
Medgyasszay Péter PhD, egyetemi docens, BME Magasépítési Tanszék

Megjelent: MAGYAR ÉPÍTŐIPAR 2014:(2) pp. 76-80. (2014)

Helyi műemléki védettségű lakóépület felújítása „fenntartható ház” koncepció szerint

A „fenntartható ház” koncepció lényege, hogy olyan házakat kell kialakítani, amelyek az adott terület (pl. Magyarország) tartósan rendelkezésre álló erőforrásaival üzemeltethetők. [1: Medgyasszay, 2013] A cikk arra keresi a választ, teljesíteni lehet-e a fenti követelményeket egy műemléki védettségű lakóépület felújítása esetén.

1 Adottságok, meglévő állapot

Az esettanulmányként vizsgált épület Vác Alsóvárosi városrészében helyezkedik el. A helytörténeti források szerint a **terület valamikor a XVIII. sz. végén, XIX. sz. elején épült be**. A telken lévő épület pontos kora, építési dátuma nem ismert. [2: Dercsényi, 1960]

A szabályozási terv vonatkozó részlete szerint az **utca ezen része régészeti lelőhelyként nyilvántartott, azonban a műemléki környezetnek nem** része. Az épület helyi védettség alatt áll. A szabályozási terv helyi védettségű értékeket felsoroló melléklete nem indokolja a ház védettségének okát. Az önkormányzattal történt egyeztetés, tervtanácsi véleményezés során rögzült, hogy az **épület utcafronti homlokzatát és arányrendszerét kell megőrizni**, azonban a kert felé eső térformálás tekintetében szabadon lehet tervezni.

Az épület megvételekor rossz műszaki állapotban volt. Az utcai fronton a vakolatdíszek sok helyen sérültek, vizesedés okozta vakolatleválás rontotta a ház összképét. Az utcafronti helyiségekben még megvoltak a régi gipszstukkók és rozetták, illetve a belső fa nyílászárók is méltóságot sugároztak. Az épületben fellelhető volt az egykori központi gázfűtés nyoma, de átvételkor a helyiségeket egyedi fatüzelésű kályhával fűtötték. **(1-1. ábra)**

1-1. ábra: Az épület utcai homlokzatának részlete a felújítás előtt.

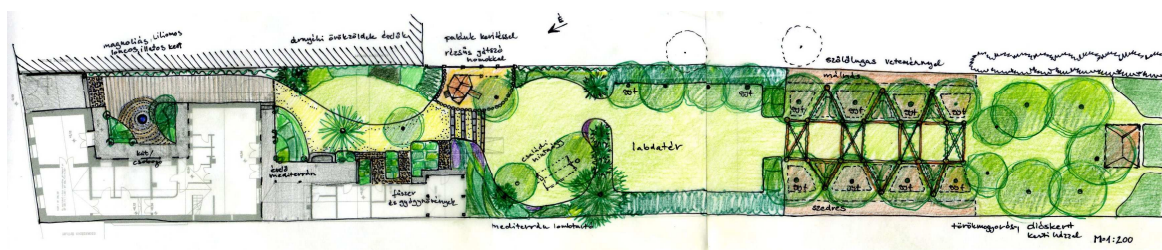


2 Felújítás műszaki megoldásai

A felújítás során építészeti, épületszerkezeti, gépészeti és kertészeti elemeket ötvöztünk. Az **építészeti alapgondolat** az volt, hogy az eredeti állapotban északra, utcára néző, reprezentatív lakóhelyiségeknek új funkciót adunk, míg a lakóház főtereit a nappali-étkező-konyha együttesét délre, a kert felé egy U alakú beépítéssel fordítjuk át. Az épület szoláris adottságai ezzel jelentősen javultak, hiszen a déli homlokzatra nagy üvegfelületű nyílásokat tudtunk elhelyezni. További fontos térszervezési elem volt a melléképületek tömegformálása. A szabályozás szerint a telken csak egy tömbben lévő épület helyezhető el, így a főépülethez kapcsolódóan az észak-nyugati telekhatárra, a korábbi romos melléképületek helyére, új faszervezetű melléképületeket helyeztünk el. Itt kapott helyet egy műhely, fatároló, és a növényház. Fontosnak tartom, hogy ezek a funkciók az épület szerves részeként alakulhattak ki, és lehetőséget teremtenek a kerthez kapcsolódó tevékenységek végzésére.

Ezzel az elrendezéssel a telek használata is módosulhatott. Az U alakú rész öblében kialakult egy belső udvar, kialakult egy felső-, és egy alsó kertrész. A **kertépítészeti koncepció** nagyon szépen kiaknázza ezen lehetőségeket, sőt további szakaszokra osztotta a hosszú, 110 m-es telket. Az alsó kertrész tovább osztódott pihenő, labdatér, veteményes, és dióskert részekkel. (2-1. ábra)

2-1. ábra: A kertépítészeti koncepció (tervező: Illyés Zsuzsa)



A ház tervezése során számos **energetikai koncepciót** vizsgáltunk meg, hogy minél költséghatékonyabban jussunk el a „fenntartható ház” minőségű épület létesítéséhez.

A **meglévő épület** fajlagos összesített energetikai mutatója a 7/2006 TNM, 40/2012 BM rendelet valamint a 176/2008 és 105/2012 Korm. rendeletek szerint lakóépületként számolva 380 kWh/m²a értékkel, 186 %-os azaz „F” minősítésű volt. A választott műszaki megoldások alkalmazásával a **felújított épület** számított összesített energetikai mutatója 58 kWh/m²a, ami 30 %-os azaz „A+” minősítésű.

Az **épületszerkezeti megoldások** alap gondolata az volt, hogy a „fenntartható ház” szemlélet alapján **nagyon magas energetikai igényeket kielégítő szerkezeteket hozunk létre olyan anyagokkal, amelyek minél kisebb környezeti terheléssel állíthatók elő.** Ezen koncepció mentén a nagy hőtároló kapacitás, illetve a használt anyag újrafelhasználás célja miatt az **új tartószerkezeti falak** 29 cm vastagságban bontott, nagyméretű téglából készültek. A belső vakolt **falak meszeltek**, a **hajópadló bevonata** egy részen vizes bázisú lakk, másik részen padlóviasz. A belső és a külső nyílászárók felületkezelése vizes bázisú vastaglazúrral történt.

A hőszigetelési megoldások alkalmazása előtt a felújítandó részekben szükség volt a **hiányzó talajnedvesség elleni szigetelés pótlására.** Mivel a falak alapjai téglá, vagy kő szerkezetűek voltak, a viszonylag alacsony költségigényű utólagos műgyanta alapú injektálást választottuk. A talaj felé elhelyezett vízszigetelés felhajtásával egy „folyamatos” vízszigetelő réteget tudtunk kialakítani.

A **hőszigetelés kapcsán öt érdekességet érdemes kiemelni. Egyrészt az alkalmazott hőszigetelés vastagságának kérdését.** A meglévő beépítés két határoló falfelületen limitálta az alkalmazható hőszigetelés vastagságát. Az utcai fronton ugyanis a jelenlegi szabályozás 10 cm, míg a szomszédos telek felé 0 cm vastagítást engedélyez. Annyi szerencsénk volt, hogy a meglévő vakolatok leverése után az utcafronton 15 illetve a szomszéd felé 5 cm hőzetgyapot hőszigetelés elhelyezése megoldható volt. Az udvar felé nem volt ilyen limit, ott a gazdasági és energetikai megtérülés szabott felső korlátot. Az udvari oldalon ezért 20 cm vakolt kőzetgyapot szigetelés került elhelyezésre.

A **hőszigetelés másik érdekessége**, hogy PhD dolgozatom tanulságai alapján a **lábazati és padló felé történő hőveszteségeket függőleges, alapsíkig lenyúló függőleges helyzetű hőszigeteléssel csökkentettük.** [3: Medgyasszay, 2007] Ez a megoldás mind a bővítésnél, mind a meglévő épületrész esetén alkalmazható volt. Lényege, hogy a téli állapotban hasonló hatékonyságú hőszigetelést biztosít, mint a vízszintes, padló alatt fektetett hőszigetelés, ugyanakkor nyári állapotban nem zárja el a belső teret az alatta lévő földtömegetől, ezáltal jelentősen csökkenti a túlmelegedés kockázatát. **(2-2. ábra)**

2-2. ábra: Az utca fronton hatósági engedély birtokában meg lehetett bontani a járdát és el lehetett helyezni a 20 cm vastag, alap alsó síkjáig érő formahabosított polisztirol anyagú lábazati hőszigetelést. [foto: Medgyasszay Péter]



A hőszigetelés harmadik érdekessége, hogy miként lehetett megoldani az eredeti vakolatdíszes homlokzat utólagos szigetelését. Több lehetőséget vizsgáltunk, végül a következő megoldás mellett döntöttünk. Első lépcsőben az eredeti vakolatprofilokat és a teljes homlokzatot pontosan felmértük. Ezután a díszeket és a vakolatot a téglá falazatig levertük, majd egy simító vakolatra műanyag beütőfejes dübelekkel és ragasztással rögzítve 15 cm kőzetgyapot szigetelést helyeztünk el. Az alapvakolat elkészülte után épületszobrász helyezte fel az eredeti díszek mintájára, egyedileg legyártott, üzemileg felületkezelt profilokat ragasztással és csavarozással rögzítve.

Végső felületkezelésként a kőzetgyapot felületre nemesvakolat, míg a felületkezelt profilokra homlokzati festés került. (2-3. ábra)

2-3. ábra: Hőszigetelt, felújított utcai homlokzat részlete [foto: Medgyasszay Péter]



A hőszigetelési megoldások negyedik eleme, hogy a épületbővítmény tetőtéri szerkezetébe alacsony környezetterheléssel előállítható **befújt cellulóz szigetelést** tettünk. Ezen szigetelés további előnye, hogy viszonylagosan nagy tömege és szilikát anyagoknál nagyobb fajhője miatt egyéb hőszigetelő anyagoknál nagyobb hőtároló kapacitással rendelkezik így hozzájárul a nyári hőkomfort biztosításához.

A hőszigetelő anyagok utolsó elemeként a **padlás hőszigetelésére formaldehid kötőanyagtól mentes üvegyapot hőszigetelés** került elhelyezésre, 25 cm vastagságban.

A termikus burok eddig nem tárgyalt lényeges eleme a meglévő nyílászárók felújítása és az új nyílászárók kérdése. A **meglévő kapcsolt gerébtokos ablakok felújítása** nagyon jól sikerült azzal a módszerrel, hogy a meglévő tokszerkezet megtartása mellett a szárnyak cseréjére került csak sor. Az északi, utcai részen a 2x1 rétegű üvegezés helyett 2x2 rétegű üvegezés készült, a belső üvegen LOW-E bevonattal, míg a keleti oldalon csak a belső oldali keretet cseréltük ki, amelybe két rétegű, LOW-E bevonatú üvegezést helyeztünk el. A meglévő belső spaletták használatával az északi ablakok mérve és számítva is tudják a $0,85 \text{ W/m}^2$ hőátbocsájtási értéket. **(2-4. ábra)**

2-4. ábra: Kapcsolt gerébtokos ablak felújítása új szárnyakba tett 2x2 rtg üvegezéssel. [foto: Medgyasszay Péter]



Az **új ablakok** kiválasztása során meglepve tapasztaltuk, hogy csak másfélszeres árkülönbözet volt a háromrétegű és a kétrétegű ablakok között. A meglepetést az is táplálta, hogy négy évvel ezelőtt még háromszoros különbség volt a két szerkezet típus között! A döntés így egyértelmű volt, háromrétegű üvegezésű, 88 mm tokvastagságú fa nyílászárókat választottunk.

A jó termikus burok kialakítása után fontos volt, hogy megfelelő **épületgépészeti rendszert** találjunk. A számos vizsgált alternatíva közül végül egy viszonylag egyszerű, tisztán megújuló energiára alapozott rendszert választottunk. A **fűtés és a használati melegvíz termelést** főbb elemeiben egy 18 kW-os teljesítményű faelgázosító kazán és 1000 l-es puffertartállyal rendelkező rendszer biztosítja. Fűtési időszakon kívül a rendszert jellemzően nem kell használni, mivel a napkollektoros rendszer részeként három síkkollektor és egy 300 l-es használati melegvíz tározó 90-95 %-ban biztosítani tudja a használati melegvíz igényeket.

3 Felújítás pénzügyi adatai

Az **épület három jól elkülöníthető részben, két nagyon eltérő funkcióra készült el**, így a bekerülési költségeket különféle bontásban is érdemes áttekinteni. A **kiadásokról nagyon pontos, több mint 800 tételt tartalmazó adatbázis készült**, így a közölt adatok igen pontosaknak tekinthetők. Meg kell még jegyezni, hogy az épület minta jellege révén kapott különféle beszállítói kedvezmények és saját munka költségcsökkentő hatását nem tüntetem fel, így a műszaki tartalom ezen a közölt áron bárki által megismételhető, egyéb, műszaki gyakorlatban általános költségvetésekkel összevethető.

Az **első ütemben végzett épület felújítás**, illetve az ezen részhez tartozó hőszigetelési munkák összes bruttó fajlagos költsége 156.000 Ft/m² volt. Ez tartalmazza

- a vakolat leverését, a padlóburkolat és aljzat bontását,
- a teljes építészeti, gépészeti, villanyszerelési belső munkákat,
- a tetőszerkezet felújítását részleges fedélszék cserével, utólagos favédelemmel,
- a tetőhéjalás átrakását, illetve belső oldalon cseréjét,
- a nyílászárók felújítását, utólagos vízszigetelés, a külső hőszigetelés és vakolás költségeit.

A **második ütemben az épülethez kapcsolódó melléképületek** kerültek kialakításra. Ezen munkák fajlagosan bruttó 46.000 Ft/m² áron készültek el. Az ár tartalmazza

- a meglévő melléképületek bontását, nem használható anyagainak elszállítását,
- a pince feletti terasz vízszigetelését, aljzatbetonozását,
- a fa szerkezetű melléképületek építészeti, villanszerelési munkálatait.

Végül **harmadik ütemben készültek el a lakóépület bővítési munkálatai**, 220.000 Ft/m² fajlagos bruttó költséggel, a következő műszaki tartalommal:

- a meglévő tetőfödém, egy falszakasz bontása, nem használható anyagainak elszállítása,
- bővítés alapozása, szerkezetépítése,
- külső hőszigetelése, három rétegű új nyílászárók beépítése,
- komplett belsőépítészeti munkák,
- lakóépület és melléképület közötti terasz üvegfedése, burkolása,
- épületgépészeti rendszer kiépítése (faelgázosító kazánnal, napkollektorral),
- villanszerelési munkák.

Összesítve az épületfelújítás-bővítés fajlagosan bruttó 198.000 Ft/m²-be került. Ez az érték lényegesen alacsonyabb, mint az Építőipari Költségvetés Segédlet 2011 segédletben megadott új családi ház építésére vonatkozó bruttó 304.000 Ft/m² fajlagos ár, gazdaságilag tehát racionális meglévő épület korábbiakban bemutatott mértékű felújítása. [4: Szeredi, 2011]

A teljes élelciklus szemléletű költséghatékonyság vizsgálatok lényeges eleme a használat során várható üzemeltetési költségigény kérdése. Az épület várható, számított fűtési és használati melegvíz energiaigényének költsége 104.000 Ft tűzifa és 41.000 Ft elektromos segédenergia, összességében tehát 146.000 Ft 2012-es árakon.

Összehasonlításként ezen geometriájú, új épületek energetikai követelményeit éppen kielégítő szerkezetű és gépészeti épület fűtési, használati melegvíz energiaigénye 528.000 Ft gáz és 19.000 Ft elektromos segédenergia, vagyis 547.000 Ft évente.

A bemutatott felújítási megoldások tehát mind létesítési, mind üzemeltetési szempontból kedvezőbb adatokat mutatnak, mint egy újonnan épített épület. (Megjegyzendő, hogy a létesítés gyakorlatom szerint a hivatkozott forrásnál alacsonyabb költséggel is megvalósítható, amely költség azonban még mindig meghaladja jelen épületnél kifizetett költségeket.)

4 Alkalmazott szerkezetek és berendezések környezeti terhelése

Az épület teljes életciklust figyelembe vevő környezeti terhelés vizsgálatát a Belső Udvar E-P-LCA-LCC programmal számolva, három meghatározó indikátor elemzésével végeztem el. Az indikátorértékek forrása az ecoinvent adatbázis. [5: ecoinvent] A vizsgált indikátorok:

- Kummulatív energiaigény (GLO, fossil) [MJ]
- Felmelegedési potenciál (GLO, CML2001, GWP100a) [$\text{kg}_{\text{CO}_2\text{-eq}}$]
- Savasodási potenciál (GLO, CML2001, acidification potential) [$\text{kg}_{\text{SO}_2\text{-eq}}$]

A hetvenes évektől Németországban alkalmazott **kummulatív energiaigény** (Kumulierter Energieaufwand – KEA) egyetlen indikátor, az energia felhasználását összegezi a vizsgált termék/technológia minden életciklusa (bányászat, gyártás, használat, utóhasznosítás) alatt. Fontos megemlíteni, hogy a módszer továbbfejlesztett változatában a vizsgálat során el kell különíteni a megújuló és a nem megújuló energiahasználatot. [6: Medgyasszay, 2012]

A földi légkörre jellemző üvegház hatás segít melegen tartani a Föld felszíni hőmérsékletét. A légkörben lévő egyes gázok feldúsulása esetén azonban fenn áll a veszélye annak, hogy a kialakult légköri folyamatok megváltoznak és az utóbbi évezredekben közel azonosnak tekinthető éghajlat nagy mértékben megváltozik. A különböző gázok által okozott hatást az ún. **globális felmelegedési potenciállal** (Global Warming Potential, GWP), avagy üvegház-potenciállal fejezzük ki.

Elsősorban az égési folyamatok melléktermékeként kéndioxid (SO_2) és a nitrogénoxidok (NO_x) képződnek. Ezen anyagok a levegő nedvességtartalmával kölcsönhatásba lépve savakat () képeznek, amelyek savak felelősek az erdők pusztulásáért, a talaj savasodásáért, épületek károsításáért. A különböző emissziók hatását a SO_2 bázison kifejezett **savasodási potenciállal** (Acidification Potential, AP) jellemezzük. [7: OTKA, 2006]

Mivel a környezeti terhelés vizsgálata, illetve a kapott eredmények értelmezése még nem általános, az összehasonlíthatóság érdekében a következő alternatívákat hasonlítottam össze:

- a) A meglévő épület bármiféle felújítás nélkül,
- b) felújított, bővített épület,
- c) a felújított épület geometriájával új, a jelenlegi energetikai követelményeket éppen kielégítő, gázkazánnal ellátott épület létesítésének alternatíváját.

A vizsgálatok során a használati energiaigény hatáselemzése mellett csak az energetikai teljesítményre hatással lévő szerkezetek, berendezések létesítésének környezeti hatását vettem figyelembe. A kapott eredményeket az **4-1. 4-2. 4-3. táblázatokban** mutatom be.

4-1. táblázat: A meglévő épület létesítésének és üzemeltetésének környezeti terhelése

Budapesti főút 57. – Felújítás előtti állapot			
	Kumulatív energiaigény [MJ/év]	Felmelegedési potenciál [kg/év]	Savasodási potenciál [kg/év]
Létesítési, bontási életfázis környezetterhelése	0,00	0,00	0,00
Használati életfázis környezetterhelése	248 098,21	6 063,05	129,50
Teljes életciklus környezetterhelése	248 098,21	6 063,05	129,50

4-2. táblázat: A felújított épület létesítésének és üzemeltetésének környezeti terhelése

Budapesti főút 57. – „Fenntartható” felújítás			
	Kumulatív energiaigény [MJ/év]	Felmelegedési potenciál [kg/év]	Savasodási potenciál [kg/év]
Létesítési, bontási életfázis környezetterhelése	18 657,04	1 232,87	6,59
Használati életfázis környezetterhelése	12 499,35	601,05	83,76
Teljes életciklus környezetterhelése	31 156,39	1 833,92	90,34

4-2. táblázat: A felújított épület geometriájával, a jelenlegi energetikai követelményeket éppen kielégítő, gázkazánnal ellátott épület környezeti terhelése

Budapesti főút 57. – Követelményeket kielégítő			
új épület			2012.12.29
	Kummulatív energiaigény [MJ/év]	Felmelegedési potenciál [kg/év]	Savasodási potenciál [kg/év]
Létesítési, bontási életfázis környezetterhelése	12 345,09	983,36	4,10
Használati életfázis környezetterhelése	165 012,04	2 825,07	105,98
Teljes életciklus környezetterhelése	177 357,13	3 808,43	110,09

A vizsgálatok legfontosabb tanulsága, hogy a gázfűtés a használati életfázisban közel tízszeres hatással bír, mint az épületszerkezetek létesítéséhez kapcsolódó környezetterhelés. (Megjegyzendő, hogy a vizsgálatokban csak az energetikára hatással lévő szerkezetek környezetterhelését vizsgáltam. Minden szerkezet számításba vétele esetén ez az arány csökkenhet.)

Némileg meglepő eredmény, hogy a követelményeket kielégítő épület létesítésének környezeti terhelése kisebb, mint a „Fenntartható ház” felújítás alternatívája esetén. Meglepő az eredmény abból a szempontból is, hogy a felújítás esetén sok szerkezet előállítására már nem kell energiát fordítani, környezeti terhelést számszerűsíteni. A jelenséget két okkal lehet megmagyarázni. Egyrészt a felújítás esetén nagyobb vastagságú hőszigetelő rétegeket, több anyagot építünk be, aminek nyilván a környezeti hatása is magasabb. Másrészt érdekes részeredmény, hogy új építés esetén a téglafal szerkezet előállításának környezeti terhelése hiába magasabb, mint a vastag hőszigetelésé, a nagyobb élettartam miatt az egy évre eső környezeti hatásértékben már esetenként meg is fordul a létesítéskor tapasztalható reláció.

5 Társadalmi kapcsolódások

Fontos hangsúlyozni, hogy az épület megvalósítása „**generációs felelősségvállalás**” nélkül elképzelhetetlen lett volna. A fenntarthatóság kiterjesztett elméleti definíciója szerint nem csak azokért kell felelősséget vállalnunk, akikkel egymás mellett élünk, hanem azokkal is akik adott

időben más helyen, illetve azokkal, akik majd utánunk fognak élni. [7: Fleischer, 2007] Biztos nem ismerve ezt az elméletet, de ezt az elvet követték szüleink. Képesek voltak hozzájuk közel álló, de nekik már nagy, ugyanakkor mindnyájunknak nem elég nagy ingatlanokat értékesíteni, és a bevétel egy részével mi családjukat támogatni. Amennyiben ez az unokáknak nyújtott „hitel” nem állt volna rendelkezésünkre ezen sorok nem születhettek volna meg...

A társadalmi kapcsolódás másik aspektusa, hogy barátai beszélgetések nyomán célunk lett az épületben megőrzött építészeti értékek, arányrendszer másoknak történő bemutatása. Többünk meghatározó élménye volt ugyanis, hogy nagy belmagasságú, igényesen kidolgozott lakásokban nőhettünk fel, és az épületek szépsége meghatározó nyomot hagyott bennünk. A beszélgetések során kitaláltuk a „**Belső Udvar Műterem**” ötletét. Ezzel lett kerek végül az épület építészeti koncepciója. Találtunk ugyanis olyan új funkciót, amivel hasznosítani tudtuk a lakás céljára kevésbé jó adottságú, de frekvenciált helyen lévő, utcafronti, külön bejáratú helyiségeket. Olyan bútorzattal láttuk el – egyenlőre az első, majd később a második -, utcafronti helyiséget ami lehetővé tette multifunkcionális műteremként történő hasznosítást. Az időszakosan használt építész iroda funkció mellett rajziskola és fotóiskola került meghirdetésre, amelyek közül első évben a rajziskola el is tudott indulni. A kölcsönös előnyök mentén a rajziskola tanulói a direkt oktatás mellett megérezhetik a hely szellemét is, míg a bérbeadásból származó bevétel hozzájárul az épület gazdasági fenntarthatóságához.

6 Összegzés

Összegzésként a probléma felvetésben ismertetett kérdésre, azaz **lehetséges-e „fenntartható ház” szemléletben felújítani kisvárosi környezetben lévő helyi védettségű épületet**, azt lehet válaszolni, hogy műszakilag a felújítás megoldható. A tervezéskor kitűzött nettó 46 kWh/m²a fűtési energiaigény a bemutatott intézkedésekkel elérhető. A fenntartható ház legújabb követelményét azonban a jelenlegi műszaki tartalommal nem teljesíti a ház, azonban további bevett intézkedésekkel (pl. hővisszanyerős szellőztetés) a szigorúbb követelmény is teljesíthető.

Válaszolni kell azonban arra a kérdésre is, hogy **érdemes-e ilyen mértékű felújítási munkákat végezni!** A kérdésre véleményem szerint legalább négy szempont vizsgálatával lehet választ adni.

Elsőként vizsgálni kell, hogy a **tervezett funkció ellátására az épület térszervezése, adottságai alapján alkalmassá tehető-e**. Amennyiben található megfelelő funkció, érdemes az épület

megtartása, felújítása, mivel ezzel az építészeti örökség megőrzésén túlmenően környezeti és gazdasági előnyök is nyerhetők.

Másodsorban **műemlékvédelmi értékelést** kell végezni. Amennyiben a vizsgálat eredménye az, hogy az épület védettségi szintje lehetővé teszi az eredeti anyagtól eltérő anyagok használatát, a magas hőtechnikai igényeket kielégítő külső oldali hőszigetelés választható, támogatható.

Harmadik szempontként **környezetvédelmi értékelést** kell végezni. A cikkben bemutatott környezeti hatásvizsgálat egyértelműen kimutatja, hogy a vizsgált környezeti indikátorok többségében nagyon jelentős környezet terhelés csökkenés érhető el. (**4-1., 4-2., 4-3. táblázatok**) A teljes életciklusra vetített fosszilis energiafogyasztás jelen épületnél a nyolcadára, a felmelegedési potenciál a 30 %-ra, míg a savasodási potenciál 69 %-ra csökken.

Negyedik szempontként a **felújítások gazdaságosságát, költséghatékonyságát kell megvizsgálni**. A vonatkozó Európai Uniói költséghatékonyságra vonatkozó teljes életciklus költség vizsgálatok alapján számolva a „Fenntartható felújítás” stratégiája a leggazdaságosabb. [8: 244/31/EU] Az egy négyzetméterre jutó teljes életciklus költséget tekintve jelen épületnél a felújítás teljes költsége 15 %-kal alacsonyabb, mint a felújítás előtti változaté, és 12 %-kal alacsonyabb, mint a jelenlegi követelmények szerinti új ház változata. Jelen eset tanulságai alapján a bemutatott felújítási intézkedéscsomag gazdaságilag költséghatékony megoldás.

7 Irodalomjegyzék

- [1] MEDGYASSZAY Péter: A „fenntartható ház” koncepció 3.0 verziójának bemutatása, Magyar Építőipar 2013/2
- [2] DERCSÉNYI Dezső, GRANASZTÓI Pál: Vác, Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1960.
- [3] MEDGYASSZAY Péter: "A földépítészet optimalizált alkalmazási lehetőségei Magyarországon - különös tekintettel az építésökológia és az energiatudatos épülettervezés szempontjaira" (PhD disszertáció), BME, 2007.
- [4] SZEREDI Istvánné: Építőipari költségbebecslési segédlet, 2011. Hunginvest
- [5] ecoinvent Centre: ecoinvent database v1.2, 2005-2007

-
- [6] MEDGYASSZAY Péter: Anyagok, szerkezetek élettartamra vetített vizsgálata. Széll Mária (szerk.): Fenntartható energetika az épületszerkezetek tervezésében és oktatásában: Monográfia. Budapest: Terc Kiadó, 2012. pp. 27-40.
- [7] Dr. Tiderenczl Gábor, Medgyasszay Péter, Szalay Zsuzsa, Zorkóczy Zoltán: "Épületszerkezetek építésökológiai és -biológiai értékelő rendszerének összeállítása az építési anyagok hazai gyártási/előállítási adatai alapján", Független Ökológiai Központ. OTKA T/F 046265 kutatási jelentés. 2006.
- [8] FLEISCHER Tamás: Fenntartható fejlődés: környezeti, társadalmi és gazdasági tényezők, MTA Világgazdasági Kutatóintézet, 2007.
- [9] Európai Bizottság 244/2012/EU rendelete: Az épületek energiahatékonyságáról szóló 2010/31/EU európai parlamenti és tanácsi irányelvnek az épületek és épületelemek energiahatékonyságára vonatkozó minimumkövetelmények költségoptimalizált szintjeinek kiszámítására szolgáló összehasonlító módszertani keret meghatározásával történő kiegészítéséről (2012. január 16.)