

Optimális épületenergetikai felújítás

Környezeti és gazdaságossági szempontok a legkedvezőbb megoldás megtalálásához

Egy-egy felújítás esetén – figyelembe véve a piacon elérhető anyagokat, ezek vastagságát, különböző termékeket és az épületgépészeti rendszereket – rendkívül sok megvalósítási lehetőség adódik, melyeket lehetetlen lenne egyenként vizsgálni, összehasonlítani. Bizonyos szempontokat szem előtt tartva azonban érdemes néhány változatot összevetni; ez történt abban az esetben is, ahol egy családi házon többféle anyagú és vastagságú hőszigetelő anyag alkalmazásának következményeit elemezték a költség és a környezeti hatások tekintetében.

Egy-egy felújítás esetén – figyelembe véve a piacon elérhető anyagokat, ezek vastagságát, különböző termékeket és az épületgépészeti rendszereket – rendkívül sok megvalósítási lehetőség adódik, melyeket lehetetlen lenne egyenként vizsgálni, összehasonlítani. Bizonyos szempontokat szem előtt tartva azonban érdemes néhány változatot összevetni; ez történt abban az esetben is, ahol egy családi házon többféle anyagú és vastagságú hőszigetelő anyag alkalmazásának következményeit elemezték a költség és a környezeti hatások tekintetében.



Élelciklus költségelemzés
Life Cycle Costing (LCC)

Élelciklus elemzés
Life Cycle Assessment (LCA)

Az optimum keresésénél szempont lehet a beruházás környezetre gyakorolt hatása is

Egy épületfelújítás esetén az „optimális” sok szempontból értelmezhető, hiszen minden esetben egyfajta mérnöki optimumra kell törekedni sok – néha egymásnak ellentmondó – szempont (például funkcionális kialakítás, épületszerkezettani megfelelőség, tűzvédelem, akusztika, kivitelezhetőség stb.) figyelembevételével.

Az épületenergetikai célú felújítások elsődleges célja az energiamegtakarítás. Ilyenkor kifejezetten azért építünk be anyagokat, szerkezeteket, rendszereket, hogy ezzel az épület energiafogyasztását csökkentjük. Az optimumot kereshetjük a felújítás gazdaságossága szempontjából: milyen vastag legyen a hőszigetelés, hány rétegű ablakot építsünk be, milyen hőtermelőt válasszunk a beruházás gaz-

daságossága szempontjából. A gazdaságosság mellett szempont lehet a beruházás környezetre gyakorolt hatás, hiszen az energiamegtakarítás révén a károsanyag kibocsátás is mérséklődik. Ez sok magánember számára is fontos, de az ország, illetve az Európai Unió számára stratégiai jelentőségű kérdés. Az épületnek nemcsak az üzemeltetése jár energiafelhasználással és emissziókkal, hanem az építőanyagok, épületszerkezetek és épületgépészeti elemek gyártása, karbantartása-felújítása, majd bontása is hozzájárul a környezeti problémákhoz. Ezekkel ma még ritkán foglalkozunk, bár számszerűsíthetőek lennének. Erőforrásaink egyéni és nemzetgazdasági szinten is korlátosak, ezért saját érdekünk, hogy ezeket az erőforrásokat a lehető leghatékonyabb módon, a pénztárcánk és a környezet szempontjából is optimális módon használjuk fel.

A környezeti hatások mérése

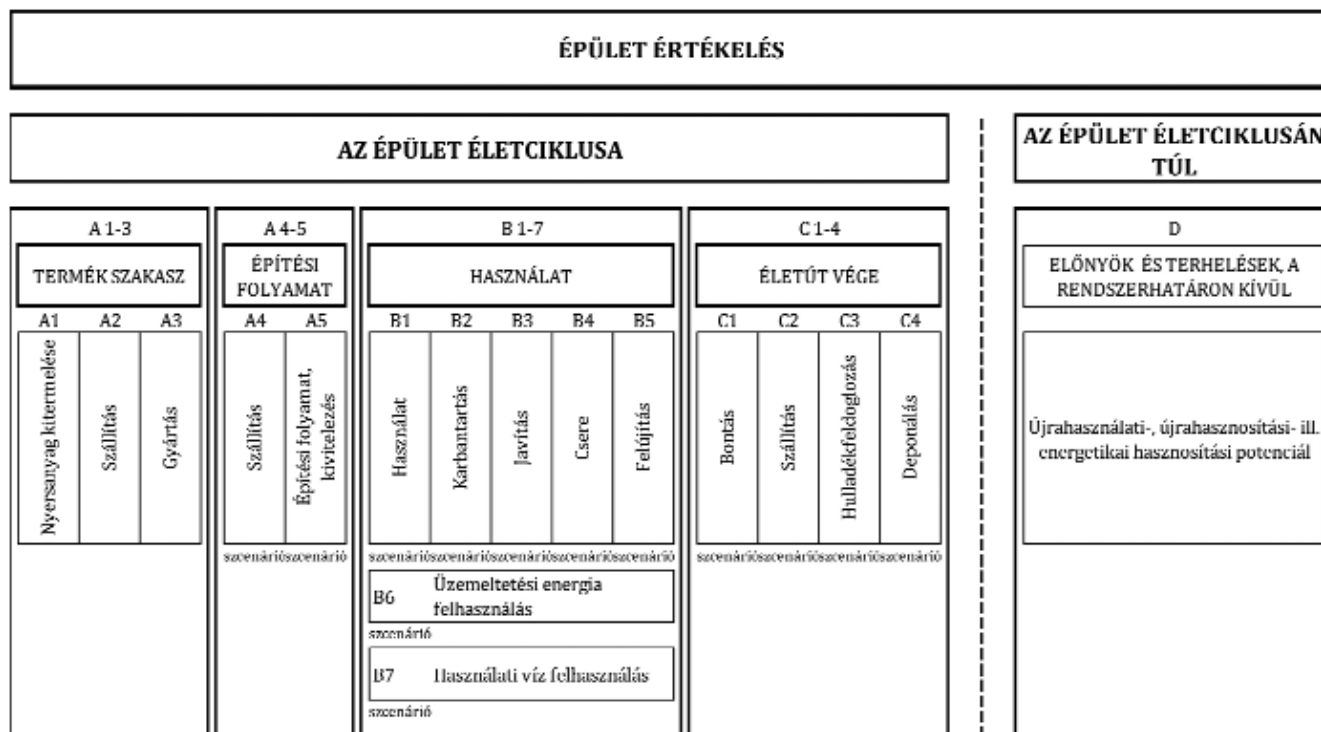
Még kevésbé ismertek azok a módszerek, melyek segítségével egy termék, vagy akár egy egész épület környezetre gyakorolt hatása mérhető lenne. A termékek környezeti szempontú értékelési módszerei közül a legelfogadottabb, tudományosan is leginkább megalapozott és elismert az úgynevezett élelciklus-elemzés (Life Cycle Assessment – LCA). Az élelciklus-elemzés számszerűsíti a termékhez kötődő potenciális környezeti hatásokat, figyelembe véve a termék teljes élettartamát a nyersanyag ki-termelésétől kezdve a gyártáson, használaton keresztül az életút végén az ártalmatlanításig, újrahasznosításig-lerakásig (azaz „a bölcsőtől a sírig”). Környezeti hatások például az erőforrások használata, a különböző környezeti problémákhoz való hozzájárulás, illetve az emberi egészségre gyakorolt hatás is. A módszer előnye, hogy komplexitása révén kiküszöböli a problémák áthárítását az egyik életszakaszból, földrajzi helyről vagy környezeti közegeből egy másikba. Az anyagok újrahasznosítása például egyértelműen hasznos dolognak tűnhet.

Ha viszont figyelembe vesszük a begyűjtéshez, szállításhoz és feldolgozáshoz szükséges energiát és kibocsátásokat, bizonyos termékek esetében kiderülhet, hogy mégis a deponálás a legkedvezőbb megoldás. Az életciklus-elemzés alapelveit és módszertanát nemzetközi szabványok rögzítik [1-3].

Egy termék életciklus-elemzése során először a termék életútját szakaszokra osztják, majd minden egyes szakaszban meghatározzák a bemeneteket (például energia- és nyersanyagfelhasználás) és a kimeneteket (például károsanyag-kibocsátás leve-

éghajlatváltozás kategóriához például az üvegház hatású gázok (CO₂, CFC, HCFC, CH₄, stb.) tartoznak.

Ezután a leltárelemzés eredményeit „közös nevezőre” kell hozni és összesíteni az úgynevezett karakterizációs tényezők segítségével. Az éghajlatváltozás példájánál maradv a karakterizációs tényezőket – az egyes üvegház hatású gázok globális felmelegedési potenciálját (GWP) – a CO₂-hoz viszonyítva határozzák meg az infravörös sugárzás elnyelés alapján. A metán az üvegház hatás szem-



gőbe, vízbe és talajba) a gyár adatai, mérési jegyzőkönyvek, statisztikák stb. felhasználásával. Az így kapott úgynevezett leltárelemzés alapján megbecsüljük a potenciális környezeti hatások nagyságát. Környezeti probléma lehet például az éghajlatváltozás, a savasodás vagy az ózonréteg vékonyodása. A hatáskategóriák modellezése az úgynevezett környezeti mechanizmusok alapján történik. A környezeti mechanizmus hatások sorozata, amely egy bizonyos szintű károsodást okoz például az emberi egészségben vagy az ökoszisztémában. Az üvegház hatású gázok fokozott kibocsátása révén például megnövekszik a légkör „hővisszatartása”, az infravörös sugárzás elnyelése, és ezáltal kevesebb hő lép ki a világűrbe. Ennek következtében a földi hőmérséklet megnő. Ez okozhat globális éghajlatváltozást, az élőhelyek megváltozását, a fajok kihalását. A hatásértékelés során először az emissziókat hozzárendeljük a megfelelő hatáskategóriához. Az

pontjából például a CO₂-nál 21-szer erősebb hatású gáz, így 1 kg metán 21 kg CO₂-egyenértéknek felel meg. Miután az üvegházhatású gázok mennyiségét felszoroztuk a karakterizációs tényezőkkel, ezek az azonos mértékegység miatt összegezhetővé válnak, és megkapjuk a kategória indikátor eredményt kg CO₂-egyenértékben.

Egy épület életciklus-elemzése során lehetőség szerint a teljes életutat figyelembe kell venni. Egy épület azonban nagyon sok anyagból és szerkezetből áll össze, az élettartama pedig igen hosszú. Ma már sok, elsősorban nyugat-európai gyártó teszi közzé a termékre vonatkozó környezeti adatokat úgynevezett környezeti terméknyilatkozatok (Environmental Product Declaration) formájában, amelyek a termék épületfizikai és egyéb fontos jellemzői mellett életciklus-elemzés eredményeket is tartalmaznak (például: <http://www.environdec.com/>). A terméknyilatkozatokon szereplő életciklus-elem-

Az épület életciklusának szakaszai az LCA-vizsgálathoz



Az épületenergetikai beruházások megítélésénél célszerű az életciklus-költség vagy globális költség vizsgálata, mely egy egyszerű megtérülési-idő-számításnál jobban használható információt ad

zési eredmények összegzésével egy egész épület környezetre gyakorolt hatása is meghatározható.

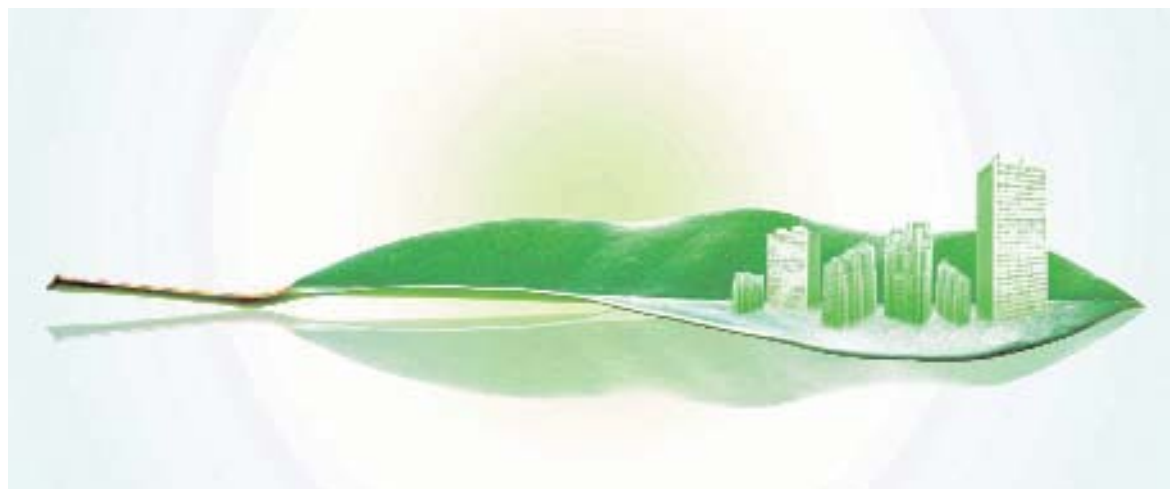
Gazdaságosság

Egy beruházás gazdaságosságát többféle módszerrel lehet mérni. Az épületenergetikai beruházások megítélésénél alkalmazható az életciklus-költség vagy globális költség vizsgálata, mely egy egyszerű megtérülési-idő-számításhoz képest jobban használható információt ad. A globális költség a kezdeti beruházási költségek, az éves működtetési és karbantartási költségek (fenntartási költség), valamint az időszakosan megjelenő cserekötségek, illetve az ártalmatlanítási költség összege egy adott számítási időszakra, minden költséget a kezdőévre vonatkoztatott nettó jelenértéken számítva [4]. A számítási időszak hossza a számítás céljától függ, megegyezhet az épület élettartamával vagy lehet annál rövidebb időszak (pl. a jelzáloghitel időszaka). Az EU rendelet szerint a számítási időszak 30 év lakó- és középületek esetén, 20 év kereskedelmi, nem lakáscélú épületek esetén.

Ezt a módszert javasolja az épületek energetikai tanúsítására vonatkozó hazai rendelet is, amely előírja, hogy a tanúsítványnak tartalmaznia kell energiamegtakarításra irányuló javaslatot. A javaslat alátámasztható költséghatékonysági számítással, mely ugyan egyelőre nem kötelező elem, de a tulajdonos kérésére elkészítendő, és hasznos információ-

ókat szolgáltat a tulajdonos számára a javasolt beruházás gazdaságosságáról. Ezt a módszert alkalmazták a 2018-tól hatályba lépő „költségoptimalizált” szintű minimumkövetelmények meghatározásánál is a 7/2006 TNM rendeletben. A költségoptimalizált szint az energiahatékonyság azon szintje, amely egy épület vagy egy épületelem becsült gazdasági élettartama folyamán a legalacsonyabb költséget eredményezi. Az EU rendelet szerint a nemzeti minimumkövetelmények legfeljebb 15%-kal lehetnek enyhébbek, mint a költségoptimalizálás eredménye. Magyarországon a szükséges háttér-számításokat az Energiaklub végezte 2013-ban különböző referenciaépületekre (családi házak, több-lakásos épületek és társasházak, irodák és oktatási épületek) [5]. A számítás eredménye szerint a 2006-ban bevezetett követelményértékek 2013-ban jóval enyhébbek voltak, mint a költségoptimalizált szint (a különbség esetenként akár 50–100% is volt). Ez azt jelentette, hogy a 2006-os követelmények nem bizonyultak költséghatékonynak, az adott élettartam alatt magasabb globális költséget eredményeztek, mint a költségoptimalis szint. Emiatt szükséges volt a követelmények módosítása.

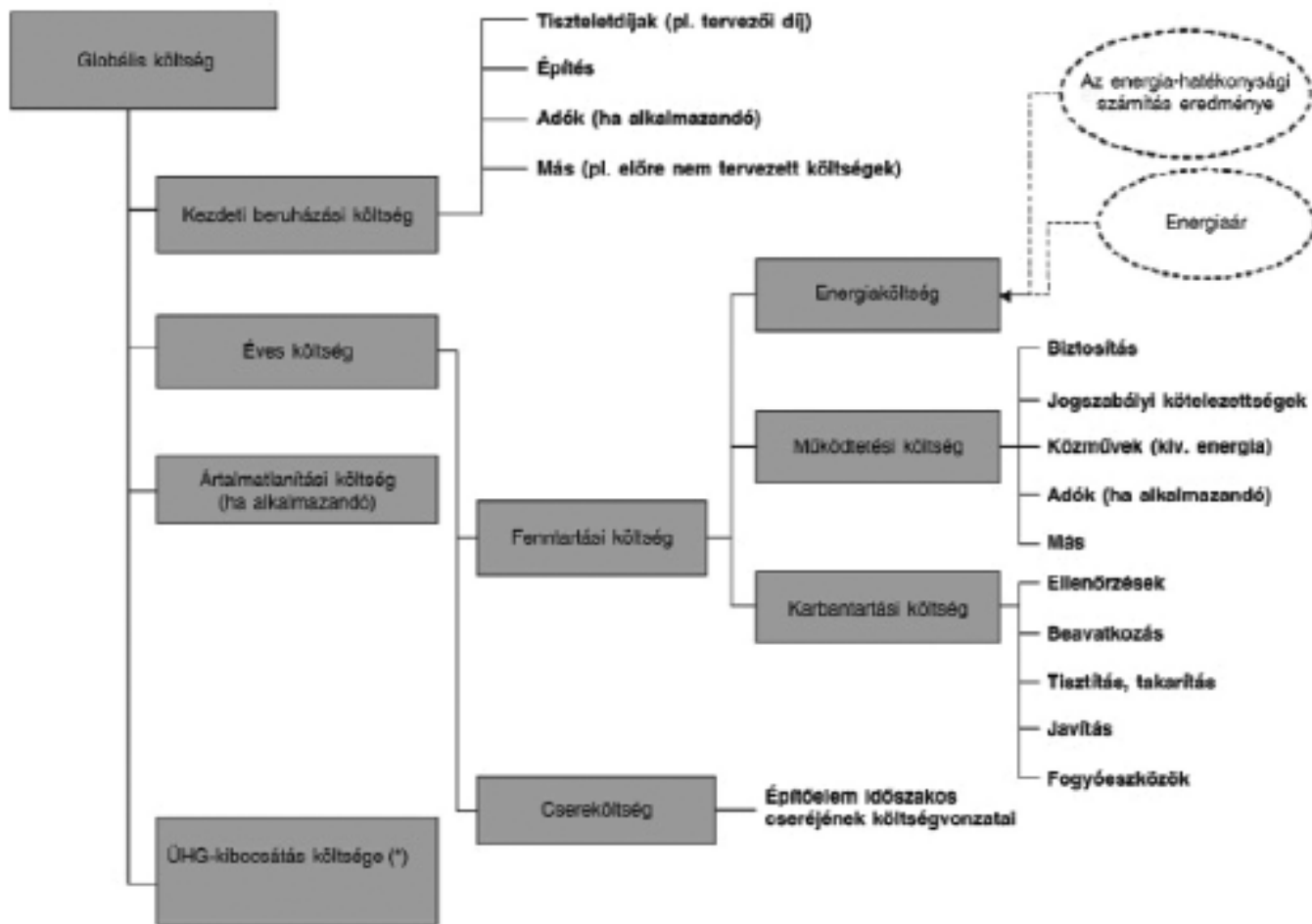
Nagy hatással van a gazdaságossági számításokra az energiahordozó árának jövőbeli változása, aminek nagyfokú a bizonytalansága. Függetlenül a nemzetközi piactól, de az itthoni politikai döntésektől is. Severnyák Krisztina megmutatta, hogy a költsé-



goptimum ma máshol van, mint a rezsicsökkentés előtt [6]. Egy „Kádár-kocka” családi ház felújítását vizsgálva 2012-ben a legalacsonyabb globális költség ahhoz a felújítási változathoz tartozott, mely komplex épületszerkezeti és gépészeti felújítással az összesített energetikai jellemzőt 100 kWh/m²a értékre csökkentette. „Rezsicsökkentett” energiaárakkal újraszámolva a felújításokat, a kevés be-

tokat végeztünk egy családi ház felújításán, ahol többféle hőszigetelő anyag hatását elemeztük 2 cm vastagsági lépcsőkben költség és különböző környezeti hatások szempontjából, melyek közül a mellékelt ábrákon a teljes életciklusra vetített globális felmelegedési potenciált mutatjuk [7]. Mindkét ábrán jól látszik, hogy a hőszigetelés csökkenti a globális költséget és az emissziókat is.

Globális költség Költségkategóriák a módszertani kerethez



(*) Csak a makrogazdasági szintű számításban

avatkozást tartalmazó változatok globális költsége lett a legalacsonyabb, melyek csak kismértékű energiamegtakarítással jártak, összesített energetikai jellemzőjük 180-190 kWh/m²a volt. Nyilvánvaló, hogy az alacsony energiaár nem kedvez az energiahatékonysági beruházások megtérülésének.

Optimum?

A gazdaságossági „optimumot” a gyakorlatban általában néhány alternatíva összehasonlításával szokás vizsgálni. A szokásosnál részletesebb vizsgálá-

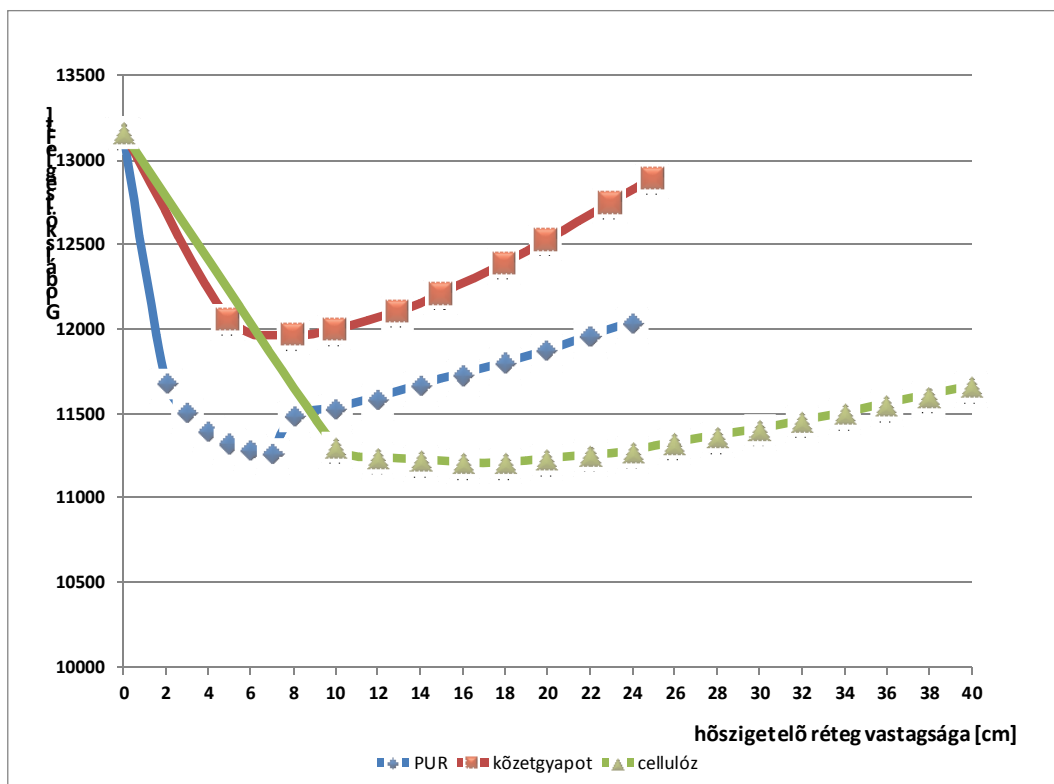
Az első néhány centiméternek drámai hatása van, majd a görbék ellaposodnak, és egyes esetekben minimum pont mutatkozik, azaz az ennél vastagabb hőszigetelés már nem csökkenti tovább az adott indikátort. Hőszigetelés-típusonként más a görbék lefutása. Globális költség szempontjából a természetes anyag (cellulóz) esetén a legalacsonyabbak az értékek, és kedvezőek a nagy vastagságok is. A globális felmelegedési potenciált vizsgálva elmondható, hogy a vizsgált tartományban egyik hőszigetelő anyag esetén sincs minimumpont, tehát

ebből a szempontból akár nagyobb vastagságok is megengedhetők. Azaz nem igaz, hogy az adott anyag gyártása több emisszióval járna, mint az üzemeltetés alatt megtakarított mennyiség. Az értékek a három hőszigetelő anyag esetén közel esnek egymáshoz, de az egyes részeredmények nem azonosak: míg a cellulóz beépített energiatartalma ala-

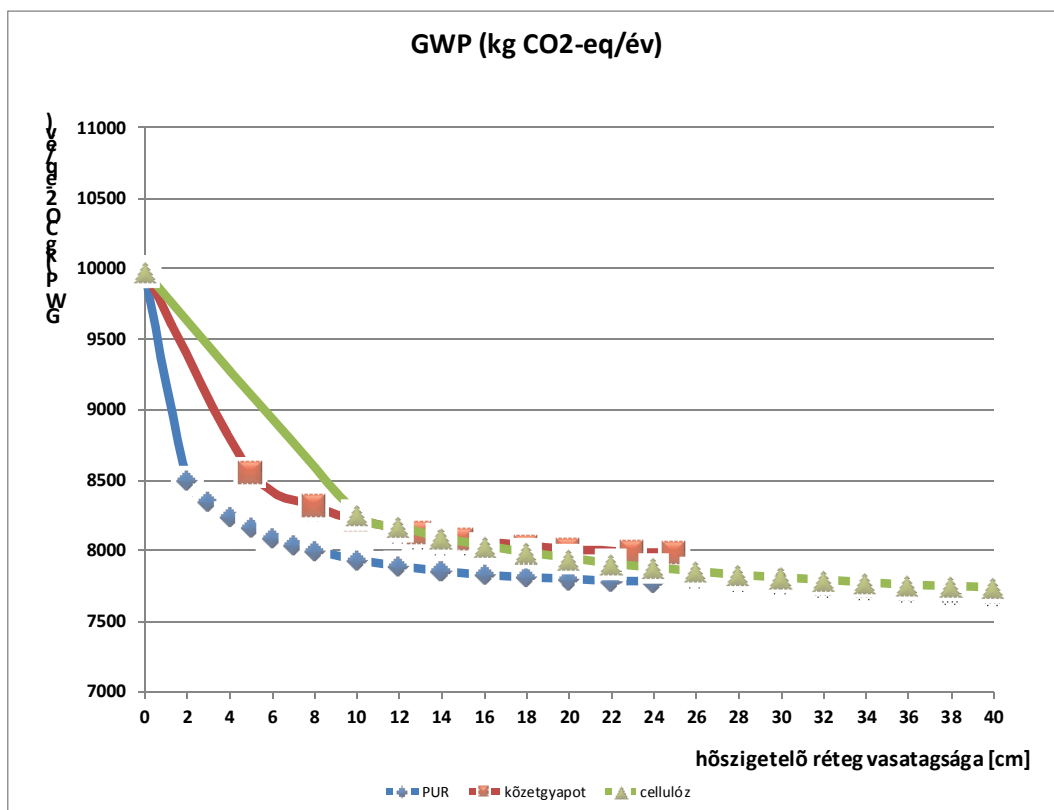
csonyabb, az azonos vastagsághoz tartozó hőszigetelési ellenállása kisebb, így a fűtési energiamegtakarítás kisebb. Az ábrák és az „optimális” vastagságok egy konkrét épület felújítására vonatkoznak, nem általános érvényűek!

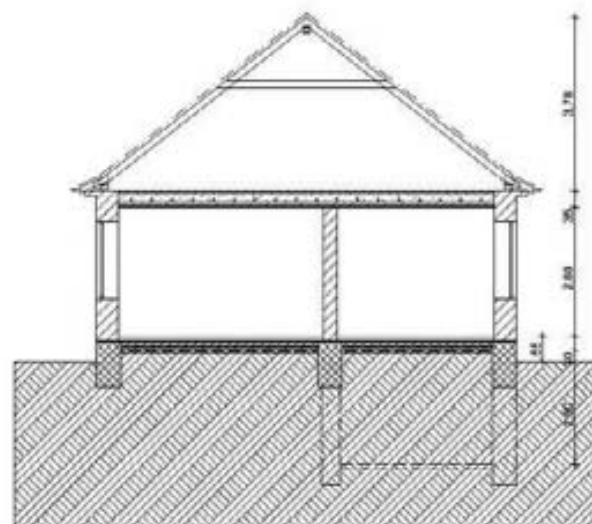
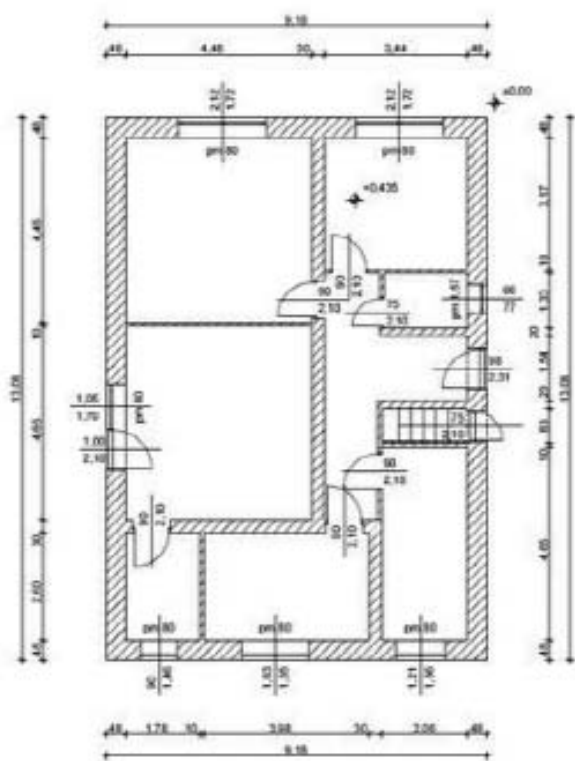
Könnnyen belátható, hogy egy felújítás esetén – figyelembe véve a piacon elérhető anyagokat, ezek

Padlásfödém utólagos hőszigetelésének globális költsége [7]



Padlásfödém utólagos hőszigetelésének globális felmelegedési potenciálja [7]





A vizsgált épület alaprajza és metszete [7]

vastagságát, különböző termékeket és az épületgépzési rendszereket – rengeteg (egy egyszerű családi ház esetén is több millió) felújítási kombináció lehetséges. A tényleges optimum megtalálása manuálisan közel lehetetlen, azonban rendelkezésre állnak olyan matematikai eljárások, melyek segítségével automatizálható az optimum megtalálása. Ezek az eljárások nem helyettesíthetik a mérnöki munkát, de támpontot szolgáltathatnak a legkedvezőbb megoldás kiválasztásához, és a jövőben várható az elterjedésük [8-9].

Dr. Szalay Zsuzsa

egyetemi docens, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Köszönetnyilvánítás

A szerző munkáját a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta.

Irodalomjegyzék

- [1] MSZ EN ISO 14040 Környezetközpontú irányítás. Életrétegzés-értékelés. Alapelvek és keretek
- [2] MSZ EN ISO 14044 Környezetközpontú irányítás. Életrétegzés-értékelés. Követelmények és útmutatók
- [3] MSZ EN 15978 Építmények fenntarthatósága. Épületek környezetvédelmi értékelése. Számítási módszer
- [4] EU (2012) A Bizottság 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2012. január 16.)
- [5] Energiaklub: Épületek energetikai követelményeinek költségoptimalizált szintjének megállapítását megalapozó számítások,

2012.

- [6] Severnyák Krisztina: Overhead reduction of energy efficiency measures. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 824, pp. 493-502, 2016
- [7] Medgyasszay, P.; Szalay Zs: *Optimization of building envelope components based on life cycle environmental impacts and costs. Advanced Materials Research* Vol. 899 (2014) pp 93-98, Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.899.93
- [8] Csík, Á.; Csoknyai, T.; Botzheim, J. (2014) EnergOpt – Épületenergetikai optimalizáció és lehetséges alkalmazásai. II. rész: Az optimalizáció gyakorlati megvalósítása. *Magyar Épületgépészet*, LXIII. (1-2), pp. 46-52.
- [9] Szalay Zsuzsa, Váraljai Eszter, Csík Árpád: Energetikai célú épületfelújítás optimalizációja matematikai módszerekkel. *Magyar Építőipar*, 2014, I. évfolyam, 5. szám, pp. 213-217.