

Fotovoltaikus elemek elterjedése a világon

Magyarország elmaradásának okai

Weeber András

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki kar, Energetika szak
Budapest, Magyarország
andras.weeber@gmail.com

Treuer Márton

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki kar, Energetika szak
Budapest, Magyarország
marcitreuer@hotmail.com

A fotovoltaikus elemekkel történő áramtermelés már több, mint egy évtizedes múlttal rendelkezik, de az elmúlt 7-8 évben terjedt el tömegesen. Ez elsősorban gazdasági okokra, másrészt szemléletmódbeli változásokra vezethető vissza, illetve szükséges velejárója volt a magas szintű technológiai fejlődés. A világ elektromos energiával való ellátása ma a megújuló energiaforrások kiaknázása nélkül szinte lehetetlen volna, ezek közül is az egyik legnagyobb potenciál a napenergiában rejlik. Mára több, mint 140 GW névleges teljesítményű napelemet telepítettek..

Igen érdekes, ha megvizsgáljuk, hogy az egyes nagyhatalmakra és földrészekre vonatkozó elterjedés milyen módon következett be, és milyen okokra vezethető vissza. Évről évre más és más országok kapcsolódnak be a fotovoltaikus elemeket tömegesen telepítő országok közé. A technológiai élenjáró Németország, az elképesztő mennyiségű energiát igénylő Kína, az atomerőművi katasztrófával sújtott Japán vagy a hatalmas sivatagokkal rendelkező Egyesült Államok mind más módon kapcsolódott be ebbe az óriásivá vált üzletágba.

Magyarországon is megkezdődött a napelemek elterjedése, tavaly már több ezer háztartási méretű rendszer épült, de tömeges mennyiségről még mindig nem beszélhetünk. Néhány önkormányzat, nagyobb vállalat és tehetősebb háztartás beruházott már napelemes rendszerekre, de a világ fotovoltaikus térképén nem igazán jelölik még hazánkat. A nagyhatalmakhoz hasonlóan nálunk is megtalálhatók a jelenlegi állapotot eredményező okok, valószínűsíthető, hogy most indulnak majd el a nagyobb léptékű telepítések. Ez nem is baj, hiszen az óriási méretű áresés, valamint az alacsony banki kamatok mostanra tette gazdaságilag is indokoltá a napelemek alkalmazását.

A fotovoltaikus áramtermelés mennyiségének csak a tárolási nehézségek vethetnek gátat. Nehéz megbecsülni, hogy hol lesz az a határ, amit még elbírnak a világ elektromos rendszerei. Mindenesetre az elért határfokok egyre magasabbak, laborban már 44%-ot is sikerült elérni.

Kulcsszavak: fotovoltaikus, napelem, megújuló energia, energiaár, energiapiac (photovoltaic, solar, renewable energy, energy price, energy market)

I. BEVEZETÉS

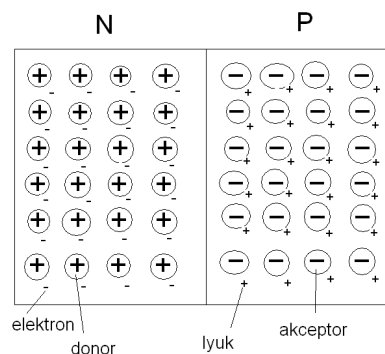
Az emberiség teljes éves energiafelhasználását fedezné a Földre érkező néhány órányi napsütés energiatartalma, ha ezt hasznosítani tudnánk [1]. Persze a gyakorlatban ennek csak

töredéke áll rendelkezésünkre, de az adat mégis jól tükrözi, milyen óriási energiaforrásról van szó.

Az elmúlt évtizedben kezdett igazán jelentős mértékben elterjedni a megújuló energia hasznosítása, mely korlátlanul rendelkezésre áll a világ energiaigényeinek fedezésére. Jelenleg a globális energia felhasználás 8,9%-a megújuló alapú, de pár éve ez a szám még csak 5% körül volt. [2]. Ezek közül is jelentős a Nap energiájának fotovoltaikus elemekkel történő befogása, amely technológia elektromos áram előállítását teszi lehetővé.

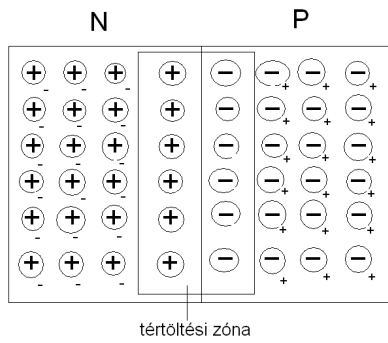
II. TECHNOLÓGIAI HÁTTÉR

A fotovoltaikus napelem cellák két fajta anyagot tartalmaznak, melyeket p-típusú és n-típusú félvezetőnek nevezünk. Esetünkben a félvezető anyag jellemzően szilícium, amelyhez pl. foszfort (elektron többlettel rendelkezik; n-típus) és bórt (elektronhiánnyal rendelkezik; p-típus) adagolhatunk. Az n-típus oldalon szabad elektronok, a p-típus oldalon pedig lyukak keletkeznek.



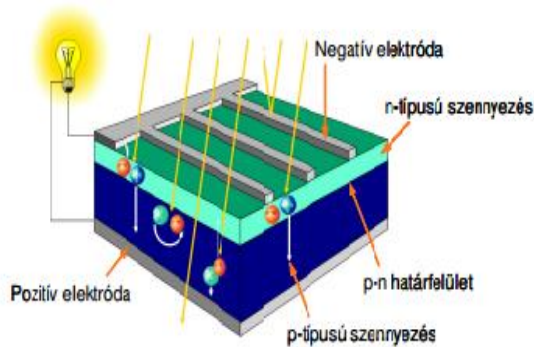
1. ábra A p-n átmenet [3]

A két réteg határán alakul ki az átmeneti réteg, melyet kiürülési tartománynak nevezünk, és nem vezet. Azért jön létre, mert a határon a két réteg töltéshordozói (tehát az elektronok és a lyukak) kölcsönhatásba léphetnek egymással és rekombinálnának, a helyhez kötött részecskék pedig állandó elektromos teret hoznak létre [3].



2. ábra Az átmeneti réteg [3]

Ha a p-n átmenetet fénysugárzás éri, akkor az elektronok gerjesztett állapotba kerülnek, de a jelenlévő állandó elektromos tér nem teszi lehetővé, hogy az elektronok és lyukak rekombinálódjanak, hanem az elektronok elindulnak a negatív elektróda felé, a pozitív ionok pedig a pozitív elektróda felé, a töltések pedig külső áramkörbe vezethetőek.



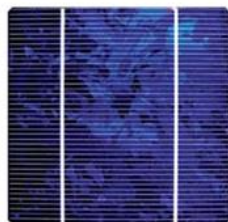
3. ábra Az áramkör [4]

Ez által létrejön az áramkör, amelyben mindaddig áramlanak a töltések, amíg a fotovoltaikus cellát fény éri.

Az első fotovoltaikus elemet 1954-ben készítették el, 6% körüli hatásfokkal [5]. Mára a különböző technológiák más és más hatásfokot tesznek lehetővé, a piacon elérhető kristályos napelemek átlagos hatásfoka 16%.

A. Polikristályos napelemek

Ez a típus többkristályos szilícium szerkezetet jelent (jelölése: poly-Si).



4. ábra Polikristályos cella [17]

Laboratóriumban elért eddigi legmagasabb hatásfoka 20,4%. 2013-ban a világon újonnan telepített rendszerek 55%-ában multi- és polikristályos napelemeket alkalmaztak [6]. Ennek oka a relatív magas hatásfok és a viszonylag olcsó előállítás.

B. Monokristályos napelemek

Ez a típus egykristályos szilícium szerkezetet jelent (jelölése: mono c-Si).



5. ábra Monokristályos cella [17]

Az elterjedt napelemek közül a legmagasabb hatásfokkal rendelkezik, laboratóriumban már 25%-ot is elértek. Kissé drágább az előállítása, mint a polikristályos napelemeknek, talán ezzel magyarázható, hogy a tavalyi évben a piaci részesedése is kisebb, csak 36% volt [6].

C. Vékonyfilmes technológia

A vékonyfilmes technológia egyre inkább visszaszorul a kristályos cellákkal szemben, mára a telepítések csak 9%-ánál választják.



6. ábra Vékonyfilmes technológia [17]

Ide tartozik az amorf-szilícium (aSi), a kadmium-tellurid (CdTe), és a réz-indium-galliumdiszelenid (CIGS) technológia. Elterjedésének oka, hogy lényegesen olcsóbban előállítható, mint a kristályos elemek. Ugyanakkor alacsonyabb, 8-11% hatásfokú, ezért elsősorban ipari méretű napelem parkoknál (földeken, csarnoktetőkön) terjedt el, ahol több hely áll rendelkezésre [6]. Ahogy a kristályos napelemek is fokozatosan a megfizethető, megtérülő árszintre kerültek, úgy szorultak egyre inkább vissza a vékonyfilmes modulok.

D. HCPV napelemek

A HCPV, azaz koncentrált napelemek már a jövő felé mutatnak, laboratóriumi kísérleteken már 44% hatásfokot is sikerült elérni a koncentrált optika alkalmazásával.

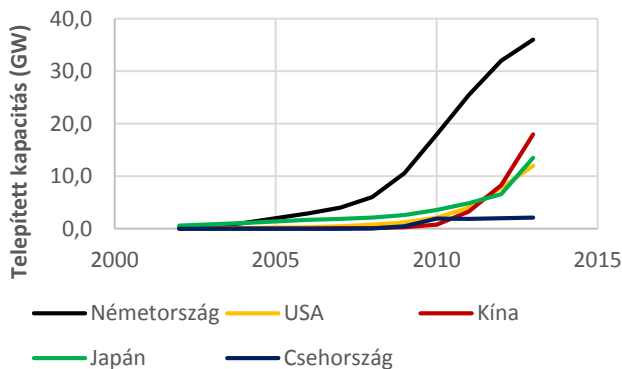


7. ábra HCPV elem [16]

A tavalyi évben 50 MW-nyi koncentrált napelemet telepítettek [6]. Ha a gyártási költségeket sikerülne mérsékelni, esetleg a technológián még fejleszteni, az újabb óriási lökést adhatna a fotovoltaikus elemek elterjedésének.

III. A GLOBÁLIS ELTERJEDÉS OKAI

A napelemek globális elterjedését a technológia folyamatos fejlődésével együtt járó fokozatos árcsökkenés tette lehetővé. Az egyes országok azonban más időpontokban kapcsolódtak be igazán nagy lendülettel a telepítésekre.



8. ábra A vizsgált országok napelem kapacitása 2002-2013 között [18, 19 alapján]

Érdemes megvizsgálni ennek okait.

- Németország

Nyugodtan kijelenthetjük, hogy a fotovoltaikus napelemek elterjedése Németországban kezdődött, ez volt az első ország, amely felfigyelt az ebben rejlő óriási gazdasági és környezetvédelmi lehetőségekre. Már 2004-ben 1 GW kapacitással rendelkezett az ország, hatalmas összeget fektettek az iparág fejlesztésébe, mely később, a többi európai ország bekapcsolódásakor, sokszorosán megtérült [6]. A napelemmel termelt áramért a fogyasztói árak háromszorosát fizették ki, tehát a magas átvételi ár, azaz Feed-In Tariff (FIT) serkentette a fogyasztókat a beruházásra [6]. Az Európai Unióban nem lett volna lehetősége Németországnak a napelem gyártókat közvetlenül anyagilag támogatni, mert az a nemzetközi versenybe való beavatkozás lett volna. Azonban a magas átvételi árakat nem tiltották meg, így a vásárlás ösztönzésével, fogyasztói oldalról, közvetve jutottak rengeteg forráshoz a gyártók.

Az ország 14 éven keresztül minden évben a napelemes piac legnagyobb szereplője volt, ennek köszönhetően összesen 36 GW beépített kapacitással rendelkezett 2013 végére [7]. A tavalyi évben azonban lezárult ez a korszak, a 4. helyre csúsztak vissza az új telepítésekkel. A fejlődés és bővülés megmaradt, az intenzitás azonban jelentősen visszaesett, mostantól várhatóan nem tudnak lépést tartani az eddig lemaradó, most bekapcsolódó többi világhatalommal.

- Egyesült Államok

Az Egyesült Államok csak az utóbbi években vált jelentős szereplőjévé a fotovoltaikus piacnak. A 2013-as évben a 3. legtöbb napelemet itt telepítették, amely 4,8 GW-ot jelentett, és amellyel átlépték a 10 GW-os határt [7]. A legnagyobb amerikai napelem gyártó a First Solar, amely 1,6 GW-ot gyártott a tavalyi évben, így saját hazájában is egyre növekedni tud. Leginkább Kalifornia állam jár élen a napelemek telepítésében, az ország

teljes mennyiségének mintegy 50%-át birtokolja, és 2016-ra az állam elektromos igényeinek 25%-át megújuló forrásokból kívánják fedezni [8].

- Kína

Kínát a legtöbben a világot leginkább elszennyező nagyhatalomnak titulálják, valójában mára mégis ők lettek a megújuló energiaforrások legnagyobb kiaknázói. Szükségük is van a megújuló, korlátlanul rendelkezésre álló energia felhasználására, ugyanis már évek óta a világ legnagyobb fogyasztói, a világ energiaszükségletének 22,4%-áért felelősek [9]. Elképesztő ütemben kezdtek a fotovoltaikus rendszerek telepítésébe is. 2013-ban 11,8 GWp telepítéssel egyértelműen átvették a vezető szerepet Németországtól és ezzel egy év alatt majd megháromszorozták beépített kapacitásukat [7]. A világ 10 legnagyobb napelem gyártó vállalata közül csupán 3 nem kínai [10]. Bár ez már 2 éve is nagyjából így volt, mostanra kezdtek el nagy mennyiségben a saját, hazai piacukra is termelni. A kínai tömeges napelem gyártás vezetett a piacon jelentkező drasztikus árcsökkenéshez. Emiatt az elmúlt 5 évben a rendszerárak kb. 60%-kal estek.

- Japán

Japán a fejlett technológiákban jó ideje élenjáró országnak számít, így van ez a napelemekkel is. A Sharp és a Kyocera vállalat a világ legnagyobb napelem gyártói között foglalnak helyet, sok évtizedes gyártási tapasztalattal. 2013-ban 6,9 GW-tal a világ második legnagyobb napelem telepítőjévé lépett elő az ország [7]. Japánban a fukushimai nukleáris katasztrófa adott igazán nagy lendületet a megújuló energiák – és így a napelemes rendszerek – elterjedésének. Ugyanis a lakosság részéről a baleset komoly ellenszenvet váltott ki az atomenergiával szemben. 2011 előtt még csak 3 GW-tal rendelkezett az ország, 2013-ra ez a mennyiség 13,5 GW-ra nőtt, ez év végére pedig valószínűleg a 25 GW-ot is eléri. A siker oka a magas átvételi tarifákban (FIT) keresendő, hasonlóan, mint ahogy az Németországban működött, sok évvel ezelőtt. Ambiciózus célokat tűzött ki az ország vezetése; 2050-ra a teljes primer energia felhasználás 10%-át fotovoltaikus elemekkel fedezni.

- Csehország

Érdekesen alakult a hazánkhoz hasonló méretű Csehországban a napelemek elterjedése. Az ország méretéhez és gazdasági helyzetéhez képest elég sok, bő 2 GW kiépített napelem kapacitással rendelkeznek, melyet gyakorlatilag mind 2009-2010 között hoztak létre. De azóta szinte meg is állt a piac, 2010 végén ugyanis nagyon komoly adókat vetettek ki az amúgy is hirtelen 50%-ára csökkentett, fotovoltaikus módon előállított villamos energiára vonatkozó átvételi tarifákra [11]. Ezt azzal indokolták, hogy a hirtelen bekövetkező napelem boom okozta az elektromos áram igen gyors, 20%-os növekedését. A tiltakozások ellenére a kormány döntött, a napelemes piac pedig gyakorlatilag leállt, viszont komoly elosztó központok és gyártósorok máig is működnek az országban.

IV. HAZAI HELYZET

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve szerint a 2020-as nemzeti célkitűzés – jóval az átlagos uniós vállalás alatt – az összes megújuló energia részesedésére, a teljes bruttó energiafogyasztásban, 14,65% [12]. A villamos

energiára 10,9%-ot vállaltunk, azt azonban egyelőre nem igazán látni, hogyan fogjuk teljesíteni. Az biztos, hogy az egyik legnagyobb kiaknázatlan potenciál a fotovoltaiikus napelemekben rejlik.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) közelmúltban nyilvánosságra hozott adatsora szerint a 2013-as évben 2997 db háztartási fotovoltaiikus napelemes rendszer épült, összesen 18,7 MW teljesítménnyel [13]. Így az elmúlt évben meg két és felszerződött a napelemes kiserőművek kapacitása hazánkban. De az összesen 31 MW Európában így is igen kevésnek számít.

1. táblázat Napelem kapacitások Európában (Saját táblázat [7] alapján)

Ország	Teljesítmény (GW)	W/lakos
Németország	35,7	436
Olaszország	17,9	294
Görögország	2,6	229
Hollandia	0,67	40
Románia	1,15	54
Magyarország	0,031	2

Magánszemélyekre vonatkozó napelemre is igényelhető állami támogatások, pályázati lehetőségek 2011 augusztusa óta nem voltak hazánkban. Akkor is csak rövid időre, az Új Széchenyi Terv Zöld Beruházási Rendszer "Mi otthonunk felújítási és új otthon építési alprogram" keretében biztosított pályázati lehetőséget megújuló energiaforrás hasznosítására is. A kiírás a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumhoz volt köthető, 2011. augusztus 15. és október 30. közötti időszakra, vagy a keret kimerüléséig. Mivel ez a rendelkezésre álló keret 1,6 milliárd forint volt, ezért az akció csupán 2 napig tartott. Ráadásul ez az 1,6 milliárd forint elsősorban nyílászáró cserére, hőszigetelésre, fűtési rendszerek korszerűsítésére fordítódott, hiszen arra is igényelhetők [14].

Az tehát az elmaradás elsődleges oka, hogy az európai országok nagy részével ellentétben nálunk nem volt támogatás vagy átvételi árral való ösztönzés a telepítésekre. Gazdasági megfontolásból azonban egyáltalán nem probléma, hogy országunk ezen a téren lemaradásban van. 2006 és 2014 között a napelemes rendszerek ára közel harmadára esett [15]. Azokban az években, amikor pl. Csehország óriási napelemes projektekbe kezdett, ez a technológia még a "soha meg nem térülő" beruházások kategóriájába esett. Mostanra viszont érdemes lesz hazánkban is megkezdnie a telepítést, illetve a nagyobb projektek számára az engedélyek kiadását.

A fotovoltaiikus rendszerek terjedése várható a lakossági (háztartási kiserőművek formájában) és az ipari (napelemes parkok) szektorban is. Mint láttuk, a lakosság megkezdte a beruházásokat, tavaly 2997 db háztartási épített ki napelemes rendszert. Hazánkban, a felmérések szerint, csupán a lakosság 15%-a rendelkezik valamilyen megtakarítással, becslések szerint olyan 5% rendelkezik megfelelő mértékű megtakarítással egy napelemes rendszer telepítésére. Ezek közül is az esetek talán 20%-ban van meg az ideális terület vagy

tetőfelület az elhelyezésre. Így, ha a reálisan számba vehető háztartások fele a következő években részánja magát a beruházásra, akkor talán a mai 4800 kiserőműhöz képest még olyan 12 ezer keletkezhethet. Ez összesen 17 ezer rendszert és kb. 90 MW teljesítményt jelenthet.

V. KONKLÚZIÓ

Megvizsgáltuk, hogy az elmúlt években jelentkező technológiai fejlődés és növekvő energiaszükséglet milyen gyorsan kezdte el átalakítani a világ energiamixét. A technológiában élenjáró nagyhatalmak, tehát Németország és Japán mellett mára a világ fő energiafogyasztói, Kína és az USA is óriási napelem farmok létesítésébe kezdett. A világ fejlett országaiban mind megindult az átállás a megújuló energiákra, melyek közül nem elhanyagolható a mára 140 GW-ot meghaladó, kiépített fotovoltaiikus teljesítmény sem. Úgy tűnik, hogy egyes országok a globális piac megszerzése, mások a társadalmi nyomás, megint mások az óriási igények kielégítése miatt kényszerültek a napelemes rendszerek telepítésére, de valójában, ezen a téren, a kiváltó októl függetlenül jó irányba halad a világ. A napelemek energia visszatérülési ideje olyan 1,5 – 2,5 év földrajzi elhelyezkedéstől függően [6].

Ha a technológia tovább fejlődik, és tényleg elérhetőek lesznek a mai 18-20% helyett az akár 40-50%-os modul hatásfokok, akkor semmi nem állhat a bővülés útjába, a legtöbb család 8-10 m²-en elő tudja majd állítani az általa felhasznált villamos energiát.

Hazánkban a lakosság időben, az árszínvonal megfelelő mértékű esése után kezdte el behozni Európához képest igen jelentős lemaradását.

2. táblázat A hozamok változása 2009-2014 között [ELMŰ és MNB alapján]

1 kW napelem ára (Ft)	
2009	1 100 000 Ft
2014	490 000 Ft
Áramár (Ft/kWh)	
2009	50 Ft
2014	40 Ft
Éves hozam kilowattónként	
2009	55 000 Ft
2014	44 000 Ft
Hozam a beruházás függvényében	
2009	5,0%
2014	9,0%
Alapkamat (MNB)	
2009	7,0%
2014	2,1%

A kedvező feltételek között szerepel, hogy a banki megtakarításra kapott kamatok mértéke egyre csökken (mára csak 2% körüli), ezzel összehasonlítva lényegesen magasabb

hozam (kb. 8-11%) realizálható egy napelemes rendszer beruházása esetén. Ez annak ellenére is így van, hogy a rezsicsökkentés valamelyest növeli a napelemek megtérülési idejét, hiszen minél magasabb az áram ára, annál „többet ér”, hogy magunknak állítjuk azt elő.

Nemzetgazdasági szempontból talán nem lett volna értelme államilag támogatni a méregdrága rendszereket évekkal ez előtt. Ezután pedig, az amúgy is gyorsan megtérülő beruházásokat talán megint nincs értelme anyagilag segíteni. Jó az, ha természetesen, beavatkozás nélkül történik a fejlődés. Különösen egy olyan országban, ahol a támogatásokat inkább a szegényebb rétegnek illene adni, hőszigetelésre és elavult fűtőberendezések cseréjére. Természetesen a megújuló energiára vonatkozó részarány tekintetében vállalt kötelezettségeinknek is eleget kellene tenni, ezért ipari oldalon adókedvezményekkel és esetleg valamivel magasabb átvételi árakkal azért lehetne támogatni a nagyberuházásokat. De főleg akkor lenne ez hasznos, ha a sok megawattos parkoknak fizetett magas átvételi ár valahol visszajönne a magyar költségvetésbe, tehát magyar tulajdonban lévő cégek tudnának ilyen beruházásokat megvalósítani.

- [1] Smil Vaclav, Energy at the Crossroads, 2006, OECD, p. 8.
- [2] Portfolio.hu, Soha nem fogyasztott még ennyit a világ (2013. július 13.)
- [3] Wikipédia, http://hu.wikipedia.org/wiki/P-n_%C3%A1tmenet (2014. október 8.)
- [4] Solarpraxis AG, http://www.energieverbraucher.de/de/Solarzellen__831 (2014. október 8.)
- [5] IEEE Global History Network, http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Milestones:First_Practical_Photovoltaic_Solar_Cell (2014. október 8.)
- [6] Fraunhofer ISE, Photovoltaics Report (Freiburg, 2014)
- [7] EPIA, Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018
- [8] DSIRE Solar http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=CA25R&re=0&ee=0 (2014. október 8.)
- [9] BP <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/country-and-regional-insights/country-insights-china.html> (2014. október 8.)
- [10] PVTECH http://www.pv-tech.org/guest_blog/top_10_pv_module_suppliers_in_2013 (2014. október 8.)
- [11] PV Magazine http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/czech-president-approves-controversial-solar-tax_100001824/#axzz3FZWvoMfM (2014. október 8.)
- [12] Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve, 2013, 42. oldal
- [13] Magyar Energetikai és Közműszabályozási hivatal: <http://www.mekh.hu/> (2014.05.20.)
- [14] Nemzeti Környezetvédelmi és Energia Központ Nonprofit Kft: <http://www.nek.hu/uszt-zbr-miotthonunk/hirek/110713-indulo-energiahatekonysagi-programok-a-lakossag-es-a-kkv-szektor-szamara> (2013.11.20.)
- [15] BSW-Solar: http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/Grafiken/pdf/BSW_Preisindex_1304.pdf (2011.11.20.)
- [16] treehugger: <http://www.treehugger.com/renewable-energy/concentrator-solar-photovoltaic-power-at-a-quarter-the-cost-morgan-solar-sun-simba-hcpv.html> (2014. 11. 13.)
- [17] Civicsolar™: <http://www.civicsolar.com/resource/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels> (2014. 11. 13.)
- [18] Wikipédia: Solar power in Germany, Solar power in China, Solar power in the Czech Republic, Solar power in Japan (2014.11.16.)
- [19] Divvysolar: <http://divvysolar.com/blog/272/> (2014.11.16.)