

## HU\_1. ELŐSZÓ

Ma a fotovillamos energiatermelés robbanásszerű fejlődésének lehetünk szemtanúi. Az elmúlt egy-két évben a beépített napelemes energiatermelő egységek száma exponenciális növekedésnek indult mind a fejlett, mind a fejletlen világban és a kapacitás-építési tervek e dinamikus növekedés továbbvitelét jelzik. A napelemek gyártásának költségei évről évre csökkennek, az inverterek megbízhatósága és hatékonysága is folyamatosan javul. A kutatás-fejlesztés újabb és újabb napelempanel-típusokat eredményez, ahol már nem csak a hatékonyság számít, hanem fontos a felhasznált anyagok életciklusának figyelembevétele, az újrafeldolgozási áramba való minél nagyobb arányú visszakapcsolódás is (pl. amorf panelek). Makro szintű energiagazdálkodási szempontból a napelemes villamosenergia-termelésnek ráadásul megvan az az előnye, hogy akkor termeli a villamos energiát, amikor arra jellemzően szükség van (nappali időszakban, nyári időszakban, amikor a légkondicionálók terhelik az energiahálózatot). Az energiátárolási lehetőségek is rendelkezésre állnak (pl. víztározós rendszerek, hidrogénes tárolás vízbontási eljárással). Az elektromos gépjárművekhez kapcsolódó kutatás-fejlesztés újabb, hatékonyabb akkumulátortípusok létrejöttét fogja eredményezni a közeli jövőben. A tárolás elterjedésében a technológiai fejlődés mellett azonban nagyobb szerepe van a politikai, társadalmi akaratnak.

A fenti tények egyrészt bizakodásra adhatnak okot, hiszen a megújuló energia aránynövekedése pozitív hatással van környezetünkre, segítség a klímaváltozás elleni harcban, azonban ennek a dinamikus növekedésnek a komplex hatáselemzése szükséges. A fotovoltaikus energiatermelésnek nem csak műszaki-technológiai feltételei és hatásai vannak, hanem legalább ennyire fontosak a társadalmi, gazdasági és környezeti tényezők, valamint hatások, ezért az interdiszciplináris kutatások a témában elengedhetetlenek. A könyv két eltérő profilú kutatóműhely közös munkájának egy összefoglaló szeptet mutatja be, ahol a különböző fotovoltaikus rendszerek társadalmi, gazdasági, környezeti, műszaki és regionális hatásainak legfontosabb paramétereit járjuk körül. Jelen háromnyelvű kötet egy komplex, közös, interdiszciplináris kutatás első eredményeit vonultatja fel, folytatása a „Napenergia és környezet” című kötetünknek, ahol a fotovoltaikus energiatermelés feltételeit jártuk körül. A kezdeti sikerek és bizakodásra okot adó kutatási eredmények miatt az uniós finanszírozású projektünk lezárását követően a munkát folytatni kívánjuk.

## HU\_2. BEVEZETÉS

Az Európai Unió az energiahatékonyság és a megújuló energiaforrások területén folyó fejlesztésben rejlő hatalmas lehetőséget. A fotovoltaikus rendszerek egészükben olyan új technológiát képeznek, amely további kutatása iránti igényt gerjeszt. Az Eszéki Villamosmérnöki Tanszék horvát projektcsoportjának tagjainak lehetősége nyílt – az ERASMUS program részeként Barcelonába tett tanulmányutakon keresztül – kapcsolatba kerülni a megújuló energiaforrások és az energiaipari elektronika területén a Katalóniai Műszaki Egyetem Technológiakutatási és Fejlesztési Központjában dolgozó tudósokkal. Bemutattak nekik különféle területeken elért műszaki eredményeket, melyek között különös hangsúlyt kaptak a fotovoltaikus rendszerek. A REG-PHOSYS betűszóval azonosított projekt pontosan az olyan fajtájú tapasztalatokon és kutatásokon alapszik, amelyeket a projektcsoport tagjai a fotovoltaikus rendszerek és az energiaipari elektronika területén nyertek és végeztek. A MTA KRTK – a közgazdaságtan és környezetvédelem területén folytatott tevékenység-

geinek tulajdoníthatóan – kompetens partner a fotovoltaikus rendszerek határon átnyúló régióban kifejtett társadalmi, technológiai és gazdasági hatásainak kutatásában.

A projekt általános célja a határon túlnyúló régió időjárás viszonyaihoz optimális fotovoltaikus rendszerkonfiguráció kidolgozása. A projekt keretében a résztvevők a fotovoltaikus rendszerek által az elektromos áramellátó hálózatra, a gazdaságra és a környezetre gyakorolt hatásokat fogják vizsgálni. Közös ismereti adatbázist dolgoznak ki a fotovoltaikus rendszerek alkalmazásához lényeges jellemző tulajdonságokról és kutatócsoportok határon túlnyúló innovációs hálózata lesz felállítva a fotovoltaikus rendszerek fejlesztéséhez. Továbbá optimalizálják a fotovoltaikus rendszert a projekt kihatási területének időjárás viszonyaihoz fotovoltaikus modulépítési technológia kiválasztása tekintetében. Fokozni fogják az együttműködést a határ mindkét oldalán a tudományos intézmények és a fotovoltaikus rendszerek alkalmazásában érdekelt gazdasági szereplők között. A projekt helyszíne kutatás és fejlesztés tekintetében Eszék és Pécs lesz. A projekt hatáskörzete Kelet-Horvátország és Dél-Magyarország lesz. Az eszéki Villamosmérnöki Tanszék kutatócsoportja innovatív módszereket használ majd a fotovoltaikus (FV) rendszerek méréséhez és teszteléséhez olyan módon, hogy az akadémiai közösség FV rendszerek területén aktív tagjai, valamint FV rendszertervezők értékes adatokhoz juthassanak hozzá FV rendszeroptimalizáláshoz. Továbbá csoportok alapulnak innovációs kutatáshoz, valamint jövőbeni FV rendszerek kifejlesztéséhez.

A projekt kiegészítő operatív célja megújuló energiaforrásokat vizsgáló laboratórium felállítása és felszerelése az eszéki Villamosmérnöki Tanszéken. A közvetlen célcsoportokat a villamosmérnöki tanulmányaikat már befejezett és még folytató egyetemi hallgatók lesznek, akik laboratóriumi és kivitelezési gyakorlatokon keresztül gyakorlati ismereteket szereznek a fotovoltaikus rendszerekről. Közvetett célcsoport a megújuló energiaforrásokkal, fotovoltaikus rendszerekkel és különösen FV rendszertervezéssel foglalkozó tudományos közösségek tagjaiból fog állni. Ezen kívül további közvetett célcsoportokat az FV rendszerek mérései és optimalizálása alapján az FV készülékek fejlesztésére irányuló beruházás iránt esetleg motivált vállalkozások és potenciális magánbefektetők képeznek majd.

A monográfia egységesíti és mutatja be a projekt kutatási eredményeit a három – technikai, gazdasági és társadalmi – szegmensének mindegyikében. A fotovoltaikus rendszer működésének megértéséhez szükséges alapelveket kifejtő „bevezető a napenergiába” című részt mérési eredmények követnek, melyek segítségével a fotovoltaikus rendszernek a határon túlnyúló régió időjárás feltételeihez viszonyított műszaki jellemzői kerülnek bemutatásra. Elvégzésre került az FV rendszerek kielemezése a fotovoltaikus celláknak, vagyis napelemeknek a különböző gyártástechnológiák szempontjából. Mérések történtek ötféle különböző, kristályos, illetve vékonyréteges szerkezetű fotovoltaikus modulon. Az FV rendszer szerkezete szerint mérések történtek mind a táphálózati csatlakozás oldalán, vagyis a váltóáramú (AC) oldalon, mind a fotovoltaikus modulok oldalán, vagyis az egyenáramú (DC) oldalon. A DC oldali mérések alapján adatbázis lett létrehozva a különböző technológiákat alkalmazó fotovoltaikus rendszerek által termelt villamos energia kiértékelés céljából. Az áramtermelés megbecsülése céljából fotovoltaikus emulátor került felhasználásra.

Költség-haszon elemzés mutatja ki a határon túlnyúló régióban telepítendő különböző fotovoltaikus rendszerek költségeit és hasznait. A költség-haszon elemzés nélkülözhetetlen a fotovoltaikus rendszerek mind horvátországi, mind magyarországi fejlesztési prioritásainak meghatározása szempontjából. A fotovoltaikus rendszerek által a régióban kifejtett környe-

zeti, valamint társadalmi és gazdasági hatásaira irányuló kutatás támogatásával irányelvek születtek a határon túlnyúló régió számára optimális fotovoltai rendszer kiválasztásához.

A könyv azonosítja azokat a potenciális társadalmi hatásokat, amelyek a napenergia terjedéséből, azaz, a megújuló vagy napenergiával kapcsolatos beruházásokból, annak kommunikációjából, az egyes szereplők interakciójából eredeztethető és hatással van az innováció terjedésére, fókuszálva arra, hogy milyen hatással lehet egy adott társadalmi csoportra, annak megújuló/napenergiával kapcsolatos beruházási döntéseire.

A környezeti hatások számbavételénél kitérünk a potenciális területhasználathoz kapcsolódó kérdésekre és a szén-dioxid kibocsátásra is. Áttekintve a napelemek életciklusát számba vesszük a napelemek hulladékkezelésére való hatását, az újrahasznosítás lehetőségét.

A hatások tekintetében végül egy rövid áttekintést adunk arról, hogy a PV energiatermelés hol áll a többi megújuló energiatermelő megoldásokhoz képest, hol vannak előnyök, illetve hátrányok.

## HU\_3. A NAPENERGIA ÉS A NAPELEMES RENDSZEREK ALAPJAI

### HU\_3.1. A Nap sugárzási energiája

A nap sugárzási energiája ( $E_0$ ) a Föld atmoszféráján keresztül érkezik a Föld felszínére. Mivel a Föld saját tengelye körül forog, valamint kering a Nap körül, ezért a Föld felszínére érkező besugárzás szezonális ingadozást mutat. A beérkező energia az aktuális Nap-Föld távolságtól is függ. Ez  $E_0=1307-1399 \text{ W/m}^2$  közötti érték optimális (függőleges) beesési szög esetén. Az átlagos értéket szolár-állandónak hívjuk, melynek értéke:  $E_{0sr}=1367.7 \text{ W/m}^2$ . A különböző Nap-Föld távolságokban a sugárzási energia az alábbi módon számítható (Požar, 1973):

$$E_o = E_{0sr} \left( \frac{r}{R} \right)^2$$

ahol, „r” az átlagos Nap-Föld távolság, míg „R” a valós Nap-Föld távolság (egy napon belüli állandóságot feltételezve).

A Föld Nap körüli keringésének enyhe excentricitása következtében a szoláris állandó  $\pm 3,4\%$ -os ingadozást mutat évente. ennek megfelelően a besugárzás az alábbiak szerint kalkulálható ( $\text{W/m}^2$ ) (Požar, 1973):

$$E_o(n) = \varepsilon(n) E_{0sr} = \left( 1 + 0.034 \cos \frac{360^\circ n}{365^\circ} \right) E_{0sr}$$

ahol,  $\varepsilon$  az ellipszis excentricitás, n a napok száma egy évben.

A vízszintes felszínre érkező besugárzás teljes napi energiája ( $\text{J/m}^2$ ) (Požar, 1973):

$$W_s(n, \phi, \delta, \omega_s) = \frac{86400}{\pi} E_{0sr} \left( 1 + 0.034 \cos \frac{360^\circ n}{365^\circ} \right) \left( \frac{2\pi}{360} \omega_s \sin \phi \sin \delta + \sin \omega_s \cos \phi \cos \delta \right)$$

- ahol,  $\omega_s$  a Nap óraszöge, (12 h= $0^\circ$ , 13 h= $15^\circ$ , 15 h= $45^\circ$ ),  $\phi$  a földrajzi szélesség a mikrolokációra tekintettel,  $\delta$  pedig a Nap deklinációja (1. ábra).