

Csermák Károly

Lakóépületek korszerűsítő felújításának költségelemzési és finanszírozási kérdései

Costing and Financing in the Renovation and Upgrading of Housing



Összefoglalás

A cikk a szövetkezeti és társasházak közül egy olyan, több mint 50 éves, hagyományos technológiával épített lakásszövetkezeti, magas tetős épület felújítási kérdéseit veszi górcső alá, melynek élettartama – az épület főszerkezeti elemeinek állaga alapján – még legalább 40-50 év. A vizsgálat az energiafelhasználás csökkentésére, másrészt a „hagyományos”, nem megújuló energiaforrások legalább részbeni jelentékeny csökkentésére irányul, amely a környezettudatosságot is figyelembe veszi az életciklus-költségelemzés és a finanszírozhatóság vizsgálata során. A következtetések a helyi sajátosságok és adottságok alapján általánosíthatók.

Summary

Of all the building-society and apartment-block buildings, the article focuses on issues related to the renovation of a high-roofed, housing-cooperative building, built with traditional technology and now over fifty years old, with a lifespan of another 40-50 years with regard to the condition of its main structural elements. The analysis targets a reduction in energy consumption, especially a considerable, or at least partial reduction in the traditional, non-renewable energy sources, taking environmental aware-

DR. CSERMÁK KÁROLY PhD, elnök, Nagykőrösi Lakás- és Garázsszövetkezet
(csermak.karoly@t-online.hu).

ness into consideration when examining life-cycle costing and financing of the work. The findings may be generalised according to local features and distinctives.

Manapság egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az új építésű, de a meglévő épületek esetében is, a hatékony energiafelhasználást lehetővé tevő olyan műszaki megoldások, amelyek elsősorban a nem megújuló energiák felhasználásának minimalizálását, illetve optimalizálását tűzik ki célul. Ennek során hangsúlyosan figyelembe kell venni a környezettudatos építés követelményrendszerét, a felhasznált anyagok előállítását, felhasználását, újrahasznosítása során a környezetre gyakorolt káros hatások hatékony csökkentését is. Azonban nem mindegy, hogy ezek az energetikai és egyszersmind környezettudatos megoldások, akár külön-külön vagy egymást kiegészítve, mekkora beruházási, fenntartási, üzemeltetési költséget jelentenek akár az új építésű, akár a több éve (évtizede) épült családi, társas- és szövetkezeti házak esetében. Fontos tehát azt is tudni, hogy a becsült időtartam alatt hogy térülnek meg az egyes költségek, legyenek azok egyszeri, beruházási költségek, folyamatosan vagy különböző gyakorisággal előforduló költségek, mint pl. a gépészeti rendszerek üzemeltetése (nem megújuló, részben megújuló, teljes mértékben megújuló energia felhasználásával), tervszerű megelőző karbantartása, eseti javítása, szerkezeti egységek, alkatrészek, szerelvények stb. cseréje. Egy-egy beruházás élettartamát, elsősorban a gyártói és alkalmazott technológiák alapulvételével, meg lehet becsülni. Így kézenfekvő megoldás, hogy a vizsgált élettartamciklusban minden bekerülési költséget és az alkalmazott építési és felújítási technológiák, a beépített anyagok, szerkezetek függvényében elérhető energiamegtakarításokat (kvázi hozamokat) a jelen értékre diszkontáljunk, majd azt összehasonlíttva a jelen beruházási, létesítési költséggel, meg tudjuk mondani, hogy rentábilis vagy sem a módszer, az eljárás, amit alkalmazunk, alkalmaztunk.

AZ LCC FOGALMA, LÉNYEGE

Az életciklus-költségelemzés (LCC) egy olyan hosszú távú tervezési módszer, mellyel a termék vagy projekt minden egyes életfázisában megjelenő költséget előre lehet prognosztizálni. Emellett a bevételeket is figyelembe veszi, és így képes előre jelezni a gazdaságosság várható sikerességét.¹ Az LCC-vizsgálatok eredményét nagyban befolyásolja a jelen gazdasági helyzet, illetve a vizsgálati időtartam is, így ezeket a paramétereket változtatva, változhat a mindenkor optimalis is.²

Az életciklus-költségelemzés lényege, hogy a beszerzett termék (pl. gépészeti berendezés, hőszigetelő anyag stb.) teljes életciklusa során jelentkező költségeket igyekszik számszerűsíteni, így a beszerzés, a használat, üzemeltetés, fenntartás, megsemmisítés során jelentkező költségeket. Az elemzés jelentőségét leginkább az adja, hogy – bár a beszerzés költségei általában jelentősek lehetnek – az egyes alternatívák között a kezdetekkor (pl. az árban, a fizetési és szállítási feltételekben stb.) jelentkező eltéréseket a tényleges használat különbségei dominánsan korrigálhatják. Az életciklus-költségelemzés jellemző alkalmazási területei:

- nagy értékű berendezések megválasztása,
- berendezések bővítése, kiváltása,
- telephely-kiválasztás vagy akár egy felújítandó épület célszerű kiválasztása a felújításra,
- tevékenység kihelyezése.

Az életciklus-költségelemzés – eddigi gyakorlat szerinti – lépései:

Az összes érintett költségcsoport meghatározása.

Az egyes költségcsoportok időszakonkénti nagyságának meghatározása. (Ez az a terület, ahol, ha nem rendelkezünk korábbi időszakokra vonatkozó releváns adatokkal, akkor segíthet a referencia kérése, és/vagy használhatunk – olykor bizonytalan – katalógus-adatokat stb.)

Az egyes költségek azonos időszakra történő diszkontálása. (Minden költségnél az azonos időplatform – pl. 30 év – meghatározása, mint vizsgálati, elemzési időintervallum.)

Az adatok összevetése, az egyes alternatívák összehasonlítása (pl. hőszigeteléseknél többféle anyag, többféle vastagságban történő alkalmazása, energiatakarékos nyílászárók cseréje két vagy több változatban, ezek együttes kombinációja stb.).

Az életciklus-elemzésnél figyelembe veendő szempontok:

– Már a specifikáció tartalmazzon elvárásokat (pl. a felhasznált anyagok, a működtetés, üzemelés környezettudatos alkalmazása), vagy jelezzon adatigényt az életciklus költségeinek gyűjtéséhez (pl. karbantartási igény, energiafogyasztás stb.);

– a költségadatok előrebecslésében vagy akár az életrészek meghatározásában jelentős bizonytalanság lehet, ezért érdemes több alternatívát is megvizsgálni, melyek számát célszerű úgy meghatározni, hogy az ne akadályozza az összehasonlíthatóságot.³

Tételezzük fel, hogy az LCC-számításaink során az összehasonlító elemzésbe bevonzható alternatívák száma: n darab.

Könnyen belátható, hogy a képezhető kombinációk száma: $k = 2^n - 1$ (1)

Legyen $n = 5$, melyek nevesítve például:

- hőszigetelés egyféle anyagból,
- nyílászárócsere egy változatban,
- napelemek az épület elektromosenergia-igényének részbeni vagy csúcsidején kívüli teljes pótlására,
- napkollektorok alkalmazása a HMV-előállítás részbeni vagy teljes előállítására és
- kondenzációs kazán (fűtési és HMV-energiaigény előállítására) egyféle változatban.

Ekkor a kombinációk száma: $k_{(n=5)} = 2^5 - 1 = 31$

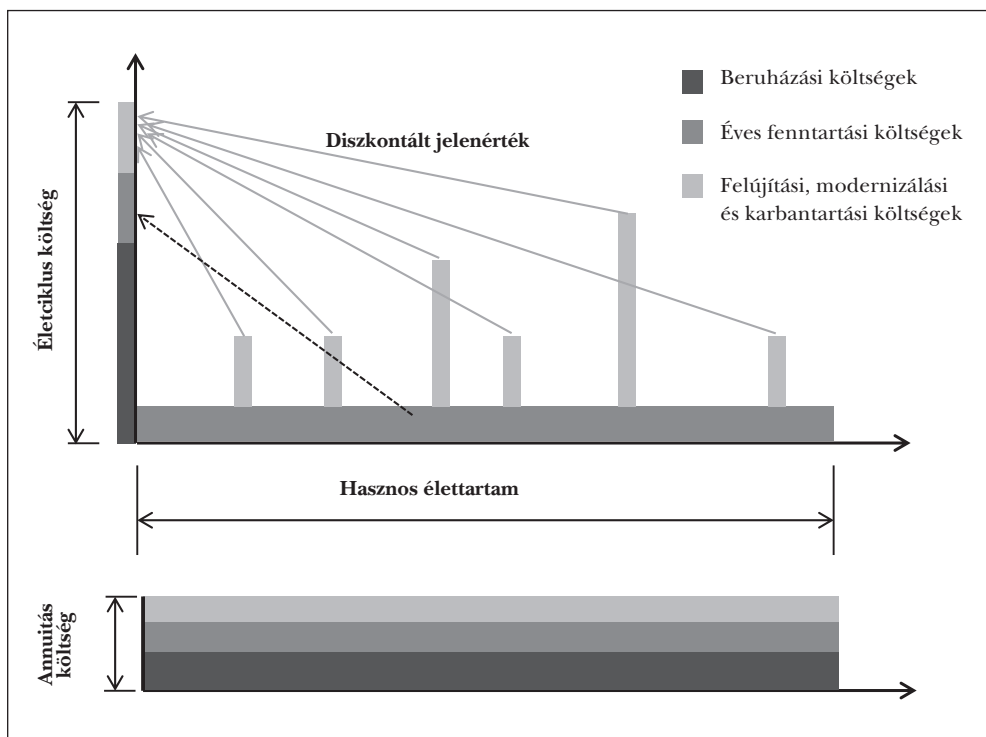
A napi gyakorlat általában ennél több alternatíva kombinációját is „igényelheti”, ezért egy többváltozós energiahatékony és egyszersmind környezettudatos épületfelújításnál igen nagyszámú változatok közül kell az optimális megoldást kiválasztani, ami egyfelől megadja számunkra a leghatékonyabb eljárás-kombinációt, másfelől viszont még mindig vizsgálni szükséges, hogy a megrendelő (pl. egy családi ház tulajdonosa, egy többlakásos ház lakóközössége stb.) meg tud-e birkózni a beruházási költségek finanszírozásával.

Az életciklus-költségelemzés alkalmazása napjainkban már egyre inkább terjed az épületingatlan-tulajdonosok, illetve a beruházók, befektetők, építetők körében a projektalternatívák kiértékelésekor.⁴ Az ökológia mellett alapvető az ökonómia, a gazdaságosság is. E célt szolgálja az EU költséghatékonysági direktívája is.⁵

Az életciklus-költségelemzés áttekinti az épület életciklusa alatt felmerülő összes költséget: az építést, a működtetést, a ciklikus felújítást és a bontást. A teljes életciklus-költség ismeretében azt az élettartam éveinek számával visszaosztva megkapjuk az épületre fordítandó éves költséghányadot, az annuitást. Ebből az összegből – még a beruházás megkezdése előtt – megállapítható, hogy az építetető-használó képes-e a szükséges éves ráfordítást teljesíteni. Ha nem, akkor az épület gazdaságilag nem fenntartható. Az éves költséghányad megmutatja azt is, hogy az energiahatékonyságra, a megújuló energiákra és egyéb, megtakarítást eredményező intézkedésekre fordított források mennyi idő alatt térülnek meg, és mennyivel mérséklik az életciklusköltségeket (1. ábra).

Ha a ráfordítás nem térül meg az életciklusnál valamivel rövidebb idő alatt, akkor felesleges, haszontalan. Sokszor azonban a többször fordítás megtérülését követően még évtizedeket működik takarékosan az épület, és a ráfordítást többszörösen visszatermeli – legjobb példa erre a passzívház.

1. ábra: Életciklus-költségelemzés



Forrás: Ertsey Attila – Medgyasszay Péter: Fenntartható építészet. Útmutató. Kézikönyv a Magyarország–Szlovákia Határon átnyúló Együttműködési Program 2007–2013 keretében, 2015.

AZ LCC JOGSZABÁLYI KÖRNYEZETE

EU-s jogszabályi előírások

A 2010/31/EU irányelv 5. cikkének, valamint I. és III. mellékletének megfelelően az EU Bizottság 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló rendelete (2012. január 16.) megállapítja a tagállamok által az új és meglévő épületek és épületelemek energiahatékonyságára vonatkozó minimumkövetelmények költségoptimalizált szintjeinek kiszámítása során alkalmazandó összehasonlító módszertani keretet. A módszertani keret szabályokat állapít meg az energiahatékonysági intézkedéseknek, a megújuló energiaforrásokat érintő intézkedéseknek, valamint az ilyen intézkedések csomagjainak és variánsainak a primerenergia-hatékonyság és az intézkedések végrehajtásával összefüggő költségek alapján történő összehasonlítására. Meghatározza továbbá e szabályok kiválasztott referenciaépületekre történő alkalmazásának módját az energiahatékonyságra vonatkozó minimumkövetelmények költségoptimalizált szintjeinek beazonosítása céljából. A rendelet néhány releváns előírása:

– A makrogazdasági szintű számításoknál az alkalmazandó illetekeket és adókat figyelmen kívül kell hagyni.

– Úgynevezett referenciaépületeket kell meghatározniuk a tagállamoknak a következő épületkategóriákra vonatkozóan:

1. családi házak;
2. többlakásos épületek és társasházak;
3. irodák.

Az irodákon kívül a tagállamoknak egyéb, a 2010/31/EU irányelv I. melléklete (5) bekezdésének d–i) pontjaiban felsorolt, speciális energiahatékonysági követelményekkel rendelkező, nem lakáscélú épületkategóriákra vonatkozóan is referenciaépületeket kell meghatározniuk.

– Az EU-28 tagállamainak az alábbiakat kell használniuk:

- a) az energiahatékonyság kiszámítására vonatkozó meglévő, releváns CEN-szabványokat;
- b) vagy egy azokkal egyenértékű nemzeti számítási módszert, feltéve hogy az utóbbi megfelel a 2010/31/EU irányelv 2. cikke (4) bekezdésének és I. mellékletének. Az energiahatékonysági eredményeket – a költségoptimum-számítás céljából – a referenciaépületek hasznos alapterületének négyzetmétereiben kell kifejezni, és azoknak a primerenergia-szükségletre kell vonatkozniuk.

Költségkategóriák és meghatározásuk

a) Kezdeti beruházási költségek.

b) Fenntartási költségek. Idetartoznak az épületelemek időszakos cseréjének költségei, és adott esetben az előállított energiából származó bevételek, melyeket a tagállamok figyelembe vehetnek a pénzügyi számítás során.

c) Az energiaköltségeknek az általános energiaköltségeket, köztük az energiaárat, a kapacitási díjakat és a hálózati díjakat kell tükrözniük.

d) *Ártalmatlanítási költségek*, amennyiben szükséges.

A makrogazdasági szempontú számításhoz a tagállamok bevezetik a következő költségkategóriát:

e) *Üvegházhatásúgáz-kibocsátások költségei*. Ezeknek tükrözniük kell a tonna szén-dioxid-egyenértékben kifejezett üvegházhatásúgáz-kibocsátásokból származó CO₂ számszerűsített, pénzben kifejezett és diszkontált működtetési költségeit a számítási időszakra nézve.

A költségszámítás alapelvei

Az a) és d) költségkategóriára vonatkozó költségadatoknak piacialapúaknak, továbbá hely és idő vonatkozásában koherenseknek kell lenniük. A költségeket – infláció nélkül – valós költségekként kell kifejezni. A maradványértéket egy adott épületem kezdeti beruházási vagy cserekölségének a számítási időszak végéig történő, a számítási időszak kezdetére diszkontált lineáris értékcsökkenésével kell meghatározni. A tagállamoknak a lakó- és középületek esetében 30 éves, a kereskedelmi, nem lakáscélú épületek esetében 20 éves számítási időszakot kell alkalmazniuk.

A globális költségek kiszámítása a pénzügyi számítás során:

Az intézkedés/csomag/variáns globális költségének a pénzügyi szempontú számítás keretében végzett meghatározása során figyelembe veendő releváns árak a fogyasztó által fizetett árak, beleszámítva az alkalmazandó adókat az általános forgalmi adóval és az illetékekkel együtt.

A hazai épületenergetika jogi szabályozása

Hazánkban az épületek energetikai jellemzői tanúsítási kérdéseinek jogszabályi hátterét a 261/2015. (IX. 14.) Korm. rendelettel módosított, az épületek energetikai jellemzőinek tanúsításáról szóló 176/2008. (VI. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: ÉpEnJT rend.) egységes szerkezetbe foglalt szövege tartalmazza, melynek jogszabályi alapját az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény 62. §-a (1) bekezdésének k) pontjában kapott felhatalmazás alapján, a Magyar Köztársaság Alkotmányáról szóló 1949. évi XX. törvény 35. §-a (1) bekezdésének b) pontja adja. Továbbá a regionális fejlesztésért és felzárkóztatásért felelős tárca nélküli miniszter 7/2006. (V. 24.) TNM rendelete az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról c. jogszabály (a továbbiakban: TNM rend.) tartalmazza mindazokat a számítási algoritmusokat és követelményértékeket, amelyeket az energiatanúsítást végzőknek figyelembe kell venniük. Ezek a számítások releváns adatokat tartalmaznak – többek között – az LCC-vizsgálatok elvégzéséhez is.

Az épületenergetikai besorolások és változásuk

Az épületek energetikai jellemzőinek tanúsítása a következő épületekre vonatkozik:

- új épület építésére;
- meglévő épület vagy önálló rendeltetési egység ellenérték fejében történő tulajdonát ruházására, vagy bérbeadására;

– 250 m² vagy ennél nagyobb hasznos alapterületű hatósági rendeltetésű, állami tulajdonú közhasználatú épületre.

A vizsgált épület, illetve önálló rendeltetési egység összesített energetikai jellemzője és a viszonyítási alap arányának százalékban kifejezett értéke alapján az önálló rendeltetési egység minőségi osztályának betűjelét és szöveges jellemzését az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Épületenergetikai besorolások (%-ok, szöveges értékeléssel)

Sor-szám	A	B	C
1.	Besorolás	Az 1. pont szerinti százalékos viszony	Minőségi osztályának szöveges jellemzése
2.	AA++	<40	Minimális energiaigényű
3.	AA+	40-60	Kiemelkedően nagy energiahatékonyságú
4.	AA	61-80	Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelménynél jobb
5.	BB	81-100	Közel nulla energiaigényre vonatkozó követelményeknek megfelelő
6.	CC	101-130	Korszerű
7.	DD	131-160	Korszerűt megközelítő
8.	EE	161-200	Átlagosnál jobb
9.	FF	201-250	Átlagos
10.	GG	251-310	Átlagost megközelítő
11.	HH	311-400	Gyenge
12.	II	401-500	Rossz
13.	JJ	>500	Kiemelkedően rossz

Forrás: ÉpEnJT rendelet.

A határoló- és nyílászáró szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelmények:

- A) „Normál” követelményszint
- B) Költségoptimalizált követelményszint
- C) A közel nulla energiaigényű épületek követelményszintje

A közel nulla energiaigényű épületeknek meg kell felelniük a B) követelményértékeknek. Meglévő épület önkéntes közel nulla energiaigényűvé minősítéséhez szükséges átalakítása során csak a felújítással érintett szerkezetre vonatkozik a követelmény (2. táblázat).

Az épületek nyári túlmelegedésének kockázatára és az épületgépészeti rendszerre vonatkozó további előírásokat a hivatkozott TNM rend. tartalmazza.

EGY LCC-VIZSGÁLATRA KIVÁLASZTOTT ÉPÜLET

Az általam kiválasztott (8+9 lakásos) két lépcsőházas, hagyományos technológiával – 1962–1964 között – épült, magas tetős, pince + földszint + kétemeletes épület (Nagy-

2. táblázat: A fajlagos hővesztés-tényező és az összesített energetikai jellemzők követelményértékei az A/V^* függvényében

Követelmény-szint megnevezése	A/V	Hővesztés-tényező q_m [W/m ³ K]	Összesített energetikai jellemző E_p [KWh/m ² a]		
			Lakó- és szállásjellegű épületek**	Irodaépületek (egyszerűbb középületek)***	Oktatási épületek****
„Normál”	$\leq 0,3$	0,2	110	132	90
	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$0,38 (A/V) + 0,086$	$120 (A/V) + 74$	$128 (A/V) + 93,6$	$164 (A/V) + 40,8$
	$\geq 1,3$	0,58	230	260	254
Költségoptimalizált	$\leq 0,3$	0,16	110	132	90
	$0,3 \leq A/V \leq 1,3$	$0,079 + 0,27 (A/V)$	$30 (A/V) + 101$	$28 (A/V) + 123,6$	$60 (A/V) + 72$
	$\geq 1,3$	0,43	140	160	150
Közel nulla energiaigény (Alkalmazás 2016.01.01-től)	$\leq 0,3$	0,12	100	90****	85*****
	$0,3 \leq A/V \leq 1,0$	$0,05143 + 0,2296 (A/V)$			
	$\geq 1,0$	0,28			

Megjegyzés:

* $A = a$ fűtött épülettérfogatot határoló szerkezetek összfelülete (m²)

$V =$ fűtött épülettérfogat (fűtött légtérfogat) (m³)

** Világítási energiaigény nélkül

*** Világítási energiaigénnyel együtt

**** Iroda és legfeljebb 1000 m² hasznos alapterületű helyiséget magukban foglaló kereskedelmi épületek. (A TNM rendelet 1. melléklet V. részében meghatározottak szerint az épület hűtött helyiségeinek a hűtéssel ellátott hasznos alapterület hányadában további 10 kWh/m²a-vel való megnövelése megengedett.)

***** Oktatási épületek és előadótermet, kiállítótermet jellemzően magukban foglaló épületek

Forrás: TNM rendelet.

kőrös, Kecskeméti út 3/A,B) a mintegy 24 ezer lakosú város⁶ központjában helyezkedik el. A lakások jelenlegi fűtése gázkonvektoros, a használati meleg víz (HMV) ellátása gáz-víz melegítőkészülékekkel megoldott, és gáztűzhely van a konyhában.

Energia- és környezettudatos felújítási alternatívák

A Reduce – Conserve – Recycling (csökkentés – megőrzés – visszaforgatás – R.C.R.)⁷ jegyében, az eddigi építészeti, épületgépészeti témakörökbe tartozó tennivalók tekintetében a javasolt felújítások:

– A lakás-, épületterhelés csökkentésében (R) (víz, energia, szilárd hulladék, háztartási, kommunális hulladék, a vízhasználattal összefüggő szennyvízkezelés) látom

a legfőbb prioritásokat. E tekintetben nem kevesebb a feladat, hogy minden ember mint fogyasztó mérsékelje pazarló életmódját. Ez olyan fogyasztói magatartást és életmódváltozást követel meg az emberektől, amely egyrészt központi kormányzati, másrészt a települési önkormányzatok tevéleges közreműködésével és nem utolsósorban a helyi közösségekben élő emberek „példamutató”, takarékos életvitelével, mintegy pozitív externáliaként válhatna mindenki számára evidens viselkedési kultúrává.

Ez részben jogszabályokkal, helyi rendeletekkel, ellenőrzésekkel és a helyes életmóddal, életvitellel kapcsolatos média (tévé, rádió, írott és elektronikus sajtó, marketingtevékenység, oktatás stb.) segítő közreműködése révén tudatosítható az emberekben.

– Az épület még sokáig, több évtizeden keresztül fenntartható, megőrizhető (C) egy építészeti kultúra ránk hagyott öröksége, ami jó karbantartással, a jó gazda gondosságával a következő nemzedékek számára is jelenthet kulturált, 21. századi lakhatási körülményeket. Ebben rendkívül fontos szerepet töltenek be a lakás-, épületfenntartással foglalkozó társasházi és lakásszövetkezeti közösségek, FM-szervezetek, önkormányzatok és nem utolsósorban az állam.

– Az épület/lakás használatához köthető visszaforgatás (R) (eső- és szűrkevizek használata, komposztálás stb.) kérdései az épületek lakóközösségi döntéseinél megrekednek. Az emberek idegenkedve fogadják a jobbító szándékú ötleteket, és a közgyűlési szavazásokon sorra véreznek el a megvalósítást szorgalmazó, kivitelezhető ötletek.

Az R.C.R. szerinti javasolt – és más hasonló paraméterekkel rendelkező épületeknél is alkalmazható/adaptálható – felújításokat a 3. táblázat tartalmazza.

AZ LCC MÓDSZERTANA ÉS ALKALMAZÁSA

Az LCC jelentősége

Az életciklus-költségelemzés mára már olyan szükségyszerűség, amit minden új építésnél és felújításra váró épületnél el kell végezni. Ugyanis az ökológia mellett már alapvető fontosságú a gazdaságosság is, hiszen készülhetnek szuper építészeti, technológiai korszerűsítő megoldások és ezeken alapuló projektek, de a pontot az i-re a bekerülési költség (változatok) és azok finanszírozhatósága fogja eldönteni.

Az LCC számításának alapjai

Az 1. ábra tartalmazza mindazokat az egyszeri beruházási (felújítási) és éves fenntartási, üzemeltetési, valamint az épület vizsgált időtartama (30 év) alatt felmerülő modernizálási, karbantartási és esetleges cserekötségeket is, melyeket a beruházás kezdeti évére (0. év) diszkontálva megkapjuk az összes felmerülő költség nettó jelenértékét. Nyilván több olyan beruházási, illetve épületfelújítási alternatíva is szóba jöhet, melyek közül kiválasztható az az optimális változat, amely egyrészt eleget tesz a TNM rendelet előírásainak (pl. normál és/vagy optimalizált állapot), másrészt a felmerülő költségek, főképpen a kezdeti beruházási (felújítási) költség, majd a használat során szükségessé váló pl. cserekötségek is finanszírozhatók. A kívánatos optimumtól elvárható, hogy a

3. táblázat: Épületfelújítási alternatívák

Felújítási változatok	Gépészeti megoldások				Építészeti (passzív) megoldások
	Primer fűtési rendszer	Szekunder fűtési rendszer	HMV ellátás módja	Tetőn lévő szerkezetek	
I.	Kondenzációs gázkazán	Radiátor (65/45°C)	Kondenzációs gázkazán	Napelem (alvázotat: + napkollektor)	Hőszigetelés vakolva (15 és 20 cm-es)
II.	Geotermikus hőszivattyú	Radiátor (65/45°C)	Geotermikus + napkollektoros+ napelemes (elektromos fűtőbetétes HMV)	Napelem és napkollektor	EPS és kőzetgyapot változatban), továbbá 5 és 7 légkamrás műanyag nyílászárók

Forrás: Saját készítés.

vizsgált életciklus (30 év) alatt legalább megtérüljön, sőt, hamarabb térüljön meg az analízis időtartamánál. Ez praktikusán annyit jelent, hogy a korábbi üzemeltetési, karbantartási stb. költségek helyett csupán annak egy töredéke merüljön fel a használat során, és az így keletkezett megtakarítás mint kvázi haszon lesz a hozadéka az épület felújítási projektjének olyan mértékben, amelynek a 0. évre diszkontált jelenértéke (Present Value – PV) nagyobb lesz, mint az összes költség hasonló módon számított PV-je. Általánosan kijelenthető, hogy minden megtérülési lehetőséggel kecsegtető befektetés beruházásnak minősül.

A beruházások gazdaságossági vizsgálata során három fő terület meghatározása szükséges a jelen dolgozat tárgyát képező épület felújítása során:

- az épület beruházási (felújítási) költségei, illetve költségalternatívái,
- az üzemeltetési, működtetési költségmegtakarítások mint kvázi hasznok vagy árbevételek és
- működési, működtetési, korszerűsítési, csereköltségek stb.

A második és harmadik „tételnél” a végső eredmény szempontjából indifferens, hogy kvázi haszonként vagy külön pozitív (+) adatként vesszük figyelembe az éves felújítást megelőző épületüzemeltetési, és külön negatív (–) adatként az éves felújítás utáni hasonló költségeket.

Kvázi éves haszon = felújítást megelőző éves épületüzemeltetési költség (amit már nem kell elkölteni) – felújítás utáni éves épületüzemeltetési költség (amit rá kell fordítani az épület üzemeltetésére). Ez például meghatározható azzal a feltételezéssel, hogy a felújítás utáni épületüzemeltetési költség x %-a a korábbinak, és a vizsgált épület életciklusában – becsléssel – végig ezzel a %-os „haszonnal” számolunk. Ettől függetlenül az egyes változatok közül a felújítás költségoptimalizációjával is nyilvánvalóvá válik, hogy az elvileg „nyerő” megoldás az lesz, amelyik a szóba jöhető alternatívák közül a legolcsóbb, és egyúttal finanszírozható is.

Azt, hogy miképpen lehet különböző felújításiprojekt-alternatívákat gazdaságossági szempontból összehasonlítani, a következő összefoglaló tartalmazza:

- jelenérték alapján (tipikusan a beruházó szemével);
- rendszeres egyenletes pénzáramlat alapján (tipikusan az üzemeltető szemével);
- megtérülési ráta/hozadékmutatók alapján (tipikusan a befektető szemével);
- megtérülési idők becslése alapján (tipikusan a befektető/fejlesztő szemével);
- költség-haszon mutatók alapján (tipikusan a befektető/fejlesztő szemével);
- valamely közös jellemző függvényében (tipikusan a tervező/elemző szemével);
- érzékenységvizsgálatok alapján (tipikusan elemző szakemberek, tanácsadók szemével).⁸

A nettó jelenérték (Net Present Value – NPV) összefüggése:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \dot{A}_k * \frac{1}{(1+i)^k} - \sum_{k=1}^n M_k * \frac{1}{(1+i)^k} - \sum_{k=1}^n B_k * \frac{1}{(1+i)^k} \quad (1)$$

ahol:

\dot{A}_k = az adott időszakban esedékes összes árbevétel (Ft/év)

M_k = az adott időszakban esedékes összes működési költség (Ft/év)

B_k = az adott időszakban esedékes összes beruházási költség (Ft/év)

k = az adott időszak száma ($k=1, 2, \dots, n$)

n = az időszakok száma (futamidő, ill. a vizsgált élettartam) (év)

i = kalkulatív ráta ($i=kl(\%)/100$), ahol $kl(\%)$: a kalkulatív kamatláb (%)⁹

Amennyiben az NPV-mutató értéke negatív, a beruházás veszteséges, mivel az árbevételek nem fedezik a költségeket. Nulla nettó jövedelem jelenérték azt jelenti, hogy a beruházás kifizetett minden felmerülő költséget, de jövedelmet (hasznot, nyereséget) nem termel. Erre az időpontra térül meg a befektetett tőke. Pozitív NPV esetén a beruházás úgy térül meg, hogy még pluszhasznot (jövedelmet) is biztosít a felújított épület lakóközössége vagy üzemeltetője számára.

Megtérülési idő

A (2) összefüggésből származtatott érték. Megmutatja, hogy a befektetett tőke a vállalkozás működésének hányadik évében fizetődik vissza vagy térül meg.

Belső kamatláb

IRR (Internal Rate of Return) belső kamatláb megmutatja, hogy mekkora az a kalkulatív kamatláb, amely mellett a beruházás egyszeri és a működés folyamatos költségei a bevételekből éppen egyszer térülnek meg az élettartam alatt. Ez a fedezeti pont, ekkor még nem képződött nyereség. Ilyen értelemben a belső kamatláb a beruházás „belső” jövedelmezőségét mutatja. A befektetés annál jövedelmezőbb, minél magasabb a belső kamatláb. A beruházást akkor érdemes megvalósítani, ha annak belső kamatlába meghaladja a számításokban alkalmazott kalkulatív kamatláb nagyságát. A beruházás költsönből történő megvalósítása esetén, a belső kamatláb meg kell hogy haladjon a

kölcsön után fizetendő kamatláb mértékét. Ilyen értelemben a belső kamatláb a beruházás hitelképességét mutatja. Számítása meglehetősen bonyolult, számítógépes iterációval végezhető el. Képlete:

$$\sum_{k=1}^n \dot{A}_k * \frac{1}{(1+i)^k} = \sum_{k=1}^n M_k * \frac{1}{(1+i)^k} + \sum_{k=1}^n B_k * \frac{1}{(1+i)^k} \quad (2)$$

A számítógépes iterációt (Excelben) addig kell végezni, amíg az egyenlőség két oldala egy meghatározott (pl. hat tizedesjegy) pontossági követelmény mellett megegyezik egymással, azaz keressük azt az „i” értéket, ahol NPV = 0.

A beruházás-gazdaságossági kalkulációk során felmerül néhány más tényező értelmezése is:

- az infláció és prognosztizáció kapcsolata,
- az amortizáció kérdése és a
- kalkulatív kamatláb nagysága.

Az infláció értelmezése a tervezés során

A gazdaságosság mértékét nem befolyásolja az a tény, ha az infláció következtében a ráfordítások és hozamok árai azonos arányban változnak. A gazdaságossági számításokban az infláció ilyen szempontból figyelmen kívül hagyható.

Az amortizációs költségek

A működési költség tervezése során az a módszer a helyes, amely az amortizációs költségeket nem sorolja a beruházás tényleges működési költségei közé, így a gazdaságossági számításokban nem terheli a beruházásiterv-változatot egy olyan költség, amely valójában nem kerül elvonásra a beruházótól.

A kalkulatív kamatláb

Az idő pénzértékét fejezi ki. A kalkulatív kamatláb nagyságát a legjobb beruházási, befektetési lehetőség egységnyi lekötött eszközértékére számított jövedelemszintje alapján kell meghatározni. Ez a maximális jövedelmezőségre törekvő módszer a terváltozatok egy részét túlzottan leértékelheti, gazdaságtalannak mutathatja. A szigorú értékelésnek azonban nagyobb biztonságú tervezés az eredménye. Ezt az elvet „írja felül” az energiaárakra vonatkozó érzékenységi elemzésnél alkalmazandó előírás (2010/31/EU irányelv 5. cikkének, valamint I. és III. mellékletének megfelelően az EU Bizottság 244/2012/EU felhatalmazáson alapuló rendelete), mely szerint a két diszkontráta értéke: 3% és 4%.

Az épület energetikai felújítási alternatíváinak változatai és energetikai besorolásuk

A kiválasztott épület 2015. évi energetikai vizsgálatánál egy korábban elkészített és célszerűen módosított „komplex” terv határozta meg azokat az „alap”-változatokat (1 + 2x22 db = 45 db), amelyeket költségdialról is analizáltam. Ezek a változatok a következők:

1.0. Az épület felújítás előtti állapota, besorolása: „G” (átlagot megközelítő).

2.1. Az épület passzív hőszigetelése kétféle anyagból (kőzetgyapottól és expandált polisztirolhabból, EPS), kétféle vastagságban (15 és 20 cm), besorolása: „C” (követelménynek megfelelő). (4 változat.)

2.2. = 2.1. + külső nyílászárók cseréje kétféle változatban (egyik 5 légkamrás, a másik 7 légkamrás) műanyag tokozással (de mindkét esetben a jelenlegi energetikai követelményeknek megfelelő), besorolása: „B” (követelménynél jobb). (8 változat.)

2.3. = 2.2. + központi kondenzációs kazánok az épület fűtésére és HMV-ellátására, minden lakásban a meglévő részben kéményes, részben parapetes gázkonvektorok, vízmelegítők, falifűtők helyett egységesen új hőleadók szerelése, szerelvényezése a HMV-ellátás vezetékezésével együtt, besorolása: „A” energiatakarékos. (8 változat.)

2.4. = 2.3. + a magas tetőn elhelyezett 108 db napelem az épület részbeni vagy csúcsidőn kívüli teljes elektromosenergia-pótlására központi „ad-vesz” mérővel és lakásonkénti almérőkkel, besorolása: „A” energiatakarékos. (8 változat.)

2.5. = 2.4. + a magas tetőn elhelyezett 6 db napkollektor a HMV-előállítás „segítésére”, besorolása: „A+” fokozottan energiatakarékos. (8 változat.)

2.6. = 2.2. + talajszondás hőszivattyúk elhelyezése a központi (hő)energia-termelés elősegítésére, besorolása: „A+” fokozottan energiatakarékos. (8 változat.)

Minden számítást (WinWatt energetikai számítógépes programmal) költségoptimalizált követelményszint szerint végeztem, és külön alternatívaként szerepeltettem a kizárólag hőszivattyús fűtési és HMV-energiaellátást a gázenergia teljes elhagyásával.

Az LCC eredményei az egyes felújítási verziók függvényében

– A számításokat a (2), (3) összefüggések alapján végeztem. Az NPV-értékek meghatározásánál négy lehetőséget vizsgáltam, mindegyik esetben $k = 30$ éves hasznos élettartammal. Az alapadatokat az alábbiak szerint határoztam meg:

- kalkulációs kamatláb (1): $i_{(1)} = 0,03$ (3%/100);
- kalkulációs kamatláb (2): $i_{(2)} = 0,04$ (4%/100) az érzékenyítéshez;
- $i_{\text{Ak/Mk}} = 0,02$ (2%/100) az energia- (\dot{A}_k)- és karbantartási, fenntartási költségek (M_k) éves állandó, megközelítőleg azonos áremelkedését figyelembe vevő ráta;
- $i_{\text{Ak/Mk}} = 0,00$ (0%/100).

Főbb megállapítások

– NPV₍₁₎ ≥ 0 értékeinél megvalósítható felújítások:

2.1.1. –2.3.2./EPS-re; 2.3.3./EPS-re; 2.4.1. –2.4.2./EPS-re; 2.4.3./EPS-re; 2.5.1. –2.5.4./EPS-re.

Tehát az 1.0. eset (felújítás előtti állapot) utáni összes felújítási alternatíva közül (44 db) 27 valósul(hat)na meg elvileg, ami cca. 61,4%-os megvalósulási arányt jelent. Ebből a legjobb – környezettudatos hőszigetelést is magában foglaló – verzió a 2.5.3. „Az épület passzív hőszigetelése 20 cm kőzetgyapot + külső nyílászárók cseréje 5 lég-

kamrás + központi kazánház + 108 (8) napelem + 6 napkollektor”, amelynek a megtérülési ideje $\approx 28,80$ év.

Megjegyzés: A gépészetnél nem terveztem csere költséget, mert a használati időtartam a kezdeti összegű beruházást követő – például lízingelt – tárgyszerű cserével > 30 év lehet.

– $NPV_{(2)} \geq 0$ értékeinél megtérülő felújítások (érzékenyítés $i_{(2)} = 0,04$): 2.1.1. –2.2.4., ami 12 felújítási lehetőségnek felel meg ($\approx 27,3\%$ -os megvalósulási arány). Ebből a 2.2.4. „Az épület passzív hőszigetelése 20 cm közetgyapot, külső nyílászárók cseréje 7 légkamrás” passzív felújítási változat jöhet számításba, mert ez tartalmazza a gépészet nélküli, környezettudatos „megoldás” elfogadható szintjét. Ennek a megtérülési ideje $\approx 29,15$ év.

– $NPV_{(3)} \geq 0$ értékeinél a szóba jöhető felújítások: 2.1.1. –2.2.1./EPS-re és 2.2.3./EPS-re. Ez 6 passzív felújítási lehetőséget jelent, ami az összes verzió $\approx 13,6\%$ -a. A legjobb környezettudatos megoldás ezek közül a 2.2.3. „Az épület passzív hőszigetelése 20 cm EPS, külső nyílászárók cseréje 5 légkamrás”. Ennek a felújításnak a megtérülési ideje $\approx 28,99$ év.

– $NPV_{(4)} \geq 0$ értékeinél a megtérülő felújítások (érzékenyítés $i_{(2)} = 0,04$): 2.1.1. –2.1.2., ami mindössze 4 felújítási változatot jelent ($\approx 9,1\%$ -os arány) Ebből – értelem szerűen – a „legjobb” megoldás a 2.1.2. „Az épület passzív hőszigetelése 20 cm közetgyapot”, melynek megtérülési ideje $\approx 21,24$ év.

A további vizsgálatokba az $NPV_{(2)}$ felújítási verzióit, illetve azok költségelemzését vontam be, mert – véleményem szerint – ez áll legközelebb a valós épületéletciklus-felújítások mindennapi gyakorlatához és üzemeltetési tapasztalataihoz.¹⁰

A FELÚJÍTÁSI KÖLTSÉG FINANSZÍROZÁSA, FINANSZÍROZHATÓSÁGA

Nagyon fontos költségoptimum-vizsgálatokat végezni, de emellett a másik legalább annyira fontos kérdés, hogy miképpen lehet egy projektet megvalósítani úgy, hogy az likviditási problémák nélkül finanszírozható legyen. A kiindulási helyzet – általában – az, hogy vagy egy adott költségkeretből a lehető legjobb projektváltozatot kell megvalósítani, vagy olyan költségoptimális megoldást kell keresni, amely a lehető legjobb projektváltozatot eredményezi. Akárhogyan is értelmezzük ezt a jogosan elvárható igényt, minden esetben meg kell tudni határozni azt is, hogy az előre meghatározott költségkeretre megvan-e vagy lesz-e a fedezet, vagy a költségoptimalizálás eredményeképpen adódott projekt bekerülési költségének milyen finanszírozási lehetőségek állnak rendelkezésre. Az LCC-elemzésre kiválasztott épületnél megvizsgáltam néhány finanszírozási esetet.

Egy feltételezett hiteltörlesztésnél azt vizsgáltam, hogy a kezdeti 0. évi felújítási költség, valamint a kezdeti üzemeltetési, karbantartási költség, mint kvázihitel, milyen éves, havi törlesztőrészletet eredményezne különböző futamidők (10, 15, 20 év) esetén csak önerőből (saját forrás) és pl. 50%-os állami – vissza nem térítendő – (megpályázható) támogatás mellett.

Ezeket az adatokat vettem össze az éves (havi), kezdeti energiaköltség-megtakarításokkal, melyek a törlesztés fedezetéül szolgálnak.

A 10 és 15 éves futamidők esetén egyáltalán nem lehetne a törlesztőrészeket fizetni saját forrásból, még a legkisebb költségű felújításoknál sem, mint pl. az épület-homlokzat hőszigetelése.

A 20 éves futamidőnél már fedeznék az éves (havi) törlesztőrészeket az energia-költség-megtakarítások a 2.1.1.–2.1.2./EPS esetén, melyből a környezettudatos 2.1.1./kőzetgyapot hőszigetelés jöhetne számításba 15 cm-es vastagságban. Megjegyezni kívánom, hogy egy tanulmány¹¹ részletesen foglalkozik egy lakóépület hőszigetelésének költségoptimális meghatározásával. Ez iránymutató lehet pl. olyan épületre is, mint az általam választott 17 lakásos szövetkezeti épület. Ekkor az anyagi lehetőségek mindössze homlokzati hőszigetelést tesznek lehetővé, mivel az érintett lakástulajdonosok csak saját forrásra támaszkodhatnak.

A 20 éves futamidejű, pl. 50%-os állami támogatású projekt esetében a következő felújítási verziók finanszírozhatók az energiaköltség-megtakarításokból:

2.1.1.–2.3.1./kőzetgyapot; 2.3.3./EPS; 2.4.1./EPS és kőzetgyapot; 2.4.3./EPS; és 2.5.1.–2.5.4./EPS. Ez 25-féle felújítási verzió megvalósulását jelentené, ami az összes lehetséges verzió (44 db) \approx 56,8%-a.

KONKLÚZIÓK

Az általam kiválasztott, és korábban „komplex” terv keretében különböző energiatakarékos és környezettudatos megoldásokat tartalmazó projekt LCC-vizsgálata során az NPV-változatok és a megtérülési „n” időtartam-variációk egyre inkább afelé tolták el az LCC eredményeit, hogy inkább az épület passzív hőszigetelését és nyílászárócseréjét érdemes megvalósítani. Ezek közül szóba jöhet még akár a 20 cm-es kőzetgyapot hőszigetelés a 7 légkamrás nyílászárók cseréje, ami „elbír” még egy központi fűtés és HMV előállítására szolgáló kondenzációs kazántelepítést is a kiegészítő gépészettel együtt, amennyiben újra pályázható lesz például a többlakásos lakóépületek 50%-os állami támogatású projektje. Ez nagymértékben hozzájárulhat az ilyen és ehhez hasonló épületek további környezettudatos felújításához is.

Mindezeken túlmenően az is szükséges, hogy az épületek lakóközössége előtakarékoskodjon, pl. a lakás-takarékpénztárak által kínált cca. 4 éves futamidejű szerződések megkötésével vállalt havi állandó megtakarítással, melyhez az állam jelentős támogatást is nyújt. Annak feltételezésével, hogy lesz állami támogatás, így – maradva az eredeti komplex terv megvalósíthatónak tűnő elképzeléseinél – pl. a magas tetőre helyezett 108 db napelem termel annyi energiát, hogy az a gépészeti berendezések működtetésén, segédenergia biztosításán túlmenően domináns mértékben hozzájárulhat az épület közös helyiségei és lakásai elektromosenergia-költségeinek csökkentéséhez, ami jelentős tétel lehet egy-egy háztartás havi rezsidíjának kedvező alakulásában nemcsak a vizsgált épületnél, de a hasonló paraméterekkel rendelkező épületeknél is.

Miután az LCC-vizsgálatom nem korlátozódhatott csupán a költségoptimalizációs számításokra, ezért figyelembe kellett vennem azt is, hogy a felújítási alternatívák közül melyik bizonyul környezettudatosabbnak. Az NPV₍₂₎-nél ez a verzió 2.2.4. „Az

épület passzív hőszigetelése 20 cm kőzetgyapot, külső nyílászárók cseréje 7 légkamrás” változat mint legjobb megoldás adódott. Továbbá a feltételezett 50%-os állami támogatás lehetőségét sem kizárva, a megújuló energiaforrások miatt a 2.5.3. verzió „Az épület passzív hőszigetelése 20 cm kőzetgyapot + külső nyílászárók cseréje 5 légkamrás + központi kazánház + 108 napelem + 6 napkollektor” megvalósíthatóságát sem tartom elképzelhetetlennek. A további környezettudatos megoldások pedig elsősorban az R.C.R. (csökkentés, konzerválás/megőrzés, visszaforgatás) jegyében valósíthatók meg.

Az pedig, hogy mikor lesz evidencia a környezettudatosság, arra megoldást jelenthet, hogy már kicsi korukban erre kell nevelni és oktatni gyermekeinket, hogy természetessé és általánosan elfogadottá váljon ez az attitűd a jövő generációi számára.

JEGYZETEK

- ¹ Zsellér Orsolya Veronika: *Az életciklus költségelemzés (LCC) alkalmazása az innováció tervezésében*. PhD-értekezés, SZIE Regionális és Gazdaságtudományi Doktori Iskola, Győr, 2011.
- ² Nagy Balázs: *Utólagos falszigetelés expandált polisztirolhabbal*. Fenntartható építés. www.fenntarthato.hu
- ³ Vörösmarty Gyöngyi – Tátrai Tünde: *Beszerezés. Stratégia, folyamatok, információ*. Complex Kiadó Kft., Budapest, 2012.
- ⁴ *Operatív Terv. Az energiahatékony közbeszerzés helyzete, elősegítése Magyarországon*. Magyar Kereskedelmi és Iparkamara (PMKIK), Budapest, 2014. január; *A Magyar Kereskedelmi és Iparkamara 3. számú hírlevele a zöld közbeszerzésről – EFFECT projekt*. MKIK, Budapest, 2015; EFFECT projekt: www.effectproject.eu
- ⁵ 2010/31/EU irányelv; 244/2012/EU rendelet.
- ⁶ Csermák Károly: *„Komplex” tervezési feladat*. BME Épületszerkezettani Tanszék, Környezettudatos építés szak, 2015.
- ⁷ Lányi Erzsébet: *Ökologikus építőanyagok és épületszerkezetek. Definíciók, a hely és erőforrásai, a belső terek és szerkezeteik; Összefüggések* (14. dia), BME Épületszerkezettani Tanszék, Környezettudatos építés szak, 2015.
- ⁸ Kovács Árpád Endre: *Hogyan döntsek a beruházásokról? A beruházások gazdasági előkészítése, megítélése*. https://miau.gau.hu/szr/uzl_terv.html
- ⁹ Vattai Zoltán András: *Mérnök gazdasági számítások*. BME Építőmérnöki Kar, Építéskivitelezési Tanszék, 2000.
- ¹⁰ Csermák Károly: *Többalakos, hagyományos technológiával épített szövetkezeti ház energetikai és környezettudatos felújításának LCC-elemzése*. Szakdolgozat, BME Építészmérnöki Kar, 2016.
- ¹¹ Szalay Zsuzsa – Csík Árpád – Váraljai Eszter: *Energiahatékony épületfelújítás – mi lehet az optimális megoldás? A TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 projekt támogatásával a „Váraljai Eszter: Lakóépület energiahatékony felújításának optimalizálása*. MSc Diplomatervezés, nyilvántartási szám: MSc – A – 002 – 13/14/2 BME Építőmérnöki Kar Magasépítő és Rekonstrukció MSc szakirány, Budapest, 2014” felhasználásával.