

## MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK, DE KINEK KELL? RENEWABLE ENERGY RESOURCES, BUT WHO CARE?

TÓTH István Tibor

SZTE SZÉF MŰSZAKI ÉS INFORMATIKA TANSZÉK

### ÖSSZEFOGLALÁS

Egyre többet hallhatunk a tradicionális energiaforrásokkal kapcsolatos kérdésekről. Érezzük az árokon, hogy valami gond van. Sok a pro és kontra a várható következményekről, a globális felmelegedésről, a klímaváltozásról, mint az emberiség energiaéhségének az egyik eredményéről. Sok területen foglalkoznak alternatív megoldások kifejlesztésével. Szép eredményeket publikálnak a megújuló energiaforrások legfrissebb alkalmazási módszereiről. Európa és Amerika állami forrásokból finanszíroz kutatási és fejlesztési programokat, az energiatakarékosság népszerűsítését. De mégis, mintha valami nem lenne rendjén. Képesek-e az alternatív energiaforrások a meglévő rendszereket kiváltani, mikor és milyen áron? Mekkora energiamennyiségről van szó? Melyik energiamix lenne az, amelyik az átmenetet biztosíthatja és melyik lesz a megoldás? A következőkben igyekszem egy összefoglalást adni a jelenlegi energiamix arányairól, a felhasználás mértékéről, a hálózati lehetőségekről. Az alapvető megújuló energiaforrásokat mutatom be azok mértékével és hasznosítási lehetőségeivel. A hazai és nemzetközi körülmények bemutatása mellett a fenntartható fejlődésről, céljairól és lehetőségeiről is szólok röviden.

### ABSTRACT

More and more questions about the traditional energy forms. The price level changes tell for all about problems. There are a lot of pro and contra about the consequences, the global heating, the climate change as the result of the human energy consumption. Lot of area working on alternative solutions. We can meet nice publications about techniques of developing and using renewable energy. Europe and USA from government budget sponsor different R+D programs and energy efficiency propagations. But there are some questions. Is it possible to replace traditional to renewable energy forms? When and how difficulty? What is the amount of energy we need? What will be the energymix for the transition and for the end solution? I try to give an abstract of the usable energymix proportions, about the quantities and possibilities of the nets. I give an outline on the basic renewable energy sources with their possible application fields. Beside the presentation of the domestic and international circumstances briefly I tell about the sustainable development, about the aims and possibilities.

Az ember legtöbb tevékenysége során energiát használ fel, energiára van szüksége. Valójában azonban nem is közvetlenül az energiára, hanem az energia felhasználásának eredményére van szükségünk: hőre, fényre, mechanikai munkára, anyagok fizikai és kémiai átalakítására, szállításra, információkra, szórakozásra, az energia ilyen jellegű végső hasznosítási formáira. Hogy mégis mennyire és milyen földrajzi megoszlásban arra ad némi felvilágosítást a következő 1. táblázat.

*1. táblázat A primer energiafelhasználás és fajlagos értékei a Föld nagyobb területi egységein [1].*

| Ország   | lakosság<br>[millió fő] | energia<br>[millió TOE] | 1 főre eső<br>évi energia felhasználás [TOE] |                     |
|----------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------|
| Európa   | 519                     | 1746                    | 3,40                                         |                     |
| USA      | 273                     | 2270                    | 8,3 0                                        | (25 x India/Afrika) |
| Brazília | 168                     | 179,7                   | 1,07                                         |                     |
| Kína     | 1254                    | 1088,3                  | 0,87                                         |                     |
| India    | 997                     | 480,4                   | 0,48                                         |                     |
| Afrika   | 775                     | 490                     | 0,63                                         |                     |
| Föld     | 5921                    | 9774                    | 1,65                                         |                     |

Nem hiszem, hogy a fenti aránytalanság felismerése ösztönözte az USA kormányát, de tény, hogy ők ösztönzik a lakosságot a megtakarításokra: „www.energysavers.gov for the latest energy-saving tips and information.” Sőt a szakhivatal külön kiadványokat készített kiemelten környezetbarát anyagfelhasználással, amit illőn hirdet a brosurára: „Produced for the U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 1000 Independence Avenue, SW, Washington, DC 20585. By the National Renewable Energy Laboratory, a DOE National laboratory September 2005. Printed with renewable-source ink on paper containing at least 50% wastepaper, including 20% postconsumer waste.”

Az elektromos energia előállításához felhasznált primer energiaforrások aránya az energiamix megmutatja, hogy a különböző források milyen megosztásban vesznek részt az összes előállított elektromos energia létrehozásában. Ez az energiamix döntően befolyásolja az egyes országok szolgáltatói hálózatába kerülő elektromos áram előállításának a gazdaságosságát.

Ma az Európában felhasznált primer energiahordozók 15%-a szén, 40%-a kőolajszármazék, 23%-a földgáz, 16%-a nukleáris alapú és a fennmaradó mindössze 6% a megújuló energiaforrás (biomassza, víz-, szél-, nap-, geotermikus energia).

Magyarországon 2003-ban és 2004-ben az energiahordozó-mérleg kicsit másabb képet mutat (2. táblázat).

2. táblázat Országos energiahordozó-mérleg [1].

| Megnevezés                                    | 2003. év                                |        | 2004. év                                |        |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|-----------------------------------------|--------|
|                                               | kt, Mm <sup>3</sup><br>+15C°-on,<br>GWh | PJ     | kt, Mm <sup>3</sup><br>+15C°-on,<br>GWh | PJ     |
| I. Termelés                                   |                                         | 434,7  |                                         | 423,4  |
| Szén                                          | 13301                                   | 113,4  | 11229                                   | 91,8   |
| Ezen belül: mélybányászat+peremi<br>kölfejtés | 4737                                    | 50,0   | 2759                                    | 28,4   |
| mátraaljai lignit                             | 8564                                    | 63,4   | 8470                                    | 63,4   |
| Kőolaj                                        | 1134                                    | 46,5   | 1077                                    | 44,2   |
| Gazolin                                       | 256                                     | 10,8   | 217                                     | 9,1    |
| Földgáz (nettó száraz)                        | 2946                                    | 95,7   | 2963                                    | 98,2   |
| Bányászati PB                                 | 207                                     | 9,7    | 215                                     | 10,1   |
| Vízerművi villamos energia                    | 171                                     | 0,6    | 210                                     | 0,8    |
| Atomerőművi villamos energia                  | 11013                                   | 120,0  | 11915                                   | 129,9  |
| Szélerőművi villamos energia                  | 4                                       | 0,0    | 5                                       | 0,0    |
| Tűzifa                                        |                                         | 18,2   |                                         | 17,8   |
| Egyéb (becsült megújuló+komm. hull.)          |                                         | 19,8   |                                         | 21,5   |
| II. Behozatal                                 |                                         | 786,5  |                                         | 780,3  |
| Szén                                          | 1403                                    | 38,2   | 1692                                    | 45,3   |
| Brikett                                       | 15                                      | 0,3    | 12                                      | 0,2    |
| Kokszt                                        | 222                                     | 6,6    | 183                                     | 5,5    |
| Kőolaj                                        | 5273                                    | 220,4  | 5482                                    | 229,1  |
| Kőolajtermékek                                | 1915                                    | 79,8   | 2020                                    | 85,1   |
| Földgáz                                       | 12176                                   | 416,2  | 11418                                   | 388,2  |
| Villamos energia (import-export szaldó)       | 6939                                    | 25,0   | 7472                                    | 26,9   |
| III. Forrás összesen                          |                                         | 1221,2 |                                         | 1203,7 |
| Le: kivitel                                   |                                         | 108,2  |                                         | 119,7  |
| Készletváltozás                               |                                         | 21,4   |                                         | 7,0    |
| IV. Belföldi felhasználás                     |                                         | 1091,6 |                                         | 1077,0 |
| Ebből: országos villamosen.-felhaszn.         | 41084                                   |        | 41180                                   |        |

3. táblázat A megújuló energiahordozók felhasználása 2004-ben, PJ [1]

| Megnevezés                                                    | Megújuló energiahordozók |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Vízerőművi villamos energia                                   | 0,8                      |
| Szélerőművi villamos energia                                  | 0,0                      |
| Geotermikus energia                                           | 3,6                      |
| Tűzifa                                                        | 23,4                     |
| Egyéb szilárd hulladék                                        | 10,3                     |
| Napenergia (napkollektor+fotovillamos)                        | 0,3                      |
| Biogáz                                                        | 0,3                      |
| <b>Összesen</b>                                               | <b>38,7</b>              |
| Belföldi energiafelhasználás                                  | 1077,0                   |
| Összes megújuló energia                                       | 38,7                     |
| <b>A megújuló részaránya az összes energiafelhasználásból</b> | <b>3,6 %</b>             |

Többet mondanak ezek az értékek, ha van mihez viszonyítanunk. Azt mindenki tudja, hogy 1 kWh = 3,6 MJ, 1 cal = 4,19 J, 1 HP = 746 W és 1 Toe = 41 868 Mj (TOE = Ton of Oil Equivalent) [nyersolaj]. Nem biztos azonban, hogy tisztában vagyunk azzal is, hogy 1 liter benzin = 28 MJ, vagy 1 banán = 180 kJ, 1 rúd csoki = 1400 kJ, ami 40 perc futás vagy 6 óra alvás energia fedezete.

Az energiafogyasztás ésszerűsítése nemcsak a közvetlen energiafelhasználást és annak költségeit csökkenti, hanem a környezetterhelést is: az energia legtöbb formájának előállítása ugyanis szennyezi a környezetet.

Az EU nem tehet javaslatot arra, hogy az egyes országok energiaellátását milyen tüzelőanyag struktúrára építsék. Sem kötelezni, sem tiltani nem tud, bár vannak ilyen törekvések. A közös mondanivalót differenciált módszerekkel keresi: ajánlásokat és irányelveket dolgoz ki, például

- ☐ a megújuló energiahordozók hasznosításának növelésére,
- ☐ az atomerőművek biztonságos üzemeltetésére, a nukleáris hulladékok elhelyezésének szabályaira,
- ☐ a transzeurópai vezetékhálózatok fejlesztésére (az európai 15-ök számára az importált földgáz 40%-át Oroszországtól, 25-25%-át pedig Norvégia és Algéria forrásai adják ma is),
- ☐ a „kapcsolt” energiatermelés támogatására,
- ☐ az országok függőségének csökkentése és a bányászattal összefüggő szociális kérdések kezelése érdekében a széntermelés korlátozott mértékű támogatására,
- ☐ energiatakarékos programok bevezetésére,
- ☐ energiaadó alkalmazására,
- ☐ a liberalizált energiapiac működési szabályaira.

Külön gondot jelent, hogy a közhiedelemmel szemben a villamos energia szállítása igen drága. A többi energiahordozóhoz képest nem csak az átviteli hálózatok magas beruházási költségei és engedélyeztetésük-építésük hosszú átfutási ideje korlátozza a lehetőségeket, hanem az a tény is, hogy a szállítás magas energiavesztéssel jár. Magyarországon például a bruttó fogyasztás több mint 10%-a. Ezért a villamos energia nemzetközi kereskedelme más áruformákhoz viszonyítva igen alacsony hányadot képvisel, és alapvetően csak kis távolságon

lehet kifizetődő. Emiatt van az, hogy -bár az Európai Unió a villamosenergia-kereskedelem tekintetében a világ legnyitottabb régiója – az összes villamosenergia-fogyasztás (mintegy 2615 TWh) mindössze 11,5%-a az import és 9,2%-a az export hányada, miközben a külkereskedelem zöme is a tagországok között zajlik. Mindössze a teljes fogyasztás 2,2%-át fedezi az EU határain kívülről érkező villamos energia, és ha Svájc, valamint Norvégia beszállításait is levonjuk, a kívülről érkező áram mennyisége 1,4% alá esik!

A megújuló energiák felhasználásával lehetőség van olyan helyi áramtermelési megoldásokat kiépíteni, amelyek jelentősen – akár 30–50 százalékban hozzájárulhatnak egy adott terület energiaháztartásához. A jövő falvaiban, városaiban a házak, épületek nemcsak lakhelyül szolgálnak majd, de a helyi energiatermelés alapegységeivé kell válniuk. Az épületek, irodaházak nemcsak fogyasztják majd az energiát, de mint generátorok, termelik is.

A villamosenergia termelésben elsősorban a csendes, tiszta napenergia képviseli a legnagyobb potenciált szerte a világon. A napenergia legalább három nagyságrenddel nagyobb forrást jelent, mint a többi megújuló forrás. A napsugárzás intenzitása igen nagy: négyzetméterenként 1,4 kW a Földet elérő teljesítmény. Ez a teljes Földre vetítve egy évben közel húszszerszer akkora mennyiség, mint az emberiség teljes energiafelhasználása.

További lehetséges forrásokat jelent a szélenergia, a biomassza és a vízi energiák használata.



Amerika és Európa tengerpartjain rengeteg, ipari mennyiségben áramot termelő szélerőmű épült fel. Ezek a nagyméretű, telepszerűen letelepített berendezések az adott terület villamos energia termelésében, jelentős, 20-25%-os mértékben vesznek részt. Ekkora méretű szélerőmű parkot hazánkban a meteorológiai adottságok miatt nehéz kialakítani, és a számítások szerint ezzel az ország energiaigényének csak mintegy 5-7%-át lehetne fedezni. Amíg a tengerpartokon vagy a hegyek tetején működő szélerőművek 5000-7000 órán át termelnek, addig a sík vidékre telepített erőművek esetében ez az óraszám 2000-3000 közé tehető. Ez magasabb fajlagos beruházási költségeket, tartalék erőművek rendelkezésre állását igényli. Azonban szigetszerű, egyedi kisberendezésekkel egy adott helyszínen a szükséges energiamennyiség nagy része beszerezhető. A magyarországi adatokat tekintve, 3,5 m/sec szélsősebességnél 18 méter

magasan 90 W/m<sup>2</sup>, míg 50 méter magasan 160 W/m<sup>2</sup> szélenergia áll rendelkezésre. Ennek az energiának csak egy részét tudjuk a szélerőműünkkel kinyerni, és hogy milyen arányban, ez függ az alkalmazott berendezés paramétereitől. Sok szélkereket használnak például kutakból való mechanikus víztermelésre. 5 m/sec szélsősebességnél ezzel - az aerodinamikailag rossz hatásfokú szerkezettel - 5-10 l/perc vizet termelhetünk, ez megfelel 100 W teljesítménynek. Ugyanennél a szélsősebességnél egy korszerű berendezés ~350-400 W áramot termel.

### *Azonban*

Ha minden ilyen szép, akkor miért érezhető egy fékezőerő a bevezetéssel kapcsolatban.

Egy megújuló energiát hasznosító beruházás megtérülési ideje, azaz az értelme elsősorban attól függ, hogy mennyibe kerül a hagyományos, fosszilis energiaforrást hasznosító megoldás.

Lássunk egy konkrét példát, a napkollektort. A napkollektorral melegvizet lehet előállítani, elsősorban fürdés és mosogatás céljára. Elvileg lehet vele a fűtésre is rásegíteni, de a szakemberek ezt nem kifejezetten ajánlják, kivéve, ha van egy medence is, ami nyáron felveszi a sok hőenergiát. Melegvizet hagyományos módon leginkább villany- és gázbojlerrel állítanak elő, tehát a napkollektor megtérülési ideje elsősorban a villany és a gáz árának a függvénye. Mai energiaárakkal számolva a napkollektorok villannyal szembeni megtérülési ideje kb. 8-10 év, míg a gázzal szembeni megtérülési ideje kb. 20 év, ha nem számolom a beruházott összeg kamatjövédelmi lehetőségét, mert akkor kész veszteség a beruházás már az elején.

A szélerőművel mi a helyzet? Ha két kisebb turbina 12,5 m/sec átlag szélesebségnél havi 240 kWh energiát szolgáltat. A kWh-ákénti 25 Ft áramdíjjal számolva ez maximum 6000 Ft havonta. Azonban a szélerőtől függően állandóan változó teljesítményű áramot célszerű raktározni. Jelen technikai szinten erre az akkumulátorok a legalkalmasabbak. Az ismertetett berendezésekhez 12 V/400 Ah-48 V/1000 Ah kapacitású akkumulátorokat alkalmaznak az áram tárolására. Amennyiben áramfelesleg keletkezik akkor a turbina tölti az akkumulátorokat, amennyiben viszont nem termel a turbina, akkor az akkumulátorokban elraktározott energiával látjuk el a fogyasztókat. Ez összesen már több, mint 600.000 Ft, ami beruházásként ismét csak veszteséges, hacsak a vezetékes ellátás nincs kiépítve, vagy sokba kerülne. Az arányokon változtathatunk az újabb, drágább, de hatékonyabb un. hibrid berendezések kiépítésével, ahol a szél-turbinát és a napelemeket kombinálva termelik az áramot. De a megtérülés így sem reális.

Az egyéb alternatív villamos energia termelő egységekkel kapcsolatban az MVM a közvetlen költségeken túl más problémát is jelez a kötelezően bevezetett 5 MW ALATTI KISERŐMŰVEK ÉRTEKESÍTÉSE során:

„A mintegy 2-3 órás időtartamra igénybe vett ~200 MW többlet teljesítmény rendszerben tartása ~3,5 Mrd Ft többletköltséget jelent a fogyasztóknak és az ily módon a 45 Ft/kWh-t meghaladó önköltségű villamos energia értékesítése a vezérelt fogyasztókra vonatkozó 11,6 Ft/kWh áron történik. Nyilvánvaló, hogy az ebből adódó veszteséget más fogyasztók finanszírozzák.

Sokkal nagyobb gond, hogy a rövid időszakra, elkerülhetően igénybe vett többletkapacitást nem lehet a verseny piacra vinni, másrészt a csúcsidőszaki többletigények kiszabályozásához az éjszakai völgyidőszakban is eggyel több nagyblokkot kell minimális terheléssel üzemben tartani, ami további rendszerszabályozási nehézségekkel jár.

2004. december 31-én a hazai VER-ben együttműködő villamos energiát termelő egységek beépített villamos teljesítőképessége (BT) összesen 8831,4 MW volt.” [2]

Megszületett egy újabb mutató is, az ökológiai lábnyom. Az ökológiai lábnyom átláthatóbbá teszi a fenntarthatóság problémáját - a döntéshozók fizikai jellemzőt kapnak a politikai, tervezési, vagy technológiai választások ökológiai hatás alapján való rangsorolásához. Végül az ökológiai lábnyom kiemeli a helyi cselekvésre felszólító globális parancsot. Megmutatja, hogy a túlfogyasztás ökológiai és társadalmi hatásai az otthon térségén messze túl nyúlnak. Bevezeti a fenntarthatóság erkölcsi dimenzióját, s azzal, hogy megmutatja mind a népességnövekedés, mind az anyagi fogyasztás szerepét a világ pusztításában, a mindkettőt megcélzó politikák szükségességét hangsúlyozza. [3]

Magyarország lábnyoma számítások szerint 5,01 hektár/fő, biológiai kapacitása ellenben csak 3,07 hektár/fő, tehát életvitelünk fenntartásához országunk területének több, mint másfélszeresére lenne szükség [4]. Sőt egy becslés szerint az átlagos amerikai fogyasztás szerint élő hatmilliárd földlakónak 6,9 földgömbre lenne szüksége életük fenntarthatóságához. Létezett egy másik mutató is, az energiatermelés fajlagos területigényének az értéke, ami nem kevésbé elgondolkodtató képet fest az egyes energiaforrások hasznosításáról.

**4. táblázat** Az egyes villamosenergia-termelési technológiák fajlagos területigénye (az energiaátalakítási folyamatra és a teljes technológiai láncra vetítve)

|                                                                                                         | <b>Energiaátalakítási folyamat fajlagos területigénye [m<sup>2</sup>/MW]</b> | <b>Teljes technológiai lánc fajlagos területigénye [m<sup>2</sup>/MW]</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Szénbázisú villamosenergia-termelés (Coal-Fired Power Plants)                                           | 180–300                                                                      | 5000–75000                                                                |
| Olaj tüzelőbázisú villamosenergia-termelés (Oil-Fired Power Plants)                                     | 80–260                                                                       | 2000–12000                                                                |
| Földgáz tüzelőbázisú villamosenergia-termelés (Natural Gas Fired Power Plants)                          | 70–180                                                                       | 1500–10000                                                                |
| Atomerőművi villamosenergia-termelés (Nuclear Power Plants)                                             | 260–320                                                                      | 7500–37500                                                                |
| Vízenergia villamosenergia-termelés (Hydro Power Plants/Hydro Power Stations)                           | 12000–24000                                                                  | 12000–24000                                                               |
| Szivattyús-tározós vízenergia-termelés (Pumped Storage Hydro Power Plant)                               | 15000–20000                                                                  | 15000–20000                                                               |
| Tüzelőanyag-cellák (Fuel Cells)                                                                         | 180–260                                                                      |                                                                           |
| Geotermikus energia villamosenergia-termelési célú hasznosítása (Geothermal Power Plants)               | 1000–1500                                                                    | 1000–1500                                                                 |
| Napenergia villamosenergia-termelési célú hasznosítása (Solar Power Generating Systems)                 | 25000–61000                                                                  | 25000–61000                                                               |
| Szélerőművek (Wind Power)                                                                               | 30000–80000                                                                  | 30000–80000                                                               |
| Villamosenergia-termelés biomasszából Nincs adat. (becsült érték) (Electricity Generation from Biomass) | 200–300                                                                      | 200000–4000000                                                            |

Ezek alapján mekkora területre lenne szükség, ha a jelenlegi energiamixet át kellene állítani másikra?

Az ENSZ 2000-ben kiadta a millenniumi nyilatkozatot, amelyben az emberiség fejlődésének 2015-ig elérendő céljait sorolták fel, ahol az első:

**Környezeti célok:** Meg kell valósítani és ki kell terjeszteni a kiotói jegyzőkönyv céljait az üvegházgázok kibocsátásának csökkentésére. Meg kell akadályozni, hogy a természetes erdők összterülete tovább zsugorodjon. Tovább kell fejleszteni és teljesíteni kell a WHO irányelvein alapuló országos szabványokat a levegő minőségére vonatkozóan. A talaj eróziójának mértékét felére kell csökkenteni. Véget kell vetni a vízkészletek túlzott kimerítésének. [9]



Ugyanakkor nem tudjuk milyen mértékben kell félni az üvegházhatástól, vagy annak csökkenésétől, hiszen az üvegházhatás az, mely a föld hőmérsékletét 34°C-al magasabban tartja, mint amennyinek a naptól való távolság függvényében lennie kellene, illetve a szélsőséges hőingadozást is mintegy 150°C-al csökkenti. Olyan érzésem van, hogy ismét más célok vezérelnek, érzelmek és érdekek döntenek, nem az értelem.

## IRODALOMJEGYZÉK

1. <http://www.kornyezetunk.hu/belso/linkajanlo.html> (Energetika)
2. [www.mvm.hu/resource.aspx?ResourceID=kozl\\_2004\\_4](http://www.mvm.hu/resource.aspx?ResourceID=kozl_2004_4).
3. (Wackernagel, N. és Rees, W.: Ökológiai lábnyomunk. *Föld Napja Alapítvány 2001. 77-79.p.*)
4. (Trombitás Gábor: Ökológiai lábnyom. *KukaBúvár 2001. ősz*)
5. PÁL LÁSZLÓ Pál László: Energiapolitikai dilemmák az Európai Unióban. *A Magyar Villamos Művek Közleményei XLI. 2004.4. 5-14 p.*
6. Dr. Gerse Károly: Tarifaváltoztatás a kiserőművek értékesítésére. *A Magyar Villamos Művek Közleményei XLI. 2004.4. 15-20. p.*
7. Dr. Stróbl Alajos: A villamosenergiarendszer másfél éves működésének néhány tapasztalata. *A Magyar Villamos Művek Közleményei XLI. 2004.4. 24-29. p.*
8. Dr. Fazekas András István: Villamosenergia-termelési technológiák. *A Magyar Villamos Művek Közleményei XLI. 2004.4. 64-70. p.*
9. Millenniumi nyilatkozat az ENSZ Fejlesztési Programjából, *Human Development Report 2001 (New York: Oxford University Press, 2001), pp. 21., 24.*

### Az izzólámpa energiahasznosítása

100 J tüzelő

|           |              |            |
|-----------|--------------|------------|
| 65        | J            |            |
| hővesztés |              |            |
|           | 3,5          | J          |
|           | kábelvesztés |            |
|           | 30           | J          |
|           | hőtermelés   |            |
|           |              | 1,5 J fény |