

erőműnél az egységnyi teljesítményre eső hulladékhoz 2–3-szor nagyobb a nukleárishoz képest. Egy 100 MW-os geotermikus erőmű hőkibocsátása egy 500 MW-os gázturbinás erőműével egyenlő. Ez a hátrányosnak tűnő tulajdonság előnyre változtatható az elektromos energia és a közvetlen hőhasznosítás egyidejű megvalósításával, a közvetlen hőhasznosítás többlépcsős, a minél teljesebb hőmértéklet-tartományt lefedő megoldásával.

A geotermikus erőmű létesítésekor a fűrés és a kútkiképzés a legveszélyesebb fázis, annak ellenére, hogy a geotermikus tárolóból feltörő gőz nem okozhat tüzet, robbanásveszélyt, mérgezést. A túlnyomásos tárolók feltárása, művelése a legkockázatosabb. Magyarországon a fábiánsebestyéni gőzkitörés volt eddig a legsúlyosabb, halálos balesettel járó káresemény. A kitörésvédelmi eszközök és módszerek állandó fejlődése csökkenti ezt a veszélyt. A geotermikus mezők feltárása során a modern geofizikai eljárások alkalmazása is nagymértékben csökkenti a fűrés során fellépő kockázatot.

Összefoglalás

A fenntartható fejlődés igénye, a fosszilis energiahordozók véges készletei olyan új energiaforrások felhasználását teszik szükségessé, amelyek belátható időn belül nem merülnek ki, s szakadatlanul megújulnak.

IRODALOM

- Bobok Elemér – Tóth Anikó (2005): *Megújuló energiák*. Miskolci Egyetemi, Miskolc
 Lund, John W. (1998): *Geothermal Direct-Use Engineering and Design*. GeoHeat Center, Klamath Falls, Oregon
 Rybach, Ladislaus (2008): *Geothermal Global and*

Ezek közé tartozik a geotermikus energia is, amely csupán részben megújuló energiatípus, de óriási készletei évezredekre elegendőek. Kitermelésének módszerei, eszközei az olajiparban kidolgozottak, az olajkészletek fogyása a geotermikus energia termelésére predestinálja a szakmát. Ez az energiatermelés lehetőségeihez képest még csak az ígéretes jövő küszöbén áll.

A jelenlegi 10 GW villamosenergia-termelő és a 29 GW közvetlen hőhasznosításra kiépített kapacitás már elegendő megbízható tapasztalatot szolgáltatott a további nagyléptékű fejlődéshez. A tiszta, környezetbarát, versenyképes árú geotermikus energia várhatóan az energetikai fejlesztések fő áramába kerül jelenlegi marginális helyzetéből.

Átgondolt gazdaságpolitikai és adminisztratív intézkedések nyomán Magyarország is természeti adottságainak megfelelő helyet kaphat a világszerte ugrásszerű fejlődés előtt álló geotermikus iparágban. Célszerű lenne Magyarországon is hatékonyabban támogatni a geotermikus kutatást, fejlesztést és beruházásokat.

Kulcsszavak: *geotermikus gradiens, földi hőáram, geotermikus rezervoár, mesterséges tároló, hőcserélő kút (BHE), forró száraz kőzet (HDR), közvetlen hőhasznosítás, hőszivattyú, környezeti hatások*.

- European Perspective*. GAI 10th Anniversary Conference, Kilkenny
 Tester, Jefferson W. et al. (2006): *The Future of Geothermal Energy*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts
 Tóth Anikó (2010): *Hungary Country Update 2005–2009*. In: Proceedings World Geothermal Congress. Bali

A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK HAZAI LEHETŐSÉGEI

Farkas István

DSc, Szent István Egyetem Környezetipari Rendszerek Intézet
 farkas.istvan@gek.szie.hu

Bevezetés

Az MTA Megújuló Energetikai Technológiai Albizottság (MEA) 2000-ben tárgyalta az aktív napenergia-hasznosítással kapcsolatban a szoláris rendszerek hazai fejlesztésének javasolt programkoncepcióját, melyben vázolta a napenergia aktív és passzív hasznosítási technológiáinak akkori helyzetét Magyarországon és az Európai Unió országaiiban, valamint a hazai fejlesztés indokait és lehetőségeit.

Ennek megfelelően készült el az albizottság stratégiai programkoncepciója (MTA MEA, 2001), amelynek kidolgozásában részt vettek a Magyar Napenergia Társaság szakértői. A program a napenergia-hasznosítás négy részterületét tárgyalta: aktív hőhasznosítás, mezőgazdasági hasznosítások, fotovillamos hasznosítás, valamint passzív hasznosítás.

A javasolt intézkedések közül csak néhány valósult meg, például az EU-szabványok átvétele vagy kisebb vállalkozások, oktatási intézmények öntevékeny akciója a társadalmi, lakossági tájékoztatás, az oktatás megszervezésére. A várt központi intézkedések területén eddig nem történt átütő előrelépés.

A hazai napenergia-hasznosítási potenciál ismerete szükséges ahhoz, hogy a mind

jobbán előtérbe kerülő alternatív energiaforrások alkalmazási lehetőségeit és az ezekhez szükséges feltételeket reálisan ítélhessük meg, ugyanakkor az EU előírásainak hazai szinten megfeleljünk. Ennek megfelelően készült el az albizottság felmérése az egyes megújuló energiaforrások részterületeire vonatkozóan (MEA, 2006).

A hazai napenergia-hasznosítás vizsgálatakor fontos szempont a földrajzi helyzet, a beérkező napsugárzás jellemzői, a meteorológiai tényezők, a hasznosítás módja, a technikai feltételek, a társadalmi tényezők, valamint a gazdaságosság. Jelen dolgozat az albizottság által készített tanulmányra alapozva, az akkori helyzetet is figyelembe véve ismeret néhány időszéri gondolatot a környezeti hatások elemzésével kiegészítve.

A NAPENERGIA AKTÍV HASZNOSÍTÁSA¹

Adottságok

Magyarország adottságai a napenergia-hasznosítás szempontjából kedvezőbbek, mint

¹ Ez a fejezet a Magyar Tudományos Akadémia MEA (2006) tanulmánya és Kaboldy Eszter (2005) publikációja alapján készült.

sok európai országé: az évi napsütéses órák száma 1900–2200, a beeső napsugárzás éves összege átlagosan 1300 kWh/m². Az érkező napsugárzás szempontjából legjobb helyzetű az Alföld középső és déli része, kevésbé jó a nyugati és északi határhoz közeli hegyvidék. Az ország földrajzi helyzetéből adódóan azonban – szemben a mediterrán országokkal – jelentős különbség van a téli és a nyári napsugárzási adatok között, ezért a Nap hőenergiája a téli időnyben fűtésre csak korlátozottan használható fel, és a berendezéseknek fagy esetén is működésképeseknek kell lenniük. Léteznek ún. szezonális (akár 100 000 m³ térfogatú) hőtárolók, amelyek a téli fűtési igény kielégítésében jelentős szerepet játszhatnak.

A ma korszerűnek mondható termikus napenergia-hasznosító berendezések Magyarországon leggazdaságosabban melegviz készítésére alkalmasak, és éves átlagban 30–50%-os hatásfokkal hasznosítják a napenergiát, ha megfelelő tájolású, dőlésszögű és árnyékmentes helyen működnek az energiát átalakító napkollektorok. A lakossági és intézményi melegvízigény ellátásában az éves fogyasztás 60–70%-a fedezhető napenergiából, így csak a fennmaradó 30–40%-ot kell fedezni hagyományos energiahordozókkal. A legnagyobb sugárzási időszakban, a kempingek, szállodák, panziók esetén a szezonális hasznosítás határfoka elérheti a 90%-ot is, ezért ilyen létesítményekben a legjobbak az alkalmazás lehetőségei. A ma használatos napenergia-hasznosító technológiák átlagos hőenergia-hozama Magyarországon kb. 1500 MJ/m² évente, ami 417 kWh/m² éves értéknek felel meg. Az így kiváltott hagyományos energiahordozók mennyisége és energiatartalma azok fajtájától, a berendezések hatásfokától függően az említett érték két-háromszorososa is lehet. A csak nyári üzemre alkalmas berendezések átlagos

hőenergia-hozama az öt legmelegebb hónap (május–szeptember) alatt 300–350 kWh/m².

Használati melegvíz előállításának lakossági célra

A megvalósítható lakossági hasznosítás nagyságrendjét a lakás-, illetve épületállomány ismeretében lehet megítélni. A harminc évnél régebben épült panellakások értékének átlagosan 1%-át fordítják felújításra, ami kb. 30 milliárd Ft. Ebből az összegből valós felújítás nem hajtható végre, de például a fűtőkorszerűsítés területén jelentős eredményeket lehetne elérni. Itt lehet szerepe a napenergia hasznosításának is.

Egy átlagos család melegvízellátására alkalmas egységnyi napenergia-hasznosító berendezés beruházási költsége jelenlegi árakon kb. 0,8 M Ft + ÁFA, energiahozama kb. 9 GJ/év 6 m² kollektorfelülettel, déli tájolású, 45 fokos dőlésszögű, jó állapotú tetővel, 300 literes tárolóval számolva. Ennek megtérülése függ a támogatási rendszertől és a fosszilis energiahordozók árának alakulásától.

Az elkövetkező években átlagosan évi 10 ezer m² napkollektor telepítése becsülhető, ami évente kb. 1600 lakást jelent.

Használati melegvíz előállításának intézményi célra

Nagyobb panziók, szállodák, kórházak, szociális otthonok, melegvízes technológiájú ipari létesítmények és hasonló intézmények egész évben jelentős használati melegvízigényét központi napenergia-hasznosító berendezéssel érdemes kielégíteni. Egy központi melegvízellátó berendezés-egység átlagos gyűjtőfelülete 50 m². Egy ilyen nagyságrendű napkollektoros berendezés beruházási költsége jelenlegi árakon kb. 6 M Ft + ÁFA, várható energiahozama 75 GJ/év.

A következő hat-nyolc évben legfeljebb néhány ezer központi berendezés létesítése becsülhető, ami összesen kb. negyedmillió m² napkollektor telepítését jelenti.

Melegvíz-előállítás nyáron

Magyarországon a nyáron hasznosítható napenergia öt-hatszorosa a télnek, ezért kézenfekvő, hogy a csak nyáron fellépő melegvízigényeket (kempingek, medencevízfűtés) napenergia hasznosításával elégítsük ki. A nyári hasznosítás eszközei egyszerűbbek és olcsóbbak is az egész éves üzemű berendezéseknél.

A szezonális berendezések egységét szintén 50 m²-esnek feltételezve, az egységnyi beruházási költség kb. 4 M Ft + ÁFA, a várható energiahozam – a rövidebb kihasználási idő miatt – kb. 40 GJ/év.

Becsült adatok alapján a következő hat-nyolc évben kb. 30 ezer m² nyári üzemű berendezéssel számolhatunk, ez évi kb. 100 db berendezést jelent.

A telepíthető kollektorfelület és termikus potenciál becslése

Az aktív szoláris termikus potenciál a napenergia közvetlen sugárzásának napkollektorok segítségével történő begyűjtésével és hővé alakításával meleg hőhordozó közegek előállítására használható energia. A hőhordozó közeg lehet fagyálló folyadék, víz és gőz, a felhasználási célok pedig: használati és technológiai melegvíz termelése, fűtés, uszodavízmelegítés, szolár-távhő rendszerek működtetése. A szoláris termikus potenciál döntő mértékben a besugárzásra felhasználható felületek nagyságától, azok tájolásától és a napsugárzás intenzitásától függ.

A becslések alapján a napkollektorok telepítésére alkalmas felületek nagyságrendje a következő:

- lakóházak: 31,9 millió m²,
 - hivatalok, középületek: 300 ezer m²,
 - kempingek, külső területek: 50 ezer m².
- Ezek alapján a következő évtizedben hasznosítható felület: 32,25 millió m². Ily módon hazánk teljes aktív szoláris termikus potenciálja: 48,8 PJ/év.

A NAPENERGIA MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁSA²

Bevezetés

A mezőgazdaság, erdő- és vízgazdálkodás részesedése a teljes hazai energiafelhasználásból 40 PJ/év nagyságrendű. Ez a nemzetgazdaság teljes energiafelhasználásának mintegy 4%-a, ami meghaladja a mezőgazdaság GDP-hez való hozzájárulását. Meg kell jegyezni azt is, hogy a mezőgazdaság becsült hozzájárulása az üvegházhatású gázok kibocsátásához az EU szintjén 9%. Ezek indokolják a mezőgazdasági hasznosítás kiemelt kezelését.

A felhasznált energiamennyiség 35–40%-át a növényházak fűtése, a szárítás és az épületek fűtése és hűtése teszi ki. A környezetvédelmi hatásokkal kapcsolatosan különösen fontos megemlíteni a növényházakat és a szárítókat, amelyeknél a nagymennyiségű hagyományos energiahordozó (elsősorban olaj és gáz) kiváltásával a környezetet szennyező, egészségkárosító anyagok kibocsátása jelentősen csökkenthető. A napenergia széles körű felhasználását e területeken az is indokolja, hogy az alkalmazható technológiák (különböző termények szárítási eljárásai, egyszerű és integrált kivitelű szárítóberendezések, növényházak fűtése, hűtése és szellőztetése, állattartó épületek fűtése, klimatizálása stb.) ismertek, kidolgozottak.

² Ez a fejezet az MTA MEA (2006) tanulmány és Farkas István (2005) publikációja alapján készült.

A bevezetésre javasolt szoláris technológiák megtérülési ideje egymástól eltérő. Növényházak esetén öt-nyolc év, egyszerű kivitelű szárítóknál egy-két év, integrált kivitelű szárítóknál három-nyolc év, technológiai melegvíz-készítésnél, fűtésnél három-hat év.

Növényházak fűtése

Magyarországon jelenleg mintegy 150 ha üvegház, 4500 ha vázszerkezetes fóliás természetberendezés és 2000 ha váz nélküli fóliafelület van. Klímaviszonyaink miatt az üvegházaink teljes energiaszükségletének 85–88%-át mesterséges fűtéssel kell biztosítani. Ily módon a mezőgazdaság teljes energiafelhasználásának 1–2%-át fordítják növényházak fűtésére. A jövőben várhatóan növekedni fog az üvegházi termékek iránti kereslet. A termelés oldaláról a növekedés alapkérdése a gazdaságosság, ami a felhasznált energia mennyiségével és fajtájával függ össze. A növényházi energiafelhasználás csökkentésének igénye, valamint a környezetvédelmi szempontok előtérbe kerülése indokolja a megújuló energiaforrások alkalmazási lehetőségeinek vizsgálatát. Közülük a geotermális energia mellett elsősorban a napenergia-felhasználás az egyik alternatíva. A napenergiás fűtést biztosító berendezések beruházási költségei azonban magasak, ezért alkalmazásuk elsősorban kiegészítő jellegű.

A növényházi szoláris potenciál (hasznosításra rendelkezésre álló energia) számításához irodalmi forrásokból, illetve saját becslésből származó adatokat használtunk fel. A becsült növényházi napenergia-potenciál értéke: 1,27 PJ/év.

Szoláris szárítás

A mezőgazdaság teljes energiafelhasználásának mintegy 20 százalékát fordítják szárításra.

Ezen belül a szárításra felhasznált energiahordozók megoszlása a teljes mezőgazdasági energiafelhasználásból: villamos energiából kb. 10%, földgázból 30–50%, olajból 10–15%. A betakarítás utáni műveletek, különösen a különböző biológiai eredetű anyagok szárítási folyamatai jelentős szerepet játszanak az energiamegtakarításban, a végtermék minőségében és a környezeti kérdésekben. Manapság számos szárítási módszer áll rendelkezésre, de megéri számításba venni a szoláris szárítás technikai és gazdasági előnyeit.

A szoláris szárítás elterjedését elősegítő főbb tényezők:

- alacsony hőmérsékletű mezőgazdasági szárítási igények,
- minőség, tisztaság, beltartalom megőrzése,
- kedvezőbb szállítási és tárolási veszteség,
- a szolárisan szárított termékek, aszaltványok piaca fokozatosan bővül,
- szárításra az erős napsugárzás időszakában van szükség.

A szárítási potenciál becsléséhez szükséges adatokat gabonafélék, szalastakarmányok, zöldségek, gyümölcsök és egyéb termények (dohány, hüvelyesek, olajos magvak) esetére vettük figyelembe. Szalastakarmánynál néhány napos renden történő szárítás esetén jelentősen csökkenteni lehet az eltávolítandó víz mennyiségét, ugyanakkor a szárított termék beltartalmi értékei kb. 50%-ban jobbak, mint például a renden történő szárítás esetén. A szárításra hasznosítható napenergia-potenciál becsült értéke: 3,44 PJ/év.

Technológiai célú melegvízkészítés

Fűtésre és melegvíz készítésére a mezőgazdaság teljes energiafelhasználásának 15–16%-át használja fel. Ennek kb. 60%-a hagyományos energiahordozó (gáz és tüzelőolaj).

A mezőgazdaságban több technológiai folyamatnál jól alkalmazhatók a tárolóval egybeépített folyadék munkaközegű sikkollektoros melegvízkészítő rendszerek, tekintettel arra, hogy a szükséges hőmérsékletigény általában 80 °C-ig terjed. A szóba jöhető főbb alkalmazási területek:

- biogáz-rendszerek hő- és melegvízellátása,
- tehenészeti telepek melegvízellátása,
- borjúnevelők tejelőkészítése,
- sertésállók padlófűtése,
- intenzív akvakultúrák melegvízellátása.

A technológiai célú napenergiás melegvízkészítő rendszerek tervezésének főbb szempontjai az energiaszükséglet, a szoláris forrásból biztosítható energia részaránya, a szoláris rendszer hatásfoka, közvetlen költsége, az egyéb ún. externális költségek és hozadékok, valamint a szociális és környezeti aspektusok.

A technológiai célú melegvízkészítésre felhasználható potenciál becsléséhez szükséges adatokat különböző típusú (növénytermesztő, állattenyésztő és vegyes) gazdaságok esetére vettük figyelembe. A kollektorokkal begyűjthető energia értékét a kereskedelmi forgalomban lévő kollektorok leírásaiból vettük. A technológiai melegvíz készítésére felhasználható napenergia-potenciál becsült értéke: 11,2 PJ/év.

A mezőgazdasági hasznosítás értékelése

A mai nemzetközi tendenciák szerint feltételezhető, hogy 2040–50-re a teljes mezőgazdasági energiaigény kb. 60–70%-ban biztosítható megújuló energiaforrásokból (biomassza, szél, geotermális, víz, nap). Magyarországon az ágazat energiaigénye jelenleg 40 PJ/év nagyságrendű. Figyelembe véve az ágazat növekedési lehetőségeit és az energiatakarékos gazdálkodási módok terjedését, a jövőben is ezzel a mennyiséggel számoltunk. A hagyomá-

nyos energiahordozók megújulókkal való kiváltási lehetőségét a legnagyobb energiafelhasználói területeket alapul véve vizsgáltuk.

Az elvégzett számítások és becslések eredményeképpen megállapítható, hogy a legenergiaigényesebb mezőgazdasági alkalmazásokat, nevezetesen a növényházi fűtést, a szoláris szárítást és a technológiai melegvíz készítését illetően a rendelkezésre álló termikus napenergia-potenciál nagysága sorrendben 1,27, 3,44 és 11,20 PJ/év, ami összesen 15,91 PJ/év a teljes (elvi) telepíthetőség figyelembevételével. A belátható időn belüli telepíthetőség alapján ez az érték kb. 2,62 PJ/év.

A három alkalmazási terület együttes energiaigénye 35–40%-a a mezőgazdaságának, azaz mintegy 15–16 PJ/év. Eszerint az említett technológiák energiaigénye elvileg teljes egészében fedezhető napenergiából. A belátható időn belül realizálható esetben (az ugyanerre a célra hasznosítható összes megújuló energiaforráson belül) a termikus napenergia részaránya 20–30% közé eshet, az egyéb megújulókat alkalmazhatóságától függően.

A kapott eredmények azt mutatják, hogy a három vizsgált mezőgazdasági területre számított teljes termikus napenergia-potenciál a mezőgazdaságban felhasználásra kerülő összes megújuló energia kb. 65%-a. Ugyanez az érték rövid időn belüli telepítések figyelembe vételével kb. 10%.

A NAPENERGIA FOTOVILLAMOS HASZNOSÍTÁSA³

Bevezetés

A jelenlegi és a közeljövő hosszú élettartamú, nagy hatásfokú napelemei egykristályos, illetőleg polikristályos szilícium felhasználásával

³ Ez a fejezet az MTA MEA tanulmány (2006) és Pálffy Miklós (2004) publikációja alapján készült.

készülnek. Az egy- és polikristályos szilícium napelemek energiaátalakítási hatásfoka 16–18%. Laboratóriumi körülmények között többretegű napelemekkel már 40% fölötti hatásfokot is elértek. Az olcsóbb kivitelű amorf szilícium-vékonyréteg napelemek hatásfoka 6–8% körül van.

Napjainkban évente több mint 3000 MWp napelemet gyártanak a világon, és az éves növekedési ütem az utóbbi években 60–70%-os volt. (MWp a napelem csúcsteljesítményét jelenti megawattban.)

A napelemek és napelemes berendezések fejlesztése Magyarországon az 1970-es évek közepén indult a Villamosipari Kutató Intézetben. Az első hazai napelemes berendezés 1975-ben készült. A fejlesztés és kísérleti gyártás annak bezárásáig a Pannonglas Solarlabban folytatódott 1992-ig. A fejlesztési és gyártási tapasztalatok jelenleg a Solart-System Kft.-ben hasznosulnak. 1997-ben amorf szilícium alapú napelemek elsősorban külföldi piacra történő gyártására megalakult a Dunasolar

Rt., amely 2002-re évi 3 MWp gyártási kapacitásra felfejlesztve Európa legnagyobb nap-elemgyártója lett amorf szilíciumból. 2003-ban a gyártósorokat leszerelték és Thaiföldre szállították. Magyarországon jelenleg több hazai és külföldi napelem-forgalmazó cég tevékenykedik. A gyártás és összeszerelés területén is élénkülés tapasztalható. Az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetében 85 M Ft-os beruházással a közelmúltban adták át a szilícium-vékonyréteget tartalmazó napelemek technológiai fejlesztésére alkalmas laboratóriumot.

A berendezések nagyobb része autonóm villamosenergia-ellátási feladatokat lát el mikrohullámú átvízlóknál, helyi telefonközpontnál, segélykérő telefonoknál autópályán, forgalomszámlálóknál, meteorológiai állomásoknál, hálózattól távol eső házaknál, biztonsági berendezéseknél, oktatási berendezéseknél, villanypásztoroknál, házi, mező- és erdőgazdasági vízellátásnál, gázipari berendezések monitorozásánál, autóbuszok szellőzésénél,

	Elvileg beépíthető napelemfelület (km ²)	kedvezően beépíthető napelemfelület (km ²)	Beépíthető napelem-teljesítmény (MWp)	Éves villamosenergia-termelés (millió MWh)
Nagypanelek házak	1,70	0,76	76,42	0,09
Egyéb lakóépületek	63	28,35	2835	3,26
Mezőgazdasági épületek 1.	13,5	6,08	607,5	0,73
Mezőgazdasági épületek 2.	10,13	4,56	455,63	0,52
Oktatási épületek 1.	0,72	0,33	32,58	0,04
Oktatási épületek 2.	2,74	1,23	123,48	0,14
Önkormányzati ép. 1.	0,86	0,39	38,63	0,05
Önkormányzati ép. 2.	3,25	1,46	146,41	0,17
Gyep-legelő	4573	2058	205781	246,94
Mg.-ban felszabadult új területek	4310	1940	193950	232,74
Vasútvonalak mentén	47,39	10,66	1066,23	1,28
Autópályák mentén	1,00	0,45	45,23	0,050
Összesen	9027	4052	405158	486

1. táblázat (1–2 a kollektor dőlésszögétől függően)

világításnál stb. A berendezésállomány kisebb része közvetlenül hálózatra dolgozik: üzemanyag-töltő állomásonál, magánházaknál, oktatási intézményeknél stb. 2008-tól ez az arány megfordulni látszik.

Napelemes berendezések telepíthetőségének értékelése

Napelemek telepítésénél a legfontosabb szempont a kedvező benapozás biztosítása. Még a részleges árnyékolás is jelentős energianyereség-kiesést okoz. E szempontból több lehetőség áll rendelkezésre, amelyek közül az épületekre és egyéb létesítményekre történő különböző dőlésszögű telepítést és a szabad földterületekre történő telepítést vesszük számításba. A számítások eredményeit (Pálffy, 2004) az 1. táblázatban foglaljuk össze.

A becslések alapján számított hazai fotovillamos potenciál (486 mrd kWh=1749 PJ/év) villamosenergia-termelési lehetősége az ország jelenlegi éves villamosenergia-fogyasztásának több mint 12-szerese. A fotovillamos hasznosítás tehát a jelenleginél lényegesen nagyobb szerepet tölthet be. A potenciál számításánál az épülethomlokzatok napelemes borítása (növelő tényező) valamint a termikus kollektorok részesedése (csökkentő tényező) nem lett figyelembe véve. Meg kell továbbá emléteni a kombinált fotovillamos-fototermikus energiaátalakítás lehetőségét is.

A NAPENERGIA PASSZÍV HASZNOSÍTÁSA⁴

Bevezetés

A napenergia passzív hasznosítását megvalósító épületekben a napenergia begyűjtését, annak tárolását és az energia tervezett formá-

⁴ Ez a fejezet az MTA MEA tanulmány és Fülöp László és munkatársai (2005) publikációja alapján készült.

ban történő leadását az épület, illetve annak szerkezeti elemei végzik el. Míg a „direkt” rendszerek esetében mindhárom feladatot magának a fűtendő térnek a szerkezeti lábják el, az „indirekt” rendszereknél e funkciók térben szétválnak.

A jó helyszíni adottságokkal bíró és célirányosan a napenergia jó kihasználására épített, ún. passzív szolár épületekben a napsugárzásból származó részarány az 50%-ot is elérheti. Ezt az 1986-ban átadott pécsi napház mérési eredményei is alátámasztják. Az ún. „passzív házak” az alacsony energiafelhasználású épületek azon csoportját képezik, amelyek fajlagos fűtésienergia-igénye a 15 kWh/m² éves értéket nem haladja meg.

A jelenlegi épületállomány egészére vonatkozóan a napenergia hazai építészeti (passzív) hasznosításának mértékére nem állnak rendelkezésre pontos adatok. Ennek okai: a meglévő épületállomány építészeti, épületszerkezeti és hőtechnikai szempontból egyaránt igen heterogén volta, továbbá az a körülmény, hogy ilyen tekintetben országos, illetve regionális felmérés az utóbbi ötven évben nem készült. Ugyanakkor a bevezetett energiahatékonysági tanúsítvány (energia passzus) a meglévő épületeket is értékeli, ezáltal felértékeli az energetikailag kedvező épületeket és leértékeli a kedvezőtleneket, ami erősíti a passzív napenergia-hasznosítás értékét is.

Új tendenciák a lakásépítésben és a felújításoknál

Egy épület fűtési energiafelhasználása passzív direkt szoláris rendszerekkel 15–20%-kal, indirekt rendszerekkel 25–35%-kal is csökkenthető. Ausztriai példák bizonyítják, hogy az újabb szoláris bioklimatikus épületek 40–70%-kal kevesebb energiát fogyasztanak, mint a hagyományos épületek. Új épületeknél

reális elvárás, hogy a jelenlegi átlagos 17% szoláris részarány a kétszeresére emelkedjen.

Épületeink felújítása során a passzív szoláris rendszerek alkalmazásának lehetőségei (a tájolási, építészeti – alaprajz, tömegformálás – adottságok mellett) a beépítés módjától és a meglévő épületszerkezetektől függenek. Az alkalmazott megoldások általában jelentős homlokzati változást idéznek elő, ezért a felújítás tervét az épület környezetével összhangban kell elkészíteni.

A szoláris nyereségáramok növelésére és hasznosítási fokának javítására szolgáló eszközök:

- a külső falszerkezetek átalakítása tömegfallá, Trombe-fallá,
- a külső falszerkezetek transzparens hőszigetelése,
- csatlakozó napterek építése, illetve meglévő loggiák, erkélyek beüvegezése,
- társított, mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek alkalmazása.

Reális cél lehet az épület fajlagos össz-energiafogyasztását 50 kWh/m²/év értéket megközelítő szintre csökkenteni (amely érték a német hővédelmi rendelet „alacsony energiaigényű házak” kategóriájának felel meg), amelyhez a hatékony passzív szoláris rendszerek felhasználása nélkülözhetetlen.

A passzív rendszerek értékelése

Mivel hazai épületállományunk egészére vonatkozóan a napenergia passzív (építészeti) hasznosításának mértékére nincsenek adatok, a hazai passzív szoláris potenciál mértéke csak közelítéssel becsülhető. Az új és nagymértékben felújított épületek esetében a jelenleginél nagyobb szoláris részarány érhető el, ezenkívül léteznek olyan, utólag is alkalmazható módszerek, amelyekkel a szoláris energiahozam meglévő épületeknél is növelhető. Új

épületek esetében az elérhető növekedés 1,8 PJ/év, a hatékonyan felújítható meglévő épületek esetén mintegy 36 PJ/év. Ez összesen 37,8 PJ/év potenciált jelent.

KÖRNYEZETVÉDELMI HATÁSOK ELEMZÉSE

Környezetszennyezés-csökkenés termikus hasznosításoknál

A Kormány 1107/1999. (X. 8.) határozatában az *Energiatakarékossági és Energhatékonyág-növelési Cselekvési Programban* 2010-re 20 ezer napkollektoros tetőt irányzott elő, ami legalább 400 ezer m² napkollektor-telepítést jelentett volna tíz év alatt.

A környezetszennyezés-csökkenési számításokhoz használható átlagos adat, hogy 1 m² napkollektor éves energiahasznosítása kb. 0,12 t olajegyenértéknek felel meg. Az országban a korábban létesített berendezésekkel együtt a jelenleg működő kb. 300 ezer m²-re becsült összes napkollektor-felület kb. 450 TJ/év hőenergia-hozamot jelent. Ez a hőenergia-kiváltás 36 ezer t olajegyenértéknek felel meg a hozzá tartozó szennyezéssel együtt.

A 2010-re kitűzött 20 ezer napkollektoros tető program megvalósulása, a jelenlegi állapot kétszeresének, azaz 600 TJ/év hőenergia-hozamnak felelne meg a program végén. A szennyezőanyag-kibocsátás megtakarításának értéke függ a szén-dioxid tonnánkénti áráról, és attól, hogy ezeket a területeket mennyire lehet bekapcsolni a kvótakereskedelemben.

Környezetszennyezés-csökkenés fotovillamos hasznosításoknál

A Magyarországon üzemelő napelemes berendezésekre vonatkozó adatbázis nem áll rendelkezésre. A napelemes berendezések 2009-ben üzemelő állománya kb. 400 kWp

teljesítményre becsülhető, amelynek éves energiatermelése kb. 570 MWh, azaz 2,05 GJ/év a magyarországi átlagos 30 fokos dőlésszögű telepítéssel számolva.

Az energiamegtakarítás mellett elért környezetszennyezés-csökkenés számításához használható átlagos adat, hogy a napelemek által megtermelt 1 kWh villamos energia mellett megtakarítható szén-dioxid-kibocsátás értéke 0,82 kg. Ennek figyelembevételével a jelenleg 400 kWp teljesítményű telepített fotovillamos berendezések 468 t CO₂ kibocsátástól mentesítenek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A napenergia közvetlen hasznosításának fő területei a következők:

- aktív szoláris termikus rendszerek,
- mezőgazdasági szoláris termikus alkalmazások,
- szoláris fotovillamos energetikai célú hasznosítás,
- passzív szoláris termikus rendszerek.

A napkollektorokkal történő aktív napenergia-hasznosításra alkalmas felület a következő évtizedben 32,25 millió m². Hazánk teljes aktív szoláris termikus potenciálja 48,815 PJ/év. A szoláris termikus potenciál a mezőgazdaságban három fő területen való napenergia-hasznosítást tesz lehetővé, a mezőgazdasági termelés hőigényeit kielégítve. Ez a potenciál összesen 15,91 PJ/év.

A fotovillamos rendszerek szabad területeken telepítve erőművi alkalmazásokat szolgálnak, épületek tetőfelületére szerelve vagy épületek homlokzatába integrálva helyi energiaellátásra alkalmazhatók (autonóm vagy hálózatra kapcsolt üzemmódban). Hazánkban a technikailag kedvezően beépíthető felület: 4051,48 km² (beleértve a vasutak és autópályák mentén való létesítésre felhasz-

nálható területeket is). Figyelembe véve a felületek dőlésszög-megoszlását, valamint a napelemek hatásfokát, a teljes fotovillamos energetikai potenciál 1749 PJ/év.

A passzív szolár termikus potenciál a napenergia építészeti hőhasznosítására felhasználható energia. A szolár-bioklimatikus építészeti technikai módszereivel (épületek tájolása, napterek, integrált homlokzati hőelnyelő-tároló elemek alkalmazása, kedvező helyiségbeosztás, hővesztés-csökkentés) hasznosított napenergiával hagyományos energiahordozók takaríthatók meg. Döntően a meglévő épületállomány rekonstrukciójára alapozva, hazánk teljes passzív szoláris termikus potenciálja 37,8 PJ/év.

A jelenlegi helyzetet figyelembe véve a napenergia-hasznosítás energetikai és környezeti hatásainak értékeléséhez mintegy 300 ezer m² napkollektorral és 400 kWp teljesítményű telepített napelemmel számolhatunk. Ez a napkollektoros rendszereknél 450 TJ/év hőenergia-hozamot, ill. 36 ezer t olajegyenértéknek megfelelő légszennyeződéscsökkenést jelent. Napelemes rendszereknél átlagos adatokkal számolva az előállított villamos energia nagysága 2,05 GJ/év, ami évi 468 t CO₂-kibocsátás megtakarításával egyenértékű.

A napenergia-hasznosítás a műszaki potenciál mellett gazdasági és társadalmi oldalról csak komplex tanulmánnyal becsülhető, amely figyelembe veszi a klímapolitikai célkitűzéseket, a környezeti hatásokat, ugyanakkor magában foglalja az energiatermelés költségeit és hozadékát is.

Kulcsszavak: környezetszennyezés, externális költségek, aktív hőhasznosítás, használati melegvíz, növényházak fűtése, szoláris szárítás, technológiai melegvízkészítés, fotovillamos hasznosítás, napelemes berendezések, passzív hasznosítás

IRODALOM

- Farkas István (2005): Termikus napenergia potenciál a mezőgazdaságban. *Energiagazdálkodás*. 46, 1, 3–7.
- Fülöp László – Szűcs M. – Zöld A. (2005): A napenergia passzív hasznosításának hazai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 46, 1, 8–13.
- Kaboldy Eszter (2005): A napenergia aktív hasznosításának hazai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 46, 1, 19–24.

- MEA (2001): *A megújuló energiaforrások bővítése, a megújuló energiafelhasználás növelése, Stratégiai terv program koncepciója*. Budapest
- Imre László – Bohoczky Ferenc (szerk.): MTA MEA (2006): *Magyarország megújuló energetikai potenciálja*. Budapest
- Pálffy Miklós (2004): Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 45, 6, 7–10.



A SZÉLENERGIA HELYZETE MAGYARORSZÁGON

Szalai Sándor

kandidátus,
Szent István Egyetem, Gödöllő
szalai.sandor@mkk.szie.hu

Gács Iván

kandidátus,
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
gacs@energia.bme.hu

Tar Károly

kandidátus,
Debreceni Egyetem Természettudományi
és Technológiai Kar Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék
tark@puma.unideb.hu

Tóth Péter

PhD,
Széchenyi István Egyetem
Műszaki Tudományi Kar
Környezetmérnöki Tanszék
tothp@sze.hu

Bevezetés

A szélenergia mint valódi megújuló energia ideális eszköz az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséért vívott harcban az antropogén éghajlatváltozás hatásainak elviselhető szinten tartásához. Így jelentősége többszörös: nemcsak csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást, hanem energiaszegény régiókban olyan forrás, amely lényegében független a politikai helyzettől, más energiahordozók áraitól. Ennek, valamint helyenkénti nagy energiasűrűségének következtében, az utóbbi időben a használata rohamosan növekedett.

Az EU-ajánlásoknak megfelelően Magyarországon is nagy erővel folyik a megújuló energiák hasznosítása (Bíróné et al., 2009). Sajnos hazánk földrajzi helyzete miatt a megújuló energiafajták egy részéből a többi országnál csak kisebb potenciállal rendelkezik. Ilyen például a medencei jellegből adódóan a szélenergia is.

A földrajzi helyzeten kívül a szabályozási rendszer is nehezíti a szélenergia-hasznosítás magyarországi fejlődését. Több adminisztrációs akadály, a pontos lokális előrejelzések követelménye, azaz a napi és havi menetrendtől való eltérés büntetése csökkenti a szélerőművek nyereségét.

A szélerőművek jelentősen képesek csökkenteni a szén-dioxid-kibocsátást. Német vizsgálatok szerint egy 2 MW-os szélerőmű elkészítéséhez, felállításához, működtetéséhez, végül elbontásához az üvegházhatású gázok akkora kibocsátása szükséges, amennyit az erőmű nyolchónapos működtetésével ki lehet váltani. Az ezen felüli működési időben már csökken az üvegházhatású gázok kibocsátása.

Nemzetközi helyzet

A szélenergia hasznosítása világszerte dinamikusan fejlődik. Például az USA-ban 27,2 GW a szélerőmű-kapacitás (ebből 2008-ban telepített 8,4 GW), Németországé 23,9 GW