

Szalay Zsuzsa (BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék)

Kiss Benedek (BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék)

Az épületekben felhasznált energiahordozók primerenergia-tényezője: mennyi az annyi? – 2. rész

Abstract

Energy use of buildings must be expressed in terms of primary energy for energy ratings and compliance with regulations according to the European Energy Performance of Buildings Directive. Primary energy factors per energy carrier may be based on national and regional yearly average values. In the national regulations, however, it is common to apply „desired” values in line with energy strategy and political preferences instead of calculated values reflecting physical flows. A clear guidance is still missing on the determination of primary energy factors, although these have a very significant influence on the energy assessment of a building. The first part of this paper gives a summary on the available definitions of primary energy and primary energy factors, their role in European directives, the interpretation in standards and the values applied in different Member States. The second part of the paper describes the Hungarian primary energy factors and compares them with the values calculated based on a life cycle approach. In addition, electricity primary energy factors are determined for peak and off-peak electricity based on the production of power plants in 2017. The conclusion is that there is a significant difference between the regulated and the „real” life cycle based values.

Bevezetés

A hazai épületenergetikai rendelet szerint az épületek összes energiafogyasztását, azaz az épület épületgépészeti és világítási rendszereinek energiafogyasztását *primer energiában* kell kifejezni. Így kapjuk az ún. összesített energetikai jellemzőt, melyre az egyik követelményszint épül, és ez képezi az energetikai tanúsítás szerinti osztályba sorolás alapját is. A primer energiaigény számításakor a különböző forrásból származó végenergiát egy-egy váltószámmal szorozzuk meg, így az energiaigények összeadhatóvá válnak. Ez azért fontos, mert energiahordozóink nem egyformán „értékesek”, az előállításukhoz nem ugyanannyi természetből vett energia szükséges.

A primer energia váltószámok megfelelő megválasztása nagyon fontos kérdés. A váltószámok meghatározása azonban sokkal komplexebb feladat, mint amilyennek elsőre tűnik. Még akkor is ha kizárólag fizikai tényekre alapozzuk a számítást, sok módszertani kérdésben kell választanunk, melyek eltérő eredményekhez vezetnek. Cikkünk 1. részében bemutattuk a primer energia váltószámok

meghatározásának módszereit, a szabványokban és más EU országokban alkalmazott értékeket. Cikkünk 2. része a hazai épületenergetikai rendelet számait veti össze a „valódi”, életciklus alapon meghatározott értékekkel.

Primerenergia-tényezők Magyarországon

7/2006 TNM rendelet

A 7/2006 TNM rendelet szerint az épület összes fogyasztását primer energiaigényben kell kifejezni, majd összesíteni [1].

Az 1. táblázat értékeit nem a számítási módszertan alkotói határozták meg, hanem egy minisztériumi háttérintézmény. Az értékek a közelmúlt adatain alapuló előrejelzésnek tekinthetők [2]. A segédlet kiemeli, hogy nem arányokról van szó. Ez különösen a távfűtés esetén fontos, hiszen a távfűtés díja nem feltétlenül változik arányosan az előállításához használt energiahordozókkal. Az elektromos áram primer energiátartalmát az ún. áram-mix alapján határozták meg, amely figyelembe veszi, hogy az országos fogyasztást milyen erőművek fedezik.

A rendeletben közölt számok fizikai adatokon alapulnak, de energiapolitikai és stratégiai megfontolásokon alapuló torzítások is vannak bennük. Például a csúcson kívüli “éjszakai áram” átalakítási tényezője a csúcsterhelés mérséklése, a tárolós üzemű készülékek előnyben részesítése miatt alacsonyabb értéket kapott (az ártarifa ebben az esetben hasonló arányt mutat). A megújuló energiaforrások használatára való ösztönzés érdekében a tűzifa és az egyéb megújuló energiák váltószáma 0,6 illetve 0.

1. táblázat: Primer energia átalakítási tényezők a 7/2006 TNM rendeletben [1]

Energia	e	
elektromos áram	2,50	
csúcson kívüli elektromos áram	1,80	
földgáz	1,00	
tüzelőolaj	1,00	
szén	1,00	
megújuló: tűzifa, biomassa, biomasszából közvetve vagy közvetlenül előállított energia, a biogázok energiája, fapellet, agripellet	0,60	
megújuló: nap-, szél-, hullám energia, vízenergia, a geotermikus, hidrotermikus, légtermikus energia	0,00	
Távfűtés esetén, energiaforrás*	kapcsolt hőtermelés mértéke*	e

földgáz-, szén-, olajtüzelés, nukleáris,	min. 50%	0,83
egyéb nem megújuló, nem biomassza hulladéktüzelés	nincs	1,26
biomassza, fapellet, agripellet, biogáz, egyéb megújuló,	min. 50%	0,50
depóniagáz, szennyvíziszapból nyert gáz	nincs	0,76
* A távfűtés típusáról a távfűtés szolgáltatójának kell nyilatkoznia, amennyiben ilyen dokumentum nem áll rendelkezésre $e=1,26$.		

Látható, hogy a magyar rendeletben a földgáz, tüzelőolaj és szén primerenergia-tényezője 1,0. Ez az IEA/ Eurostat fizikai energiataralom módszere szerint csak magának az energiahordozónak az energiataralmát írja le és nem tartalmazza a kitermelés és szállítás során keletkező veszteségeket.

Az újonnan bevezetett közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó követelmények egy új elemet is tartalmaznak, a „megújuló energia részarányát”. Ennek értelmében „Az épület energiaigényét az összesített energetikai jellemző méretezett értékéhez viszonyítva legalább 25%-os mennyiségben olyan megújuló energiaforrásból kell biztosítani, amely az épületben keletkezik, az ingatlanról származik vagy a közelben előállított.”

A megújuló energia mennyisége az összesített energetikai jellemző kiszámításával analóg módon történik, de ebben az esetben a megújuló primerenergia-tényezőket kell alkalmazni a 2. táblázat szerint. A biomassza alapú és az egyéb megújuló energiaforrások (víz, szél, nap, környezeti hő) megújuló primerenergia-tényezője 1, míg az elektromos áram tényezője 0,1.

2. táblázat: Megújuló primer energia átalakítási tényezők a megújuló részarány számításához a 7/2006 TNM rendeletben [1]

Energia	e_{sus}
az országos hálózatról vett elektromos áram	0,1
megújuló: tűzifa, biomassza, biomasszából közvetve vagy közvetlenül előállított energia, a biogázok energiája, fapellet, agripellet	1,0
megújuló: nap-, szél-, vízenergia, geotermális, geotermikus, hidrotermikus, légtermikus energia	1,0

A rendelet definíciója szerint a primerenergia „az a megújuló és nem megújuló energiaforrásból származó energia, amely nem esett át semminemű átalakításon vagy feldolgozási eljáráson”. Azaz a magyar rendelet nem megújuló és a megújuló energiaforrásokról is beszél. A rendeletben megadott 1. táblázat szerint a megújuló energiaforrások primer energia átalakítási tényezője 0, ami arra utal, hogy ez a tényező nem tartalmazza a megújuló energiaforrásokat. Szabatosabb lenne tehát az 1. táblázatban közölt értékeket „nem megújuló primer energia átalakítási tényező”-nek nevezni, melyet kiegészítenek a

2. táblázatban közölt megújuló primer energia átalakítási tényezők. A két tényező összegét nevezhetnénk a teljes primer energia átalakítási tényezőnek.

Primerenergia-tényezők életciklus alapon

A következőkben bemutatjuk a hazai primerenergia-tényezők életciklus alapon számított értékeit és összehasonlítjuk a rendeleti értékekkel.

Az életciklus-elemzés (LCA) alapú primer energia számításakor nem csak a természetből közvetlenül a felhasználásra kinyert (veszteségekkel növelt) energiát, hanem az infrastruktúra megépítéséhez, üzemeltetéséhez szükséges energiát is figyelembe vesszük. Az életciklus elemzés egyik gyakran használt környezeti hatás indikátora a kumulatív energiaigény (Cumulative Energy Demand, CED), mely a környezetből kinyert energiahordozók „belső” (tehát átalakítás nélküli) energiatartalmára vonatkoztatva fejezi ki a környezeti hatást, így gyakorlatilag összehasonlítható a korábban említett primer energia definíciókkal.

Az életciklus alapú számítás meglehetősen bonyolult tud lenni, hiszen ismerni kell az energiahordozók származási helyét, a kitermelési és átalakítási technológiákat, a szállítási veszteségeket stb. A számítás nagy bizonytalanságokat is tartalmaz, hiszen az országok jellemzően több helyről importálnak energiahordozókat, a piaci körülményektől függően változó arányban. Különböző helyeken a kitermelési és az átalakítási folyamatok is különbözőek lehetnek.

Magyarországon készült már életciklus-elemzés a villamos energia környezeti hatásairól [3], de a teljes magyar energiaszektorra vonatkozó részletes elemzés nem áll rendelkezésre. Ennek hiányában az egyes energiahordozókra vonatkozó életciklus-elemzést a svájci ecoinvent adatbázis [4, 5] segítségével végeztük el. Az adatbázis két különböző verzióját is összehasonlítottuk, melyek mind módszertanilag, mind az adatok korszerűsége szempontjából különböznek. Míg az ecoinvent v2.2 jellemzően 2007 előtti (elektromos áram esetén 2004), addig a v3.2 frissebb, de 2013 előtti (elektromos áram esetén 2012) adatokra támaszkodik. Az ecoinvent egy általános LCA adatbázis, de tartalmaz az egyes országokra vonatkozó információkat is. Fontos azonban megjegyezni, hogy bár az ecoinvent nagyon magas minőségű adatbázis, több helyen tartalmaz feltételezéseket, egyszerűsítéseket, bizonytalanságokat.

Az általunk az adatbázis alapján számított nem megújuló és megújuló kumulatív energiaigény értékeket az 3. táblázat tartalmazza. Az egyéb megújuló energiaforrásokkal és a távhővel itt most nem foglalkozunk, de analóg módon ezekre is meghatározhatóak lennének az életciklus alapú váltószámok.

3. táblázat Az energiahordozók kumulatív energiatartalma (CED) különböző adatbázisok szerint, MJ-eq/MJ

Energiahordozó	ecoinvent v2.2	ecoinvent 3.2, cut-off	ecoinvent 3.2 + MAVIR 2017
----------------	----------------	------------------------	----------------------------

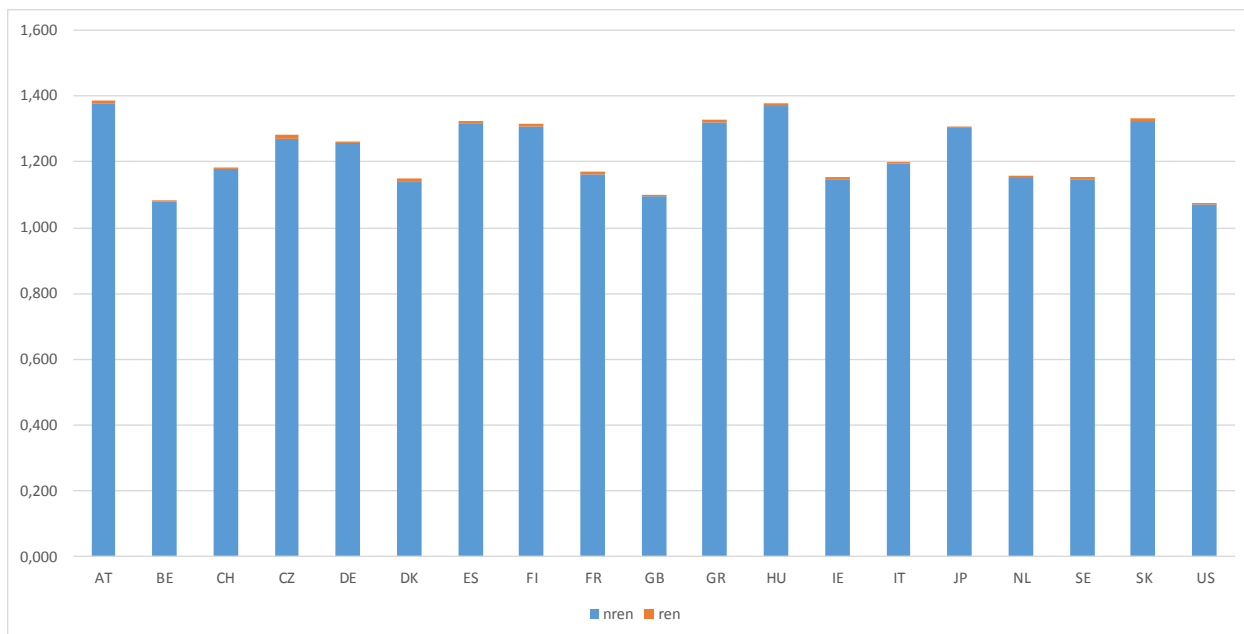
		CED nem meg- újuló	CED meg- újuló	CED nem meg- újuló	CED meg- újuló	CED nem meg- újuló	CED meg- újuló
Elektromos áram	Átlag	4.32	0.17	3.64	0.24	3.58	0.24
	Fűtési idény					3.54	0.25
	fűtési idényen kívül					3.62	0.23
	Csúcsidőszak (geo)					3.53	0.25
	Csúcsidőszak (nappali)					3.54	0.25
Csúcson kívüli elektromos áram	Csúcson kívüli (geo)					3.59	0.24
	Csúcson kívüli (éjszakai)					3.66	0.22
Földgáz		1.36	0.00	1.38	0.01		
Tüzelőolaj		1.26	0.00	1.32	0.00		
Szén		1.20	0.01	1.19	0.02		
Megújulók, biomassza	Faforgács	0.02	1.09				
	Pelletkeverék	0.19	1.09				
	Fa pellet	0.10	0.66				

Fosszilis tüzelőanyagok

Az ecoinvent adatok földgáz esetén tartalmazzák a földgáz származási helye szerint a kitermelés, feldolgozás és tisztítás hatását, majd a nagy távolságú szállítás és a helyi elosztás veszteségeit. Minden szakaszban figyelembe veszik az energia- és anyagfelhasználást, a hulladékokat és ezek kezelését, illetve az infrastruktúra megépítését is.

Az életciklus-alapú értékek a TNM 1,0-es értékeihez képest jelentősen magasabbak (földgáz 1,38; tüzelőolaj 1,32; szén 1,19 az ecoinvent 3.2 szerint). A fosszilis tüzelőanyagoknak megújuló primer energiatartalma gyakorlatilag nincsen.

Magyarországot más országokkal összehasonlítva azt tapasztalhatjuk, hogy az EU-ban nálunk az egyik legmagasabb a földgáz életciklus alapon számított értéke (1. ábra). Ez elsősorban az Oroszországból származó földgáz igen magas arányával és annak nagy szállítási távolságával magyarázható.



1. ábra: A földgáz teljes életciklus alapon meghatározott primerenergia-tényezője különböző országokban

Biomassza

A biomassza nem megújuló energiatartalma a feldolgozottsággal arányosan növekszik. A legmagasabb nem megújuló érték 0,2 körüli, ami összhangban van a CEN által javasolt értékkel.

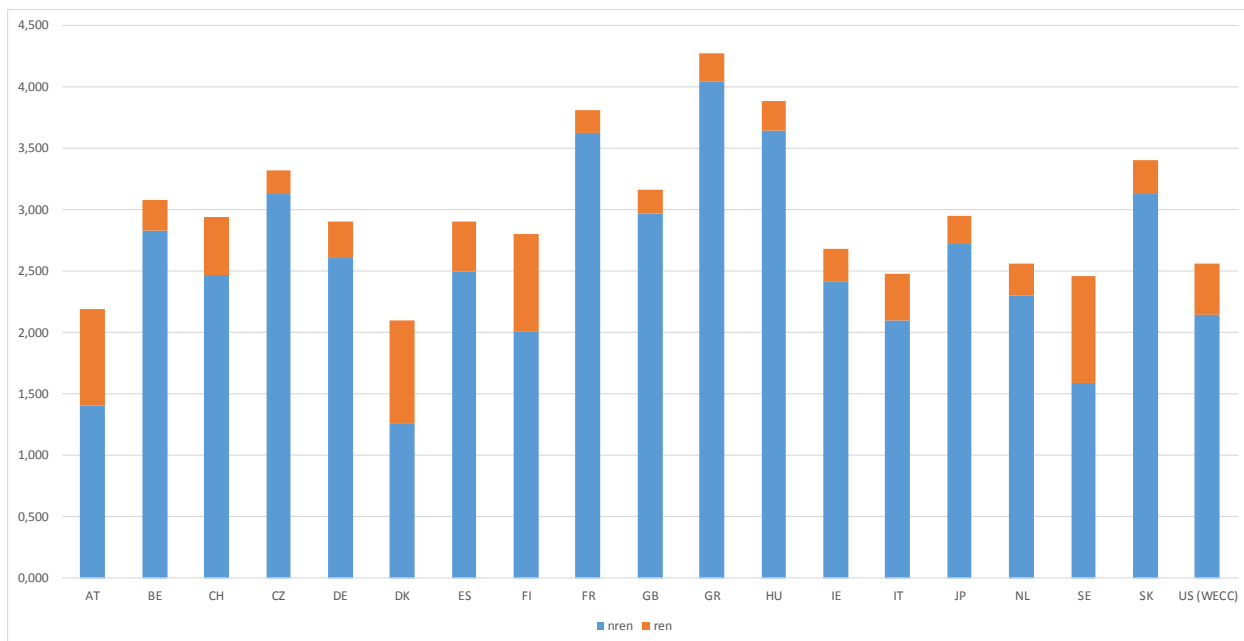
A biomassza primer energiatartalmának meghatározása veti fel talán a legtöbb stratégiai kérdést. A túl alacsony váltószám ösztönözné a nagyobb felhasználást, amivel gyorsan kimerülne a fenntartható erdőgazdálkodás kapacitása. Bár a fizikai alapon számított érték valóban elég alacsony, a primer energiatartalom önmagában nem feltétlen elegendő indikátora egy energiahordozó fenntarthatóságának és környezeti hatásainak. A biomassza felhasználás, különösen az egyedi kazánokban való égetés esetén a károsanyag, főként a szálló por kibocsátás komoly egészségügyi kockázatot jelent. A biomassza égetése a PM10 és PM2,5 kibocsátás egyik legfőbb okozója Európában [6].

Villamos energia

Az elektromos áram jellemző összetétele évről évre módosul. Ezért az ecoinvent által megadott összetétel mellett életciklus-elemzést elvégeztük a hazai elektromos áramtermelés MAVIR [7] által publikált összetételével is a 2017-es évre.

Az **3. táblázat** szerinti a villamos energia primer energia tartalma jelentősen magasabb, mint a rendeleti 2,5. A két ecoinvent értéket összehasonlítva látszik a nem megújuló primer energiatartalom csökkenő tendenciája és a megújuló primer energiatartalom növekedése. Az ecoinvent 3.2 és a tényleges 2017-es értékek közel azonosak.

A hazai értékeket más országok életciklus alapon számított értékeivel összehasonlítva ismét azt tapasztalhatjuk, hogy a magyar villamos energia primer energiatartalma a magasak közé tartozik (**2. ábra**).

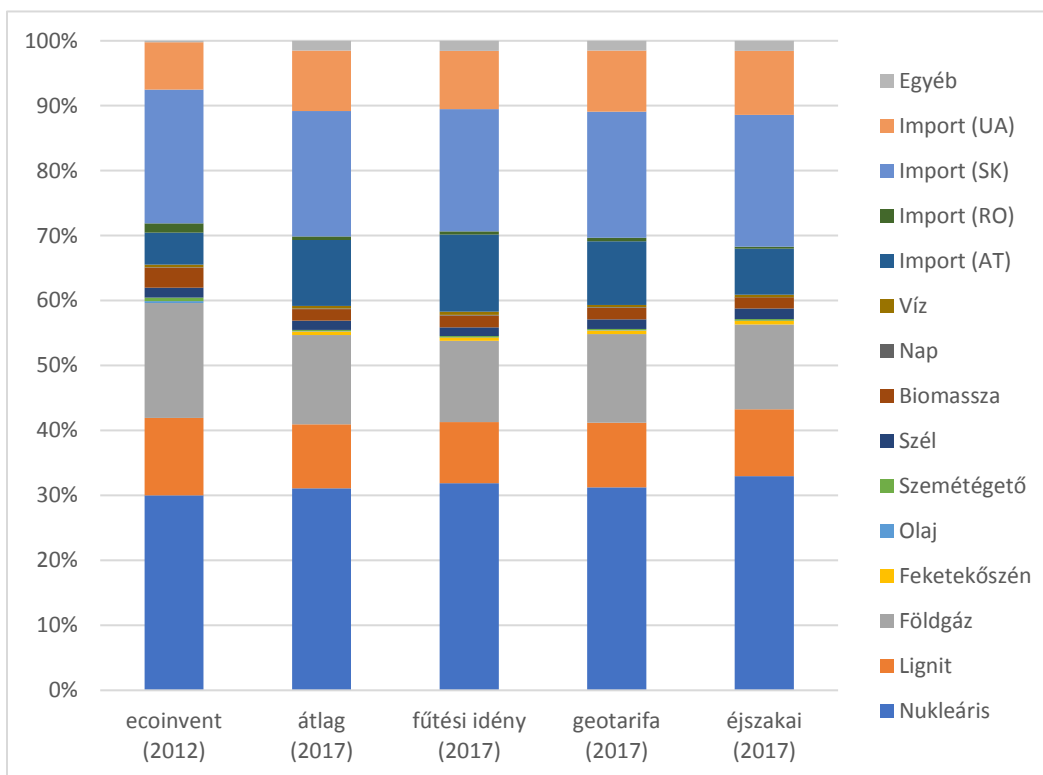


2. ábra: Az elektromos áram teljes életciklus alapon meghatározott primerenergia-tényezője különböző országokban

Az aktuálisan termelő erőművek aránya napi, szezonális és órai szinten is folyamatosan változik. A termelés összetételét elsősorban a kereslet szabja meg a rendelkezésre álló kapacitások függvényében. Így jogosan merülhet fel az igény, hogy más legyen a csúcs- és völgyidőszakban az elektromos áram primerenergia-tényezője. A TNM rendelet nem definiálja a csúcsidezőszak fogalmát, így az elektromos áram szolgáltatóknál elérhető időszakos tarifák közül három olyat vettünk alapul a számításhoz, melyek alkalmasak lehetnek épületek fűtési és hűtési energiaellátását fedezni (jellemzően hőszivattyú alkalmazásával):

- H tarifa: törvényileg szabályozott, a fűtési időszakban (okt. 15. - ápr. 15.) igénybe vehető kedvezőbb árú tarifa, mely alapján ebben az időszakban folyamatosan vételezhető áram
- Geotarifa: az ELMŰ-ÉMÁSZ által szolgáltatott egész évben igénybe vehető tarifa, melyből csak a délelőtt 8:00-10:00-ig és délután 16:00-18:00-ig terjedő időszakon kívül vételezhető áram.
- Éjszakai áram: este 22:00 és reggel 6:00 közötti időszakban vételezett áram. Bár éjszakai árammal nem fedhető le teljes mértékben egy épület fűtési és hűtési igénye az összehasonlítás érdekében megvizsgáltuk ennek az időszaknak is az összetételét.

A 2017. évi adatok alapján a különböző időszakokra vonatkozó áram mixet a **3. ábra** mutatja.



3. ábra: A villamos energia összetétele 2017-ben különböző időszakokra

A **3. táblázatban és a 3. ábrán** látható, hogy jelenleg nincs nagy különbség a csúcson kívüli és a csúcsidőszak összetétele között, akármelyik módon is számoljuk a csúcsidőszakot. Mivel a hazai áramtermelésnek csak töredékét teszik ki a megújuló forrást hasznosító erőművek, ezért a nem megújuló primerenergia tartalom kevésbé ingadozik. Amennyi változást a különböző időszakok mutatnak, az jellemzően a nukleáris-gáz-import hármás arányának megváltozása miatt van. Ennek köszönhetően a csúcson kívüli áram kumulatív energiaigénye még magasabb is, mint az átlag (mivel kevesebb az osztrák import, amiben magasabb megújuló tartalom számolható el).

Összegzés

A cikkben összefoglaltuk a hazai rendeletben megadott értékeket, majd a fontosabb energiahordozókra meghatároztuk a teljes életciklus alapú hazai primerenergia-tényezőket.

A magyar épületenergetikai rendeletben mindenképpen érdemes lenne az elnevezéseket pontosítani és az európai terminológiához igazítani, így megkülönböztetni a teljes, illetve ezen belül nem megújuló és megújuló primer energia átalakítási tényezőket és ezeket egy összefoglaló táblázatban közölni.

A hazai rendelet értékeit nem életciklus alapon határozták meg, hanem csak az égéskor felszabaduló hőt veszik figyelembe, illetve energiasztratégiai megfontolások miatt torzításokat is alkalmaztak. Mindez elfogadható, mivel a rendeleti számokat egységesen alkalmazzuk az épületek tanúsítására. Fontos

azonban megjegyezni, hogy a fizikai alapon meghatározott értékek eltérnek a rendeleti értékektől, ezért pontosabb környezetvédelmi számításokra például nem alkalmasak. Életciklus-alapú számítás esetén minden energiahordozónak 1,0-nél nagyobb a teljes primer energia váltószáma (fosszilis tüzelőanyagok esetén 1,2-1,3), hiszen a kitermelés- átalakítás- szállítás is veszteségekkel jár. A „valódi” magyar értékek ráadásul európai viszonylatban a magasak közé tartoznak a nagy mennyiségű és távoli import miatt.

A magyar rendelet alacsonyabb váltószámmal (1,8) megkülönbözteti a csúcson kívüli elektromos áramot, melynek egyértelmű célja a fogyasztások kiegyenlítése, a tárolós üzemű készülékek előnyben részesítése. A rendelet alapján nem egyértelmű, de bevett tanúsítói szokás, hogy hőszivattyúk esetén is ezt az alacsonyabb értéket alkalmazzák. Az életciklus alapú számításokból azonban látszik, hogy az elektromos áram „valós” primer energiatartalma 3,6 körül mozog minden időszakban, ami jóval magasabb, mint a rendeleti érték és nincs számottevő különbség a csúcs- és az azon kívüli időszak között. Energiapolitikai kérdés tehát, hogy a hőszivattyúk esetén megengedjük-e az alacsonyabb, ösztönző számot, mely más energiahordozókkal szemben (pl. földgáz) vonzóbb alternatívaként mutatja akár a rosszabb hatásfokú hőszivattyúkat is.

Hasonló, de pont fordított a helyzet a biomassza esetén, melynek a „valós” nem megújuló primer energiatartalma jóval alacsonyabb, mint a rendeleti (0,2 körüli). Egyre inkább vitatott kérdés azonban, hogy a biomasszában raktározott megújuló energia egyáltalán mennyire számítható a megújuló energiahordozók közé, hiszen a többi megújulóval szemben ez az erőforrás nem végtelen és csak nagyon lassan újul meg, ráadásul használata hozzájárul az egyéb környezeti problémákhoz. Ennek kapcsán megfontolandó lenne, hogy a primer energia indikátor mellett vagy helyett más súlyszámokat is bevezessünk, melyek jobban tükrözik az energiahordozók környezeti hatását és fenntarthatóságát. Léteznek például más életciklus alapú indikátorok, melyek az erőforrások használatát, az emberi egészséget és az ökoszisztémára gyakorolt hatását is jellemzik (pl. eco-indicator 99, Recipe).

Érdekes kérdés továbbá az energiaszektor jövőbeli fejlődése. A villamos energia előállítás összetétele a közeljövőben – új épületeink várható élettartama alatt – jelentősen meg fog változni és egyre nagyobb lesz a megújulók aránya. Az előrejelzések szerint az EU-ban a 2000-es évek átlagosan 2,5 körüli értékéről 2030-ra átlagosan 1,8 körüli értékre fog csökkenni a villamos energia váltószáma [8]. Megfontolandó, hogy már jelenleg is valamilyen hosszútávú előrejelzés szerint vegyünk-e fel egy átlagos értéket, vagy esetleg rendszeres időközönként felülvizsgáljuk a villamos energia váltószámokat. Energiapiaci modellek segítségével akár szezonális vagy órai váltószámok is meghatározhatóak lennének, melyek lehetővé tennék például a napelemek által termelt energia pontosabb elszámolását.

A jövőben is fontos, hogy a hazai szabályozás hármass felépítése megmaradjon. Ezzel biztosítható, hogy a primer energia váltószámoktól függetlenül csak magas energiahatékonyságú épületek épülhessenek, így elkerülhető a nemkívánatos napelemekkel teletűzdelt „sátor” esete.

Köszönetnyilvánítás

Szalay Zsuzsa munkáját a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta. A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a BME FIKP-VÍZ tématerületi programja keretében.

Hivatkozások

[1] 7/2006. (V. 24.) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról

[2] Zöld et al (2018): Épületenergetika Segédlet, Magyar Mérnöki Kamara, Budapest.

[3] Tóthné Szita K, Siposné Molnár T, Zeley K, István Zs (2005): Life Cycle Inventory Assessment of Energy Sector in Hungary. In: Francesca Castells, Joan Rieradevall (szerk.): LCM 2005: Innovation by Life Cycle Management: 2nd International Conference on Life Cycle Management. Barcelona.

[4] Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Heck T., Hellweg S., Hischer R., Nemecek T., Rebitzer G. and Spielmann M., (2005): The ecoinvent database: Overview and methodological framework, International Journal of Life Cycle Assessment 10, 3–9.

[5] Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., (2016): The ecoinvent database version 3 (part I): Overview and methodology. The International Journal of Life Cycle Assessment, [online] 21(9), pp.1218–1230.

[6] European Environment Agency (2016): Air quality in Europe.

[7] Mavir: Adatpublikáció, <https://www.mavir.hu/web/mavir/adatpublikacio> (letöltés dátuma: 2018.07.05)

[8] Anke Esser, Frank Sensfuss (2016): Final report - Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).