

## NAPELEM TELJESÍTMÉNY ÉS HATÁSFOK VÁLTOZÁSÁ- NAK VIZSGÁLATA FELÜLETI SZENNYEZŐDÉS ESETÉN

### EXAMINATION OF PERFORMANCE AND EFFICIENCY OF PHOTOVOLTAIC CELLS WITH CONTAMINATED SURFACES

Koós Dániel<sup>1</sup>, Bodnár István<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; +36-20-290-1108, [daniel.koos1@gmail.com](mailto:daniel.koos1@gmail.com)

<sup>2</sup>Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék; H-3515 Magyarország, Miskolc- Egyetemváros; Telefon / Fax: +36-46-565-168, [vegybod@uni-miskolc.hu](mailto:vegybod@uni-miskolc.hu)

#### Abstract

One of the most major topic of the world is the energy. Nowadays the renewable energy sources become more and more popular - first of all the solar energy - that's why the researches of energy conversations are very important. We have examined the performance and efficiency of photovoltaic cells, including contaminated surfaces and deterioration.

**Keywords:** photovoltaic cell, energy efficiency, contaminated surface.

#### Összefoglalás

Világunk egyik központi témája az energia. Manapság egyre jobban előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások, legfőképpen Földünk életető eleme a Nap. Tehát aktuális téma a napenergia átalakítására szolgáló berendezések vizsgálata. Kutatásunk fő irányvonala a napelemek teljesítmény és hatásfok változásának vizsgálata, felületi szennyeződések esetén, és az előregedés jelenségének következményeként.

**Kulcsszavak:** napelem, energetikai hatásfok, felületi szennyeződés.

#### 1. Napenergia, mint a legnagyobb potenciállal bíró megújuló energiaforrás

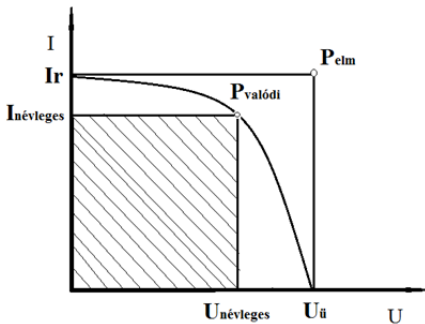
A megújuló energiaforrások közül a legstabilabb és ingyenes energiaforrásunk a napenergia. A Föld légkörén áthatoló nap-sugárzás egy része elvész, így átlagosan 1.000 W/m<sup>2</sup> hasznosítható energia éri el a földfelszínt [1]. A napenergia felhasználásának számos passzív és aktív formája

ismert. Az építészet kezdete óta befolyásolja az épületek elhelyezését, megtervezését a nap-sugárzás. A technológiák fejlődésével egyre sokrétűbb és jobb hatásfokú aktív energia-átalakító rendszereket hoztak létre. Ilyenek például a napkollektorok vagy a napelemek. A lakossági felhasználók körében is egyre jobban elterjedt a napelemek használata. A növekvő tendencia ellenére Magyarország napenergia potenciáljának csak kis részét hasznosítja. A napele-

mek esetében komoly probléma a kis energia átalakítási hatékonyság és az anyaguk elöregedése okozta teljesítményromlás (30 év alatt akár 50%-os hatásfokcsökkenés). Mindemellett az éves teljesítménykihasználtság mintegy ötöde a fosszilis energiahordozókat hasznosító erőműveknek [2].

## 2. Napelemek

A jelenleg használt napelemek döntő többsége p-n átmenetes szilícium félvezető-kön alapszik. A Napból érkező fotonok energiája töltéshordozó párokat generál a félvezetőben, tehát a napelemben fotoáram jön létre [2]. A napelem kivezetéseinek mérhető üresjárati feszültség és rövidzárási áram szorzata a napelem elméleti teljesítményét határozza meg (1. ábra). Ha fogyasztót kapcsolunk a kivezetésekre, akkor a napelem valódi teljesítményéről beszélhetünk, amely maximalizálásához elengedhetetlen az optimális terhelés megválasztása. A legjobb teljesítmény-kihasználás terhelésszillesztési feladattal valósítható meg [1].



1. ábra. Napelem U-I jelleggörbéje

Az elméleti és gyakorlati teljesítmények között a  $\varphi$  kitélési tényező teremt kapcsolatot, számítási módja a következő (1):

$$\varphi = \frac{U_{nevleges} \cdot I_{nevleges}}{U_{\ddot{U}} \cdot I_R} = \frac{P_{valodi}}{P_{elméleti}} \quad (1)$$

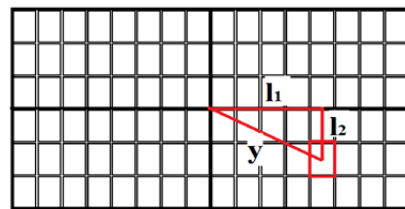
## 3. A mérés ismertetése

A napelemes méréseink során szeretnénk volna megvizsgálni, hogy a napelem

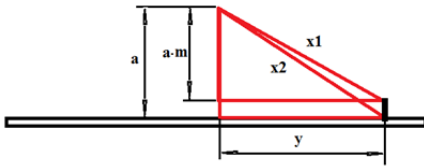
felületére kerülő szennyezők esetén mekkora teljesítmény, és hatásfok csökkenés tapasztalható. A valós értékek meghatározásához szükségünk volt a teljes napelem teljesítményének és hatásfokának ismeretére. Az általunk használt napelem egy 0,75 m<sup>2</sup> felületű amorf, szilícium napelem, amely a korábbi felhasználások következtében sérült felületű, és a gyártástól eltelt mintegy 20 év alapján vélhetően előregedett szerkezetű. A fényviszonyok reprodukálhatósága érdekében a napelemet egy 1.000 W fényteljesítményű reflektorral világítottuk meg.

### 3.1. A fényintenzitás eloszlás meghatározása

A pontszerű fényforrásból adódóan a napelem felületén egyenetlen fényintenzitás eloszlás tapasztalható. Ez szükségessé tette a napelem felületének cellákra való bontását, és külön-külön történő mérését. A napelemet 96 db. (6x16) cellára bontottuk és mindegyikben megmértük az intenzitás mértékét. A napelemet mátrixként kezeltük, amelynek elemei a megfelelő cellák voltak. A cellák intenzitásának mérése során technikai okok miatt árnyék vetült az intenzitás mérőre, ezért azt csak megemelten, a napelemtől 2 cm távolságra tudtuk elhelyezni. Az intenzitásmérő saját vastagságát is beleszámítva az általunk mért felület és a napelem felülete közt 4,5 cm távolság mérhető. Ezen eltérés korrigálására bevezettünk egy korrekciós tényezőt, ami a fényforrástól mért távolsággal változik. Meghatározásának módszerét szemlélteti a 2. és a 3. ábra.



2. ábra. Korrekciós tényező számításának szemléltetése felülnézetben



3. ábra. Korrekciós tényező számításának szemléltetése oldalnézetben

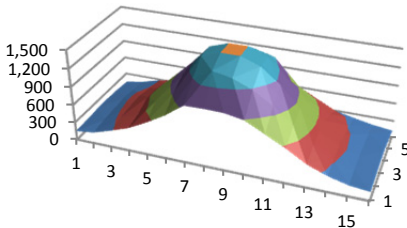
A korrekciós tényező számításához használt összefüggéseket a (2)-(5) képletek mutatják. Három mérésorozatunk átlagából képeztünk korrigált intenzitás eloszlást háromdimenziós felületként ábrázoltuk (4. ábra).

$$y = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad (2)$$

$$x_1 = \sqrt{(a - m)^2 + y^2} \quad (3)$$

$$x_2 = \sqrt{a^2 + y^2} \quad (4)$$

$$k = \frac{\frac{1}{x_2^2}}{\frac{1}{x_1^2}} \quad (5)$$

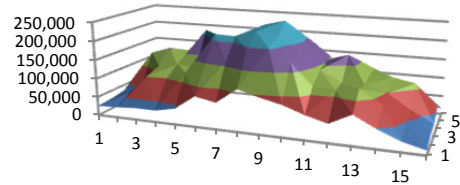


4. ábra. Intenzitás-eloszlás [W/m<sup>2</sup>]

### 3.2. A teljesítmény eloszlás meghatározása

Az egyes cellák elméleti teljesítményének meghatározásához a cellák által leadott üresjáratú feszültség és rövidzárási áram mérése szolgált alapul. A cellák vizsgálatát úgy végeztük, hogy az adott cellát nemfényáteresztő anyaggal letakartuk és mértük a szabadon hagyott rész által leadott üresjáratú feszültséget és rövidzárási áramot. Az

így számolt teljesítményt kivontuk a teljes napelem által leadott elméleti teljesítményből. Ezen inverz számítási módot az a tapasztalat tette szükségessé, hogy egy cella által termelt villamos energia 90%-a elnyelődik a napelem belső- és a mérőkör ellenállása által, ami nagymértékben torzítja az eredményeket. Az 5. ábra szemlélteti a cellánként mért elméleti teljesítményt.



5. ábra. Elméleti teljesítmény-eloszlás [W]

A cellák vizsgálatát terhelten nem végeztük, a kitöltési tényezőt állandónak feltételezve, annak segítségével számoltuk a gyakorlati teljesítményt (6) képlet alapján.

$$P_{valódi} = \varphi \cdot P_{elméleti} \quad (6)$$

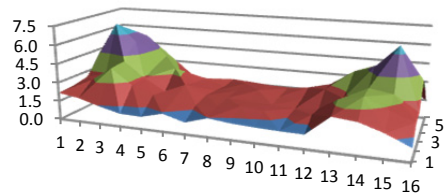
### 3.3. Hatásfok eloszlás meghatározása

A cellák hatásfokait a (7) és (8) összefüggések alapján számoltuk. Az így meghatározott elméleti és gyakorlati hatásfokot a 6. és a 7. ábra szemlélteti.

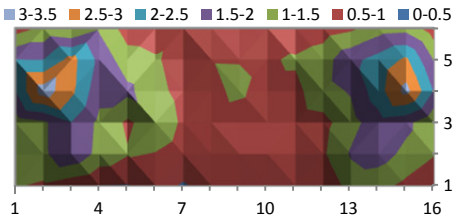
$$\eta = \frac{P}{P_{fény}} \quad (7)$$

$$P_{fény} = E \cdot A_{cella} \quad (8)$$

Ahol: P egy cella által leadott teljesítmény [W], P<sub>fény</sub> a cellára eső fénytelsítmény [W], E a cellára eső fényintenzitás [W/m<sup>2</sup>], A<sub>cella</sub> a cella felülete [m<sup>2</sup>].



6. ábra. Elméleti hatásfok eloszlása [%]



7. ábra. Gyakorlati hatásfok eloszlása [%]

A várt eredményektől eltérően a középső cellák hatásfoka kisebbre adódott a napelem szélén található cellákéhoz képest. Az általunk vélt okok a következők lehetnek:

- a tárolás és egyéb körülmények okozta eltérő mértékű előregedés;
- a napelemre felvitt kondenzátum egyenetlensége;
- felületi sérülések;
- a legvalószínűbb ok a megvilágítás intenzitásának egyenlőtlen eloszlása.

#### 4. Felületi szennyezők hatásának vizsgálata

A napelem hétköznapi felhasználása során számos szennyeződéssel kerül kapcsolatba, amelyek befolyásolhatják hatásfokát. Az általunk vizsgált szennyező a falevél volt. A vizsgálatok során a napelemben különböző elrendezésekben helyeztük el a faleveleket (8. ábra). Minden elrendezésben közös a falevelek mennyisége, és az általunk behatárolt területen a leveleket véletlenszerűen helyeztük el, így reprodukálva a valóságos körülményeket. A mérések alapján megállapítható a falevéllal letakart területek által leadott teljesítmény. Ez az érték könnyen számolható a napelem mátrixos felbontásának köszönhetően. Ismert a nem szennyezett cellák által leadott összteljesítmény ( $P_1$ ), és a falevelek által szennyezett napelem teljesítmény ( $P_2$ ). A kettő különbségéből számolható a szennyezett terület által leadott teljesítmény ( $P_3$ ). Emellett ismerjük a vizsgált terület

által leadott teljesítményt szennyezés nélkül ( $P_4$ ).

A  $P_3$  és  $P_4$  hányadosa megadja a szennyezett és a szennyezés nélküli terület teljesítmény viszonyát, vagyis megmutatja mekkora részére csökkent az adott cellák által leadott összteljesítmény.  $\eta_{viszony}$  értelmezhető a napelem szórt fényhasznosító képességeként is (9) (10). Vizsgálatunk visszaigazolta, hogy a hatásfokcsökkenés nagymértékben függ az intenzitástól, a felületi szennyeződés elhelyezkedésétől, valamint a napelem sérüléseitől.

$$P_2 - P_1 = P_3 \quad (9)$$

$$\frac{P_3}{P_4} = \eta_{viszony} \quad (10)$$



8. ábra. Mérési elrendezés, és egy a napelem szélén látható sérülés

#### 5. Következtetések

Mérési eredményeink alapján azt a következtetést vontuk le, hogy a szennyezett felületre érkező nagyobb fényintenzitás nagyobb teljesítmény és hatásfok csökkenést okoz. Vizsgálataink során jól megfigyelhető a napelem teljesítményének és hatásfokának romlása a gyári adatokhoz képest. A napelem gyakorlati hatásfoka mintegy ötödére csökkent (5%-ról 1,07%-ra). Az eredmények jól mutatják a napelem előregedésének és sérült felületének teljesítmény-csökkentő hatását.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Hunyár, M., Schmidt, I., Veszprémi, K., Vincze, Gy.: *A megújuló és környezetbarát energetika villamos gépei és szabályozásuk*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.
- [2] Dr. Nemcsik, Á.: *Villamosenergia-termelés napelem segítségével*, A Magyar Elektrotechnikai Egyesület Lapja, 2006, 96.évf. 10. sz. 270-272.