

# Egy energiahatékony oktatási épület primerenergia-fogyasztása

## Primary Energy Consumption of an Energy Efficient Educational Building

KARDA Szilárd<sup>1</sup>, BOROS József<sup>1</sup>, dr. NAGY-GYÖRGY Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Temesvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar  
Románia, 300223 - Temesvár, T. Lalescu u. 2, Tel/fax: +40 256 403935  
e-mail: szilard.karda@student.upt.ro, iosif.boros@student.upt.ro,  
tamas.nagy-gyorgy@upt.ro  
www.ct.upt.ro

### ABSTRACT

*According to the Romanian building energy regulations, the total energy consumption of buildings must be expressed in primary energy, which defines the energy classification of the studied facilities. This paper presents a new high school building energy demand, computing the primary energy consumption for two types of heating and hot water production systems, by name the electric heat pump and the gas condensing boiler. In order to find out which equipment can be considered an ideal solution, the variation of the primary energy conversion factors was determined based on a life cycle analysis.*

### KIVONAT

*A hazai épületenergetikai rendeletek alapján az épületek összes energiafogyasztását primer energiában kell kifejezni, amely behatárolja a tanulmányozott létesítmények energetikai osztályozását. A dolgozat a nagyszalontai Arany János Elméleti Líceum új szárnyának energiaszükségletét taglalja, amely során két típusú fűtési és melegvíz-előállítási rendszert, vagyis elektromos hőszivattyúkat és gáztüzelésű kondenzációs kazánokat alkalmazva kiszámolásra kerülnek az épület primerenergia-fogyasztásai. Annak érdekében, hogy kiderüljön, melyik berendezés tekinthető ideális megoldásnak, a primerenergia-átalakítási tényezők variációja életciklus-elemzés alapján került meghatározásra.*

**Kulcsszavak:** energiahatékony, primerenergia, oktatási épület, primerenergia átalakítási tényezők, hőszivattyú, életciklus-elemzés

### 1. BEVEZETŐ

A globális energiafogyasztás és az üvegház hatású gázok kibocsátása a 18. század óta fokozatosan növekedik, amelynek következtében az emberiség olyan kihívásokkal kell szembenézzen, mint a radikális éghajlatváltozás, a tengerszint növekedése és az ökoszisztémák eltűnése. Ezen negatív hatások visszafogásának érdekében határozott lépések szükségesek. Mérsékelve a termelési folyamatok és az energiafelhasználás hatékonyságát, illetve előtérbe helyezve a megújuló energiaforrások felhasználását a globális széndioxid-kibocsátás jelentősen csökkenthető. Az utóbbi években az Európai Unió és az Amerikai Egyesült Államok voltak az egyetlen régiók, ahol sikerült lefele elmozdítaniuk az energiafogyasztás és a CO<sub>2</sub> kibocsátás mutatóját [1], megerősítve ezáltal, hogy az energiahatékony célkitűzése nem leheletlen feladat.

Az Európai Parlament és Tanács (EU) 2018/842-es rendeletében [2] leszögezi az energiahatékony előmozdításának fontosságát és a tagállamok számára 2030-ig egy legalább 32,5%-os javítást határoz meg a 2005-ös szinthez viszonyítva. Egy épület energiahatékonyt a szokásos használatához és fenntartásához szükséges évente fogyasztott kiszámított vagy tényleges primerenergia és szén-dioxid kibocsátás határozza meg. Ezeknek az energiahatékony mutatóknak a minimumkövetelményeit a tagállamok szabják meg, figyelembe véve az épületek funkcióit, élettartamukat, a költség-megtakarításukat, a földrajzi elhelyezkedésüket, illetve a külső és belső klimatikus feltételeket.

Romániában az épületek átlagos primer energiafogyasztása majdnem 25%-kal meghaladja az EU középértékét, köszönhetően az éghajlati viszonyoknak és túlnyomó részt az épületek elavult és alacsony hatásfokának. A legmagasabb energiafogyasztások a tanintézmények épületeinél vannak, meghaladva az évi 354 kWh/m<sup>2</sup> energiaszükségletet [3], mely közel a kétszerese a közel nulla energiaigényű létesítmények számára meghatározott primerenergia-fogyasztással, ami területi éghajlattól függően 100-185 kWh/m<sup>2</sup>év közötti értéket vehet fel.

Az épületek energiahatékonyságát és primer energiafogyasztását jelentős mértékben befolyásolják az épületelemek hőtechnikai jellemzői, az épület elhelyezése és tájolása, a beltéri klimatikus körülmények, de nem utolsósorban a fűtési és a légkondicionáló rendszerek, a melegvíz-előállító berendezések, a természetes és gépi szellőztetés és a beépített világítóberendezések.

## 2. PRIMERENERGIA-ÁTVÁLTÁSI TÉNYEZŐK

A primerenergia-átváltási tényező az épületek végső energiafogyasztáshoz szükséges primerenergia mennyiségét határozza meg, figyelembe véve az előállítási folyamathoz szükséges energiát, amely végtermékként eljut a fogyasztóhoz. Ez a folyamat tartalmazza az energiatermelést, -tárolást, illetve -szállítást és minden egyes energiahordozó esetén külön kerül meghatározásra.

Ezeket a váltószámokat különböző módszertanok alapján lehet meghatározni és minden EU-tagállam szabadon választhatja meg az ideális metódust [4]. A módszerek funkcionális összefüggéseken alapulnak és olyan befolyásoló tényezőket tartalmaznak, mint a földrajzi elhelyezkedés, a területi energiaelosztó rendszer, az időbeli érvényesség, a feldolgozási folyamat és az energiaforrás alapértéke. A politikai stratégiák, illetve az erőforrások rendelkezésre álló mennyisége ugyanakkor fokozzák az ebből fakadó tényezők értékének szubjektívitasát.

2016-ban a Fraunhofer Intézet által készített egyik tanulmány [4] több életciklus-elemzés alapján bemutatja az Európai Unió elektromos áramra jellemző átlagos primer energiataralmának alakulását a következő években. A dolgozat célja a tagállamok átlagos 2,50-es primerenergia-átváltási tényezőjének újraértékelése volt, amely alapján a becslések szerint 2020 és 2030 között a villamosenergia primer energiataralma 7,4 – 17,7%-kal redukálódhat (1. táblázat), köszönhetően a nem megújuló primer energiataralom csökkenő tendenciájának és a megújuló primer energiataralom növekedésének.

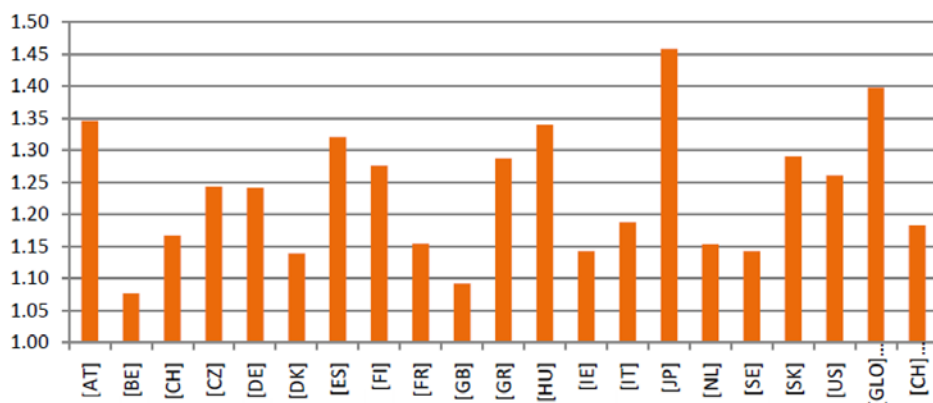
A villamos energia primerenergia-tényezőinek változása különböző életciklus-módszerek alkalmazásával [4]

1. táblázat

Módszer	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
1. módszer	2,41	2,37	2,26	2,08	1,87	1,79	1,74
2. módszer	2,41	2,36	2,14	1,90	1,59	1,46	1,35
3. módszer	2,52	2,49	2,38	2,21	2,01	1,93	1,87
4. módszer	2,65	2,61	2,49	2,30	2,09	2,00	1,93

Ugyanez a tanulmány az életciklus-módszerrel számolva meghatározza az EU-tagállamok által alkalmazott primerenergia váltószámokat a fosszilis tüzelőanyagok, a szén, tüzelőolaj és a földgáz esetén is. Ahogy az 2.-es ábrán is látható a földgáz teljes életciklus alapon meghatározott primerenergia-tényezői között jelentős eltérések vannak az országok között, köszönhetően az eltérő politikai és stratégiai ideológiáknak. Ugyanakkor az államoknak ezáltal lehetőségük nyílik előmozdítani a megújuló energiaforrások általi alternatívát, és egy olyan nemzeti stratégiát kialakítani, amelyben fokozatosan visszaszorítják a földgáz és más fosszilis energiaforrások használatát [5].

Romániában a primerenergia-átváltási tényezők értékeit az energiaforrás típusának függvényében az MC 001/2006-os módszertan határozza meg [6], így az elektromos áram primerenergia váltószáma 2,62 és a földgáz együtthatója pedig 1,17.



2. ábra

*A földgáz teljes életciklus alapon meghatározott primerenergia-tényezője különböző országokban [4]*

A villamos energia és a földgáz primerenergia-átalakítási tényezőinek aránya 2,24 és döntő tényezőként bír a tanulmányozott oktatási épület fűtésére és melegvíz-előállítására szolgáló rendszer típusának meghatározásához. A választás az elektromos hőszivattyúk és a gáztüzelésű kondenzációs kazánok közül nem utolsó sorban ezek hatékonyságától is függ. A primer energiafogyasztás szempontjából tehát a hőszivattyúk használata akkor válik előnyössé, ha az átlagos teljesítmény-együtthatójuk meghaladja a két típusú átalakítási tényezőinek az arányát.

A nem lakóépületeknél, jelenleg az oktatási épület esetében a fűtés maximális fajlagos primer energiaigénye 123 kWh/m<sup>2</sup>év lehet.

### 3. AZ ENERGIAHATÉKONY OKTATÁSI ÉPÜLET

A nagyszalontai Arany János Elméleti Líceum új épületszárnya (3. ábra) egy négy szintes, 3496 m<sup>2</sup> hasznos felülettel rendelkező létesítmény, amelynek az egyik meghatározó tulajdonsága a magas energiahatékonysága, vagyis meglehetősen alacsony energiaszükséglettel bír, minimálisra csökkentve ezáltal a működtetéséhez szükséges anyagi költségeket. Annak érdekében, hogy az épület megfelelő energiahatékonysági mutatókkal rendelkezzen a passzív házak [7] által előírt követelményei, illetve a közel nulla energiaigényű (KNE) épületek [8] energetikai jellemzői voltak alkalmazva.



3. ábra

*A nagyszalontai Arany János elméleti liceum új épületszárnya*

Az épület függőleges térelhatároló elemeit egy 25 cm vastag pórusbeton téglafal és 15 cm vastag közetgyapot alkotja, a hőszigetelő búrok kialakítása biztosítja a folytonosságot és a további térelhatároló elemekkel való megfelelő csatlakozást. A nyílászárók túlnyomó többségében 6 kamrás 92 mm-es műanyag profilokból, illetve 52 mm vastag 3 rétegű üvegszerkezetből állnak. A talajon fekvő 13 cm vastag vasbeton padló szigetelése egy 20 cm-es XPS polisztirollal és egy 3 cm vastag EPS polisztirollal történt. A padlásfödém, illetve a főbejárat földszinti beugró esetén 25 cm vastag közetgyapot volt használva, úgy, hogy a termikus burok folytonossága a vasbeton tartógerendák körül is biztosítva legyen. Mivel a hőhidak megszüntetése és limitálása pozitív hatással van az épület energiavesztésére, azon megoldások és részletek, amelyek előre mozdítják a hőhidmentes épületszerkezet kialakítására prioritást élveztek a tervezésében.

A fűtéshez, hűtéshez és melegvíz-előállításához szükséges energiaforrás két integrált reverzibilis hőszivattyú használatával történik (4. ábra), amelyek magas teljesítményegyütthatójuknak (COP) köszönhetően megfelelő technikai megoldást biztosítanak az energiaszükséglet előállításában [9]. A két típusú hőszivattyú működtetése elektromos árammal történik és úgy a víz-víz, mint a talaj-víz berendezés 75 kW-os teljesítményel rendelkezik. A szivattyúk COP értéke a téli időszakban 3,20 amikor az energiahordozó hőfoka 45°C, a talaj hőmérséklete pedig 10°C; a nyári hónapokban amikor a hőfok csupán 10°C-os a teljesítményegyüttható eléri az 5,40-et. Abban az esetben amikor a hőszivattyúk 55°C-os melegvizet állítanak elő a COP értéke 2,82.



4. ábra

*A hőszivattyúk osztó-gyűjtő pontjai és fővezetékei*

A víz-víz típusú hőszivattyúk működési elve magába foglalja a mélyfűrésben található magas hőmérsékletű víz extrakcióját a talajból, a hőcserélőket, amelyek segítségével a víz energiáját továbbítani lehet a fűtés- vagy hűtésrendszerbe, és egy további fűrészt, amin keresztül az elhasznált víz visszakérül a talajba. A talaj-víz típusú hőszivattyúk esetében a megfelelő mélységben levő fűrészeket eszközölnék, amikbe U formájú polietilén csöveket helyeznek be, biztosítva ezáltal geotermikus energia továbbítását a hőcserélőkhöz.

A friss levegő biztosítása érdekében mechanikus hővisszanyerő szellőzés rendszer működik, ahol keresztáramú hőcserélő előmelegíti vagy előhűti a befűjandó friss levegőt, csökkentve ezáltal a szellőztetéshez szükséges energiát, és növelve az épület hatékonyságát. A beltéri világításhoz szükséges energia redukálása érdekében az épület teljes világítóberendezéseit LED fényforrások adják.

#### 4. VÉGSŐ- ÉS PRIMERENERGIA-FOGYASZTÁS

Az iskola által felhasznált primerenergiát ( $E_p$ ) az energiaforrásoknak megfelelően a végsőenergia szükséglet és a primerenergia-átváltási tényezők ( $f_p$ ) szorzata adja.

Annak érdekében, hogy az épület technikai megoldása, amelyben a fűtéshez és a melegvíz-előállításához használt hőszivattyúk bizonyosságot nyerjenek, egy alternatív lehetőség került szóba. Ebben az esetben a fűtés és melegvíz-előállítására gáztüzelésű kondenzációs kazánok szolgáltak, a hűtéshez, mechanikus szellőztetéshez, illetve a világítási berendezésekhez pedig, hasonlóan az első variánshoz, villamosenergia szolgál.

Az épület végső energiafogyasztása különböző energiaforrások esetén

2. táblázat

Energiaforrás	Fűtés	Melegvíz előállítás	Hűtés	Szellőzés	Világítás	Végső energiafogyasztás
	[kWh/m <sup>2</sup> év]					
Hőszivattyúk	17,85	13,12	4,35	9,07	3,61	48,02
Gázkazánok	43,79	37,51	6,50	34,00	3,61	125,41

Az épület primer energiafogyasztása különböző energiaforrások esetén

3. táblázat

$f_p$ Fűtés + Melegvíz	$f_p$ - Hűtés + Szellőzés + Világítás	Végső energiafogyasztás [kWh/m <sup>2</sup> év]	Primer energiafogyasztás [kWh/m <sup>2</sup> év]
2,62	2,62	48,02	125,81
1,17	2,62	125,41	210,69

Az épület energiafogyasztásának döntő hányadát a fűtés és a melegvíz előállítása képviseli. A légtéchnikai berendezés magas fogyasztása az állandó használatának, illetve az előfűtő és -hűtő rendszer időszakos alkalmazásának köszönhető.

A végső és primerenergia fogyasztás a hőszivattyúk esetében lényegesen alacsonyabb, mint a gáztüzelésű kazánoké, elsősorban a berendezések magas hatékonysága következtében. Ebben az esetben az épület a kezdeti változatban kevésbé függ a felhasznált primerenergia mennyiségétől, annak ellenére, hogy a villamos áram primerenergia-tényezője, amely 2,62 lényegesen magasabb a földgáz 1,17-es váltószámához képest.

## 5. A PRIMER ENERGIAFOGYASZTÁS IDŐBELI ALAKULÁSA

Az oktatási épület primer energiafogyasztásának időbeli alakulását a villamos energia ( $f_{p,el}$ ) és a földgáz ( $f_{p,gaz}$ ) primerenergia váltószámai szabják meg. Ezen tényezők variációja a Fraunhofer Intézet által végzett tanulmány [4] eredményeire támaszkodnak.

A figyelembe vett villamos energia váltószámok ( $f_{p,el}$ ) éves csökkenését a 2020 és 2030 közötti négy számítási módszer szélsőséges különbségei határozták meg, és az így kapott éves százalékos csökkenés értékei 0,70%, illetve 1,50%. A földgáz váltószáma ( $f_{p,gaz}$ ) 0,25%-os növekedésben lett megszabva, amely a megújuló energiaforrások folyamatos kiaknázásának és globális elmozdításának, illetve a meglévő fosszilis energiaforrások korlátozott mennyiségének a számlájára írható.

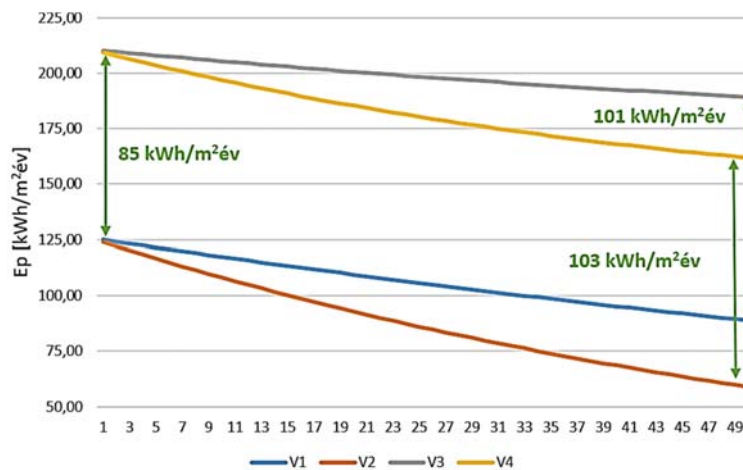
A primerenergia fogyasztás időbeli alakulásához négy épület típus került elemzés alá: az első egy pesszimista, 0,7%-os csökkenéssel számol, ahol az épület fűtése és melegvíz-előállítása a hőszivattyúk segítségével történik; a V2-es elemzés a hőszivattyúkat megtartva egy optimista primerenergia-átváltási tényező csökkenéssel kalkulál, a V3 és V4-es esetekben megtartva egy pesszimista és egy optimista százalékos csökkenést a váltószámoknál, a hőszivattyúkat a gázkazánok váltják le.

A számításoknál használt energiafogyasztások és paraméterek értékei a 4. táblázatban találhatóak. Az elemzés során minden esetben a végső energiaszükséglet értéke változatlan maradt, és az így kapott primer energiafogyasztások 50 éves időbeli változása a 4. ábrán található.

A négy esettanulmány beviteli értékei az energiafogyasztás időbeli alakulásához

4. táblázat

Variáns	Energiaforrás	Villamos energiafogyasztás [kWh/m <sup>2</sup> év]	Gázfogyasztás [kWh/m <sup>2</sup> év]	Százalékos csökkenés $f_{p,el}$ [%]	Százalékos növekedés $f_{p,gaz}$ [%]
V1	Hőszivattyúk	48,02	-	0,70%	-
V2	Hőszivattyúk	48,02	-	1,50%	-
V3	Gázkazánok	44,11	81,30	0,70%	0,25%
V4	Gázkazánok	44,11	81,30	1,50%	0,25%



4. ábra

*A primer energiafogyasztás időbeli alakulása*

Az átváltási tényezők időbeli variációja folytán a kezdeti 85 kWh/m<sup>2</sup>év primer energiafogyasztás különbség a hőszivattyúk és a gázkazánok között az 50 éves időintervallum alatt 101-103 kWh/m<sup>2</sup>év-re gyarapodott. Habár a földgáz primerenergia-átváltási tényezője folyamatosan nő, abban az esetben is csökken a primerenergia fogyasztás amikor az épületek fűtéséhez és melegvíz-előállításához gázkazánokat használnak, mivel a végső energiafelhasználás egy része (a hűtés, szellőzés és világítás) ugyancsak a villamosenergiától függ, amelynek a váltószáma évente redukálódik. Mind a négy változat esetében a primer energiafogyasztás folytonos csökkenésével kell számolni, köszönhető ez a villamos energia előállításában egyre nagyobb teret nyerő megújuló energiahordozóknak, felborítva ezáltal a fosszilis energia és a nem fosszilis energia közötti arányokat.

## 6. KONKLÚZIÓK

Az olyan energiahatékony épületek, melyeknek az energiaforrásai magas hozammal rendelkeznek és a földgáz helyett a villamosenergiára támaszkodnak, mint energiahordozó, ideális megoldást jelentenek a létesítmények végső- és primer energiafogyasztásának csökkentésére.

Tekintettel arra, hogy a jelenlegi irányelvek az épületek energetikai osztályozását a primer energiafogyasztás alapján határozza meg, a primerenergia-átváltási tényezők és ezek számításai fontos szerepet játszanak az energiahatékonyság konstruktív megoldásainak érvényesítésében.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] European Commission (EC), EU energy in figures, Statistical pocketbook 2018
- [2] Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013
- [3] Radu Dudău, Creșterea eficienței energetice în clădiri în România: provocări, oportunități și recomandări de politici, Energy Policy Group, September 2018
- [4] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Review of the default primary energy factor (PEF) reflecting the estimated average EU generation efficiency referred to in Annex IV of Directive 2012/27/EU and possible extension of the approach to other energy carriers, May 2016
- [5] Boros I., Tănasă C., Stoian V., Dan D., „Life cycle assessment and life cycle cost analysis of a nearly zero energy residential building, a case study”, Environmental Engineering and Management Journal, Vol. 16, No. 3, pp. 695-704
- [6] Mc001/1–2006: Methodology for calculation of energy performance of building. The building envelope.
- [7] Passipedia – The Passive House Resource. <https://passipedia.org/> (letöltve: 2020. december 20.).
- [8] The Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Nearly Zero-Energy Buildings Definitions Across Europe, April 2015
- [9] Boros I., Stoian D., Stoian V., Nagy-György T., „Energy efficient school building HVAC systems monitoring plan”, Journal of Applied Engineering Sciences, vol. 6 (19), issue 2/2016, pp. 15-20, 2016