elmondható.

A hőszigetelt szendvicspaneleken keresztüli rögzítések esetén, amennyiben a rögzítőelemeknek nem mindkét vége van termikus kapcsolatban fémlemezzel, egyszerűsített számítási módszer is alkalmazható a rögzítőelemek hőtechnikai hatásainak figyelembevételére. Az MSZ EN ISO 6946:2017 [10] szabvány alapján az alábbi képlettel határozható meg a mechanikai rögzítések által okozott korrekciós tényező értéke:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_0} \cdot \left( \frac{R_f}{R_{T,h}} \right)^2 \left[ \frac{W}{m^2K} \right] \quad (2)$$

ahol  $\alpha$  az alaki tényező, amelyet a  $0,8 \cdot d_1/d_0$  képlet segítségével kaphatunk meg süllyesztett rögzítőelem esetén. A képletben  $d_0$  a rögzítőelemet tartalmazó hőszigetelő réteg teljes vastagsága, míg  $d_1$  a hőszigetelésbe hatoló rögzítőelem hossza, ezért ha a rögzítőelem teljes keresztmetszetében átszúrja a hőszigetelő réteget, az alaki tényező értékét 0,8-nak vehetjük fel.  $\lambda_f$  a rögzítőelem hővezetési tényezője, acél esetén 50 W/mK, míg rozsdamentes acél esetén 17 W/mK.  $A_f$  egy rögzítőelem keresztmetszeti területe négyzetméterben,  $n_f$  pedig a rögzítőelemek négyzetméterenkénti darabszáma.  $R_f$  a rögzítőelemek által átszúrt hőszigetelő réteg hővezetési ellenállása,  $R_{T,h}$  pedig a szerkezet hőhídhatás nélkül számított eredő hővezetési ellenállása  $m^2K/W$ -ban.

A rögzítőelemek hőtechnikai hatását figyelembe vehetjük a rögzítőelemek által okozott pontszerű hőveszteséggel is:

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi \left[ \frac{W}{m^2K} \right] \quad (3)$$

ahol  $n_f$  a rögzítőelemek egy négyzetméterre jutó darabszáma, míg  $\chi$  egy darab rögzítőelem által okozott hőveszteség [W/K]. A 2-es egyenlet alapján azonban láthatjuk, hogy a rögzítőelem korrekcióértékét nem csupán maga a rögzítőelem, hanem az is befolyásolja, hogy milyen szerkezeten keresztül rögzítünk, ezért abban az esetben, ha egy rögzítőelem-gyártó katalógusában egy rögzítőelem esetén csupán egy  $\chi$ -értéket találunk meg, valamint a rögzítőelem beépítésére és a szerkezetre vonatkozó információkat nem, inkább számoljuk ki a korrekciós értéket a 2-es egyenlet szerint, mert nem lehetünk biztosak abban, hogy a rögzítőelem által okozott hőveszteséget milyen alapon számították ki. Amennyiben egy mindkét oldalán fém vértetű szendvicspanel rögzítőelemeinek hatására vagyunk kíváncsiak, mivel ez esetben a rögzítőelemek mindkét vége fémlemezzel van termikus kapcsolatban, az egyszerűsített módszer nem alkalmazható és a numerikus szimulációkra vonatkozó szabvány [9] szerinti eljárással határozhatjuk meg a rögzítőelemek hőtechnikai hatását.

Az előbbi példában szereplő lágyfedésű tetőpanel dupla rögzítőelemes, hagyományos kialakítás akár  $\chi = 0,008$  W/K többelhőveszteséget is okozhat rögzítési pontonként. Ezen rögzítési megoldás alkalmazásakor ahhoz, hogy megfeleljünk a követelményértéknek, a 100 mm-es kiemelkedően jó hőszigetelő-képességgel rendelkező hőszigetelő anyaggal ellátott tetőpanel helyett legalább 120 mm-es panelt kell választanunk, amely jelentős többletköltséget eredményezhet. A rögzítőelemek figyelembevételének elhanyagolásával (azon túl, hogy súlyos hibát követnénk el), az épület üzemeltetési költségeit növeljük a tervezetthez képest.

## ÖSSZEĞZÉS

Hőszigetelt szendvicspanelek esetén láthattuk, hogy a panelek csatlakozásának, valamint rögzítésének kialakítása jelentősen befolyásolhatja az épület energetikai teljesítőképességét. Szendvicspanel burkolatú épületek tervezése során a tervezőnek kiemelt figyelmet kell fordítania az optimális vastagságú, csatlakozású és rögzítésű panelek kiválasztásához. A panelek épületenergetikai megfelelésének ellenőrzése során a hosszanti csatlakozások kialakításának hőtechnikai hatásaiért a termék gyártója, míg a pontszerű rögzítések figyelembevételéért és számításáért a tervező felel. Utóbbi elhanyagolása a szendvicspanelen teljes vastagságban keresztülmennő acél rögzítőelemek esetén súlyos tervezői hiba volna.

*Köszönetnyilvánítás: A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a BME FIKP-VÍZ tématerületi programja keretében. Az illusztrációs fényképek forrása a Swedsteel-Metecno Kft.*

## Irodalomjegyzék

- [1] Energy Technology Perspectives 2017 – Catalysing Energy Technology Transformations, International Energy Agency, 2017. (<https://www.iea.org/buildings>)
- [2] 2050-ig szóló energiaügyi ütemterv (Energy Roadmap 2050), Európai Bizottság, Brüsszel, 2011. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0885>)
- [3] Energy Performance Certificates Across The EU: A Mapping of National Approaches, Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2014. (<http://bpie.eu/publication/energy-performance-certificates-across-the-eu>)
- [4] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról ([http://njt.hu/cgi\\_bin/njt\\_doc.cgi?docid=101820.352718](http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=101820.352718))
- [5] 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról ([http://njt.hu/cgi\\_bin/njt\\_doc.cgi?docid=119391.333142](http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=119391.333142))
- [6] Épületek energetikai követelményeinek költségoptimalizált szintjének megállapítását megalapozó számítások, Energiaklub Szakpolitikai Intézet, 2013. ([https://energiaklub.hu/files/study/ek\\_epuletenergetikai\\_kovetelmenyertekek\\_optimalizalasa\\_2013.pdf](https://energiaklub.hu/files/study/ek_epuletenergetikai_kovetelmenyertekek_optimalizalasa_2013.pdf))
- [7] Magyarország épületenergetikai költségoptimalizálási vizsgálata – Jelentés az Európai Bizottság számára, Miniszterelnökség, Építészeti és Építésügyi Helyettes Államtitkárság, 2018. ([https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2018\\_hu\\_cost-optimal\\_hu\\_version.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2018_hu_cost-optimal_hu_version.pdf))
- [8] MSZ EN 14509:2014 Önhordó, kétoldalt fémlemez burkolatú, hőszigetelő szendvicspanelek. Gyári termékek. Követelmények, Magyar Szabványügyi Testület, 2014.
- [9] MSZ EN ISO 10211:2017 Hőhidak az épületszerkezetekben. Hőáramok és felületi hőmérsékletek. Részletes számítások (ISO 10211:2017), Magyar Szabványügyi Testület, 2017.
- [10] MSZ EN ISO 6946:2017 Épületszerkezetek és épületelemek. Hővezetési ellenállás és hőátbocsátás. Számítási módszerek (ISO 6946:2017), Magyar Szabványügyi Testület, 2017.