

# Fotovillamos erőmű üzemeltetési tapasztalatai, működési jellemzők értékelése és elemzése SPSS programmal

Szecske Zoltán–Grasselli Gábor

*Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum  
Mg.Tud.Kar, Géptani Tanszék  
4032 Böszörményi út 138.  
e-mail: [szecske@agr.unideb.hu](mailto:szecske@agr.unideb.hu)*

*Összefoglalás: A fosszilis tüzelőanyagok használata nagymértékben károsítja a környezetet, és ezek az anyagok korlátozott mennyiségben állnak rendelkezésre. Ezért indokolt, hogy az energia előállítása során egyre nagyobb részarányban alkalmazzunk megújuló energiaforrásokat (nap, szél, víz, biomassza). A Napból a Földre érkező nagy mennyiségű energiát (1150–1300 kWh/m<sup>2</sup>) passzív és aktív módon lehet hasznosítani. Az aktív hasznosítás egyik módja a fotovillamos áramtermelés, amely során napelemekkel villamos energiát állítunk elő, amit a hálózatba táplálunk. A Debreceni Egyetemen 2004 szeptembertől fotovillamos erőmű üzemel. A beépített Kyocera, Dunasolar és Siemens napelemekkel elérhető maximális teljesítmény 8,64 kW. A beépített adatrögzítő segítségével 15 percenként mérjük a modulfeszültséget, modul áramerősséget, modulhőmérsékletet, sugárzásintenzitást, léghőmérsékletet, szélsebességet és a hálózatába betáplált elektromos teljesítményt. Vizsgáljuk, hogy a modulok különböző mértékű és irányú árnyékolása hogyan befolyásolja az elemek és az erőmű teljesítményét. A kísérleti eredmények értékelését és grafikus ábrázolását saját fejlesztésű értékelő programmal végezzük.*

---

Tárgyszavak: napenergia; napelem; fosszilis tüzelőanyag; SPSS.

---

A hagyományos energiaellátás alapját a fosszilis energiahordozók képezik. A rendelkezésre álló tartalékok becsült mennyisége kb. 32 600 EJ, amelynek csak az egyhatod – része találha-

tó meg kőolaj formájában (Martin et al., 2002). A fosszilis energiatartalékok összetételét és várható felhasználásuk időtartamát mutatja be az 1. táblázat.

1. táblázat  
A fosszilis energiatartalékok összetétele

Energiahordozó típusa (1)	Megoszlás (%)	Rendelkezésre állás ideje (év)
Barnaszén	6	180–200
Kőszén	39	160–170
Kőolaj	18	40–42
Egyéb kőolajfélések (pl. nehézőolaj, olajpala)	16	70–80
Földgáz	15	60–65
Nukleáris fűtőanyagok (pl. urán)	6	35–40

A világ energiaigénye folyamatos növekedést mutat. A világ energiafelhasználása 1980 és 2000 között 35%-al növekedett, melynek 34%-a Ázsiában, 27%-a Észak-Amerikában történt (Farkas, 2005.). Az olajipari szakértők véleménye szerint a világ olajkitermelése elérkezett, vagy a nagyon közeli jövőben elérkezik a maximális teljesítőképességéhez. A kitermelés 2003-ban megközelítette a 3,6 milliárd tonnát. A közeli jövőben jelentősebb olajár-emelkedéssel kell számolni (Vass, 2004).

A fosszilis energiahordozók elégetésekor jelentős mennyiségű szén-monoxid, szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-oxid, korom kerül a levegőbe (Martin P et al., 2004). Az ezek felhasználásával együtt járó környezeti-, valamint a klímaváltozások hatásainak mérséklésében nagy szerepe lehet a megújuló energiaforrások széles körű felhasználásának (MEMO, 2004).

Az EU elvárása az, hogy az újonnan csatlakozott országokban az összes energiafelhasználáson belül a megújuló energiaforrások arányát

2010-re a jelenlegi átlag 6%-ról 12%-ra kell növelni (Marosvölgyi, 2004.). A környezetvédelmi szempontokon túlmenően a részarány növelése mellett szól az is, hogy a megújuló energiaforrásoknak jelentős szerepe lehet a kistérségi foglalkoztatásban és energiatermelésben (Grasselli, 2004).

A földi élet alapját a napsugárzás képezi. A napból a Föld légkörének külső határára csaknem állandó  $1352 \text{ W/m}^2$  nagyságú sugárzás érkezik, amelynek 23%-át a légköri gázok elnyelik, 26%-a visszaverődik, azaz 51%-a éri el a földfelszín direkt vagy szórt sugárzás formájában (Szász, 1992). A napenergia lehetséges hasznosítási módjait foglalja össze a 2. táblázat.

2. táblázat  
Napenergia hasznosítás lehetséges módjai

Hasznosítási mód	Mezőgazdasági alkalmazás lehetőségei
<b>Passzív:</b> Az épület szerkezeti kialakításával, adott anyagfélések, beépítésével hasznosul a napenergia.	– Üvegházak fűtése – Fóliasátrak fűtése
<b>Aktív:</b> 1. Fotelektromos (villamos energiatermelés): a napsugárzásból közvetlenül elektromos energiát nyerünk	– Öntözés – Épületfűtés – Mezőgazdasági termények szárítása – Gyümölcsaszalás
2. Fototermikus: napkollektorok a napsugárzást hővé alakítják át	– Melegvíz előállítás – Épületfűtés

A fotelektromos napenergia hasznosítás lényege, hogy a napelemek a napsugárzást közvetlenül elektromos energiává (egyenárammá) alakítják át, amelyet közvetlenül hasznosítunk vagy áramátalakítók (inverterek) alkalmazásá-

val váltóárammá alakítjuk át és a villamos hálózatba tápláljuk (Farkas, 2005).

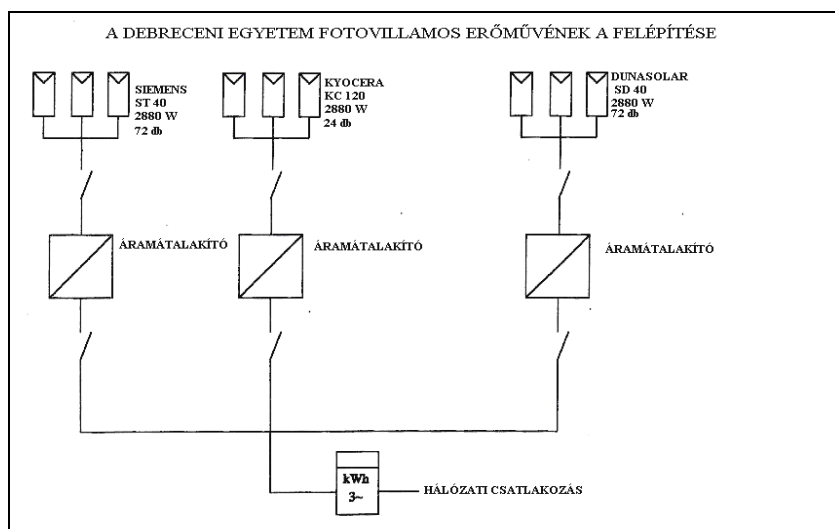
A Debreceni Egyetem Géptani Tanszékén 2002-ben kezdődtek meg a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kutatások. A tanszék Oktató – Kutató bázisán kialakításra került egy bemutatóközpont, ahol a hallgatók, oktatók és a téma iránt érdeklődők átfogó képet kaphatnak a megújuló energiaforrások felhasználási lehetőségeiről és a felhasználáshoz szükséges technológiai megoldásokról. A fejlesztés első lépéseként megépítésre került egy 8,64 kW teljesítményű fotovillamos erőmű. A Debreceni Egyetem fotovillamos erőművének a felépítési vázlatát mutatja be az 1. ábra.

Az erőműbe három különböző típusú (Kyocera, Dunasolar, Siemens) napelem került beépítésre. A beépített napelemek műszaki jellemzőit mutatja be a 3. táblázat.

Azért, hogy a modulsoportok egymástól függetlenül is üzemeltethetőek legyenek, három inverter került beépítésre. Az alkalmazott SB 2500 invertertípus műszaki jellemzőit mutatja be a 4. táblázat.

Az erőműhöz kapcsolódik egy meteorológiai állomás, amely egy PT 100 típusú kombinált hőmérséklet- és légnedvességmérőből, CM 11 pyranométerből, kanalas szélesség- és széliránymérő berendezésből áll.

A mért üzemi – és meteorológiai adatok rögzítését, tárolását az SMA által gyártott Sunny Boy Control végzi. Az adatrögzítőt RS232 kapcsolattal közvetlenül csatlakoztatni lehet asztali PC-hez. Az Ms Excel táblázatban 15 percenként rögzítésre kerülő üzemi és meteorológiai jellemzőket mutatja be az 5. táblázat.



1. ábra Debreceni Egyetem fotovillamos erőművének vázlata

## Napelemek műszaki jellemzői

Műszaki jellemző	Kyocera KC 120	Siemens ST 40	Dunasolar DS 40
Maximális teljesítmény $P_{max}$	120 W	40 W	40 W
Feszültség $P_{max}$	16,9 V	16,6 V	40 V
Áramerősség $P_{max}$	7,1 A	2,29 A	1,1 A
Üresjáratú feszültség	21,5 V	22,2 V	62,2 V
Rövidzárási áram	7,45 A	2,59 A	1,3 A
Tömeg (kg)	11,9	7,02	13
Felület	22,23	30,65	56,92

4. táblázat

## Az SB 2500 áramátalakító műszaki jellemzői

<b>Bementi oldal (DC)</b>	
Maximális üresjáratú feszültség $U_{pv0}$	600 V DC
Bemenő feszültség	224 – 550 V DC
Maximális bemenő áramerősség $I_{pvmax}$	12,0 A
Maximális bemenő teljesítmény $P_{pv}$	2700 W
Ajánlott maximális generátorteljesítmény	3450 W
<b>Kimeneti oldal (AC)</b>	
Névleges kimeneti teljesítmény $P_{acnenn}$	2200 W
Maximális kimeneti teljesítmény $P_{acmax}$	2500 W
Hatásfok %	93–94

5. táblázat

## Mért üzemi és meteorológiai jellemzők

Mért jellemző	Mértékegység
Modulfeszültség	V
Modul áramerősség	mA
Hálózatba táplált váltóáram feszültsége	V
Hálózatba táplált váltóáram áramerőssége	A
Összes energiatermelés	kWh
Napi összesített energiatermelés	kWh
Hálózatba betáplált elektromos teljesítmény	W
Globálisugárzás	W/m <sup>2</sup>
Léghőmérséklet	°C
Elemhőmérséklet	°C
Szélsebesség	m/s
Szélirány	°

Egyetlen napon ez átlagosan 150–160 mért adatot jelent. Az adatok feldolgozása Ms Excel felhasználásával hosszadalmas és lassú. A számítások elvégzése, grafikonok elkészítése sok manuális beállítást igényelt.

Ezért vált szükségessé egy olyan értékelő program kifejlesztése, amely megfelelt a következő – általunk megfogalmazott – követelményeknek:

1. a használatban lévő táblázatkezelő programok által létrehozott valamennyi file formátumot képes legyen kezelni,
2. az értékelő programot bármely átlagos PC-n alkalmazni lehessen,
3. a számított jellemzők mennyisége, ábrázolási módja igény szerint változtatható legyen,
4. nagy számú mérési eredmény feldolgozása is elvégezhető legyen akár tetszőleges bontásban is (napi, heti, havi, éves),
5. a feldolgozás, elemzés során készített táblázatok, grafikonok jól áttekinthetőek, a mért

- üzemi jellemzők közötti összefüggések könnyen értelmezhetőek legyenek,
6. a grafikonok, táblázatok elektronikus tárolása minimális számítógépes kapacitást igényeljen,
  7. a grafikonok, táblázatok szerkeszthetők, beilleszthetők legyenek más dokumentumokba,
  8. a kapott eredményeket elektronikus formában továbbítani lehessen.

Ezeknek a követelményeknek a legnagyobb mértékben az SPSS program felelt meg.

Az értékelő program elkészítésekor az első lépés az volt, hogy létrehoztunk egy úgynevezett „minta” adatbázist, amelyben rögzítettük, hogy a mért jellemzőket milyen jelöléssel, megjegyzéssel (label) akarjuk ellátni. Ezt a „minta” adatbázist elmentettük a PC egy adott könyvtárába.

A második lépésben meg kellett adnunk, hogy mely összefüggéseket (egyenáramú, váltóáramú teljesítmény, sugárzási energia, inverter- és generátor-hatásfok, napi üzemidő stb.) hogyan számolja ki a program. Az alkalmazott számítási módszerekből mutat be egy részletet a 6. táblázat.

6. táblázat

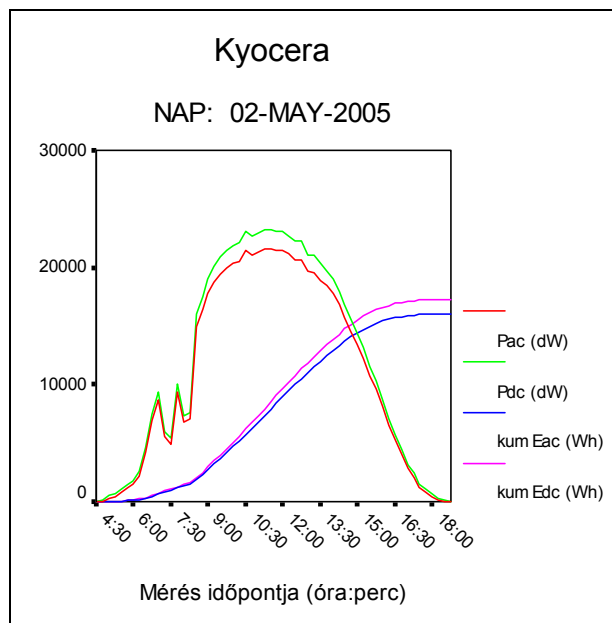
Az alkalmazott számítási módszerek SPSS-ben

```
COMPUTE Pdc = upv * ipv / 1000.
EXECUTE.
COMPUTE Wrinvert = (eac / edc)*100.
EXECUTE.
```

A számítások végén hivatkozva a „minta” adatbázisra a táblázatunk a számunkra megfelelő szerkezetű lett. A harmadik lépésben, egy lekérdezésben (report) táblázatot készítettünk. A táblázat tartalmazza a napi átlagos modulteljesítményt, a hálózatba betáplált váltóáram mennyiségét, egyen- és váltóáramban számított munkát, a napi üzemidőt és a napi globál-sugárzási energiát. A „report” elkészítésekor lehetőségünk van megadni, hogy az adatok oszlopokban vagy sorokban jelenjenek-e meg. Lehetséges az is, hogy adatsorontonként különböző számított jellemzőket (összeget, átlagot, minimumot, maximum értéket, varianciát, az adatok darabszámát) jelenítsünk meg. Meg lehet továbbá határozni, hogy a lekérdezések napi, heti, havi rendszerességgel történjenek-e. Lehetőség van arra is, hogy táblázatainkat áthelyezzük más programokba, pl. Ms Word-be, beállítható az is, hogy file-kiterjesztéssel történjen ez az áthelyezés. Ha szöveges dokumentumot szeretnénk előállítani, akkor a \*.txt, \*.html, vagy \*.xml. formátumokból választhatunk.

Az értékelés következő lépésében kiválasztottuk, hogy milyen módon (vonal, oszlopdiagram stb.) szeretnénk a mért és számított jellemzőket ábrázolni. Azért, hogy ne kelljen minden alkalommal a diagramkészítés minden egyes lépését kézzel beállítanunk, létrehoztunk egy „minta” diagramot, amelyet szintén elmentettünk a PC egy adott könyvtárába. A diagramkészítés végén hivatkoztunk erre a „mintára” és így a gra-

fikonjaink a számunkra megfelelő formában kerültek megszerkesztésre. Egy elkészült diagramot mutat be a 2. ábra.



2. ábra SPSS – ben készített diagram

A diagramokat is át lehet helyezni más programokba. Ebben az esetben képként történik az exportálás \*.jpeg, \*.emf, \*.pct, \*.tif vagy \*.bmp kiterjesztéssel.

Beiktattunk egy adatmentési funkciót is a programba, a kiszámított jellemzők automatikus rögzítésére a táblázatban.

Szükség volt arra is, hogy bizonyos üzemi jellemzőkre napi összesített értéket számoljunk (napi globálsugárzási energia, egyen- és váltóáramú munka). Ezt egyszerű aggregálással végeztük el, majd ezekről az „összesített” jel-

lemzőkről is készítettünk egy lekérdező táblázatot a már korábban vázolt módon.

2005 szeptemberében fejeztük be a tanszékünkön az erőműbe beépített napelemek összehasonlító vizsgálatát. Az eredmények értékelése jelenleg is folyik.

## Irodalom

- [1] Farkas I.: Fotovillamos napenergia-hasznosítás. Gödöllő. (2005) Szent István Egyetem Fizika és Folyamtirányítási Tanszék, p. 3–25.
- [2] Grasselli G.: Biomassza erőmű megvalósíthatósága és térségfejlesztő hatása. (2004) Agrárgazdaság, Vidékfejlesztés és Agrárinformatika nemzetközi konferencia, Debrecen
- [3] Kacz K.; Neményi M.: Megújuló energiaforrások. Bp. (1998) Mezőgazd. Szaktud. Kiadó, p. 20–50.
- [4] Marosvölgyi B.: Országjelentés a szilárd biotüzelőanyagok magyarországi helyzetéről. Sopron. (2004)
- [5] Strategy, Coordination, Information and Communication Unit: Európai prioritások az energia területén, Budapest. (2005) [http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/mm dg/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/mm dg/index_en.html)
- [6] Martin, P.; Guido, R.; Wolfram, K.; Ole, L.; Joachim, N.; Franz, T.: Erneuerbare Energien und Nachhaltige Entwicklung. Berlin. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2002) p. 14–54.
- [7] Martin, P.; Guido, R.; Wolfram, K.; Ole, L.; Joachim, N.; Franz, T.: Erneuerbare Energien und Innovationen für die Zukunft. Berlin. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2004) p. 37–42.
- [8] Szász G.: Agrometeorológia. Debrecen. Agr.Tud.Centr. (1992) p. 19–78.
- [9] Vass László. (2004): Vége az olcsó olaj korának. [www.origo.hu/uzletinegyed/hirek/vilaggazdasag/20040611olaj.html](http://www.origo.hu/uzletinegyed/hirek/vilaggazdasag/20040611olaj.html)