

A napenergia-hasznosítás meteorológiai adottságai Debrecen térségében

Bevezetés

A napenergia hatékony felhasználásának elsődleges feltétele, hogy pontosan ismerjük a földfelszín egy pontjára, adott időegység alatt érkező energia mennyiségét. Ezen túl a napenergia-hasznosításban meghatározó szerepet kapnak a technikai feltételek, pénzügyi-gazdasági konstrukciós lehetőségek és az energiaforrás társadalmi elfogadottsága. Az alábbi tanulmányban Magyarország északkeleti részén, Debrecen térségében vizsgáltuk a napenergia hasznosításának meteorológiai adottságait, mely kiindulópont lehet az ez irányú döntéshozók, felhasználók számára.

A napenergia-hasznosításhoz közvetlenül kapcsolódó éghajlati elemek, mint a globálisugárzás, a napsütés órák száma, a borultság és a köd alakulásának rövid áttekintése után meghatároztuk a vízszintes, illetve jellegzetes dőlésszögű, déli tájolású felszín napenergia-bevételét. Ugyanakkor egy becslést is adtunk, hogy bizonyos technikai feltételek mellett a rendelkezésre álló napenergiából mennyi villamos energia nyerhető.

Sugárzási viszonyok Debrecen térségében

Globálisugárzás

Az energetikai felhasználás szempontjából a Napból kiinduló és a felfogó felszínre érkező rövidhullámú sugárzás, a globálisugárzás mennyisége (a meteorológiában 0,29 és 4 μm hullámhossz közötti spektrális tartomány), illetve ennek térbeli, időbeli eloszlása a döntő. Magyarország területére átlagosan beérkező napenergia 138 W/m^2 (Weinberg-Williams 1990), ami az ország villamos energiatermelését egy 21 km^2 -nyi területről tudná fedezni (Kacz-Neményi 1998).

Debrecen térségében a csillagá-

	Jan.	Feb.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Év
Lehetséges	197	285	481	678	883	959	971	837	607	431	247	176	6753
Tényleges	108	174	324	460	595	622	662	557	410	273	120	80	4385

Globálisugárzás (MJ/m^2) havi és évi átlagos összegei Debrecenben (Justyák-Tar 1994)

szatilag lehetséges globálisugárzásnak mintegy 65%-a érkezik a felszínre (Justyák-Tar 1994). Ez egy éves ingást mutat, a legkevesebb sugárzás a téli évszakban, a legtöbb pedig nyáron van, ami egyértelműen a napenergia nyári alkalmazását helyezi előtérbe, például medencefűtésre, kempingek fűtésére stb. A tavaszi és az őszi energiaösszeg között is nagy az eltérés, tavasszal sokéves átlagban $575 \text{ MJ}/\text{m}^2$ – rel több energia érkezik, mint ősszel (1. táblázat).

Napfénytartam

Egy másik meteorológiai tényező, mely a napenergia alkalmazhatóságának hatékonyságát, illetve ennek időbeli eloszlását alapvetően befolyásolja, a napsugárzás időtartama. A csillagászatilag lehetséges és a tényleges napfénytartam aránya tulajdonképpen a direkt sugárzás mennyiségét jellemzi.

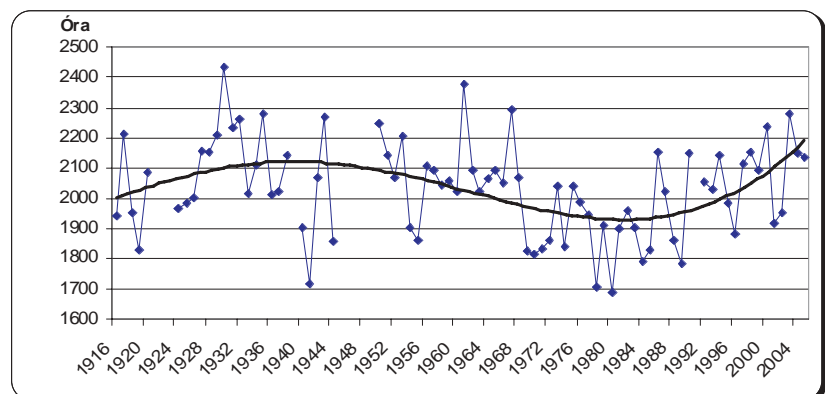
Debrecen sokéves átlagban 2045 óra napsütést kap évente, a lehetségesnek mintegy 46%-át (ld. később az 5. táblázatban). Hónapos bontásban a legtöbb napfény, 296 óra, júli-

usban van, ami napi 9,5 órás napsütést jelent, a legkevesebb, 47 óra, pedig decemberben jellemző, napi mintegy 1,5 órás napsütéssel.

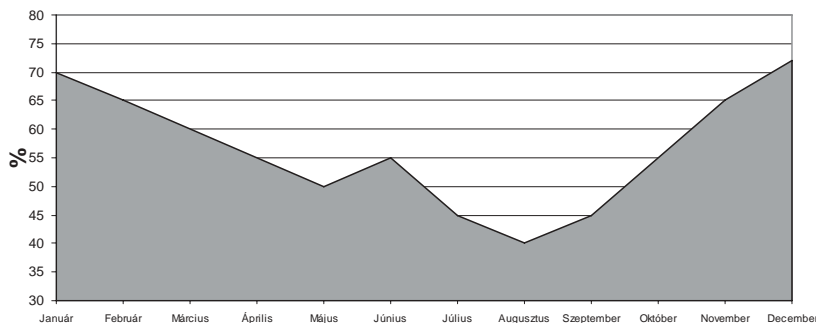
Az utóbbi 89 évben jelentős mértékben változott az egymást követő évek napsütéses óráinak száma, és ezzel együtt a beérkező napenergia. Az általunk vizsgált mérőállomáson (Debrecen) a napsütéses órák számában 1944-ig egy egyenletes, lassú emelkedés figyelhető meg. Ekkor egy csökkenő trenddel évi 350 napsütéses órával alacsonyabb szinten stabilizálódik a napfénytartam, majd 1990 után ismét egy fokozatos növekedés tapasztalható (1. ábra).

Borultság

Az energiahasznosítás hatékonysága szempontjából lényeges a napsütés nélküli napok alakulása is, amikor egész nap a globálisugárzásnak csak a szórt sugárzási komponense érvényesül. Bár a mai napenergiát átalakító rendszerek már a szórt sugárzást is tudják hasznosítani, de mivel annak intenzitása sokkal alacsonyabb, mint a direkt sugárzásé,



1. ábra: A napsütéses órák számának változása Debrecenben 1916 és 2004 között.



2. ábra: Átlagos borultság Debrecenben az 1927–1978 időszakban (Justyák-Tar 1994)

így ez kevésbé hatékony. Debrecenben a sokéves statisztikák alapján (1927–1978) a május-augusztusi időszakban csak fél vagy egy-egy napsütés nélküli nap fordul elő, április–szeptemberben is csak két-három nap adódik. Ellenben télen 12 felett van a teljesen borult napok száma. A legtöbb ilyen nap decemberben alakul ki, átlagosan 16,6. Ilyenkor a felhőzet mellett a köd is fontos szerepet kap a direkt sugárzás kimaradásában (Justyák-Tar 1994).

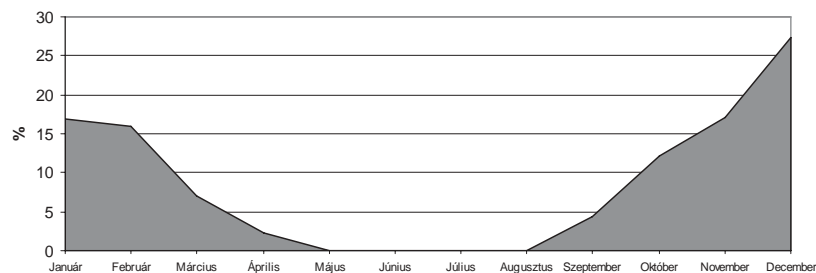
A borultság sokéves aránya télen 70% körüli, míg nyáron kevesebb, mint 50% (2. ábra). Míg télen az alacsonyan elhelyezkedő réteges (stratus) felhőzet alakul ki nagyobb gyakorisággal, addig nyáron a magasabban elhelyezkedő gomolyos felhőzet (cumulus) a jellemző (Justyák-Tar 1994). Így télen a zárt, egyenletes felhőzet szinte teljesen kizárja a napsütést, nyáron a felhődarabokból álló cumulus felhőzet megszakításokkal, de összességében mégis jelentős nagyságú tényleges napütést eredményez.

A borultság napi menetére jellemző, hogy az év folyamán a minimum általánosan a késő esti órákban és éjjel körül áll be. A maximum télen általában reggel jelentkezik, ősszel inkább a délelőtti órákban jellemző, kora tavasszal eltolódik délutánra, mely hasonlóan alakul nyáron is. (Justyák-Tar 1994).

Köd

Amint a 3. ábráról is leolvasható, a ködös napok száma Debrecenben a

borultsághoz hasonló évi eloszlást mutat. A téli hónapok 1/6-a ködös, amely jelentősen csökkenti a besugárzást, viszont a nyári hónapok gyakorlatilag ködmentesek, ami kedvező lehetőséget biztosít a napenergia energetikai célú felhasználására ebben az évszakban (Dobosi-Felméry 1971).



3. ábra: Ködös napok alakulása Debrecenben, az 1929–1978 időszakban (Justyák-Tar 1994)

A különböző kiettségű és hajlásszögű felszínre érkező direkt sugárzás mennyiségének meghatározása

A felszínre érkező napenergia mennyisége az adott időjárási viszonyok mellett a felfogó felszín geometriai tulajdonságainak függvénye. A lejtőtulajdonságok sugárzásbevitel-módosító hatása elsősorban a direkt sugárzás mennyiségi eloszlásában nyilvánul meg.

A vízszintes síkra eső közvetlen sugárzás intenzitása (I)

$$I = I_0 q^{Tz} \sin h \quad (1)$$

ahol I_0 – a napállandó, q – a tiszta légkör átbecsátási együtthatója, T – a Linke-féle homályossági tényező, z – a sugárzás légkörben megtett útjának a hossza, h – a napmagasság.

A potenciális napenergia megha-

tározásánál azonban a gyakorlatban előforduló vízszintestől eltérő, különböző lejtésszögű és tájolású felfogó felszínek energia-bevitelének elemzése válik szükségesszerűvé.

A vízszintes felületre érkező globálsugárzás értékekből ismert lejtőtulajdonságok alapján geometriai összefüggésekkel kiszámítható a különböző lejtőkre jutó közvetlen napenergia (Kaempfert-Morgen 1952, Kondratyev 1954, Justyák-Tar 1973).

Ha a besugárzásra merőleges felszínre a légkörön keresztül I energia jut, akkor a lejtő felszínére érkező energia (I_L):

$$I_L = I [\cos\beta \sinh + \sin\beta \cosh \cos(\alpha_N - \alpha_L)] \quad (2)$$

Itt I a napsugarakra merőleges síkra vonatkoztatott sugárzás intenzitása, β – a lejtő hajlásszöge, h – a napmagasság, α_N – a lejtő normálisának azimutja, α_L – a Nap azimutja. (Kondratyev 1954).

Tehát a lejtős felszínre érkező közvetlen sugárzás mennyisége függ a napmagasságtól, a napsugarak beesési szögétől, a lejtő hajlásszögétől, a lejtő irányától.

Vizsgálatunkban a vízszintes és ettől eltérő tulajdonságú felületek energia bevitelének összefüggését a vízszintes felületre jutó közvetlen sugárzás értékekből egy szorzószám (q_β) segítségével határoztuk meg:

$$I_L = q_\beta I_V \quad (3)$$

ahol, I_L – a lejtő felszínére jutó sugárzásmennyiség, I_V – a vízszintesen mért direkt sugárzás mennyisége.

A módszert *Justyák-Tar (1973)* dolgozta ki, mely felhőtlen égbolt esetén, vagyis a direkt sugárzás meghatározására használható.

A számítás egyszerűsítése céljából a q_{β} értékek csak a déli lejtőkre határoztuk meg, mivel a déli irány éves átlagban kiemelkedően jellegzetes a besugárzást illetően. Az év folyamán a maximális sugárzást kapó felszín szempontjából optimális lejtőirány energia-bevételére a szakirodalomban találunk értékeket (*Major 1985*).

Déli lejtőn a különböző hajlásszögű és a vízszintes felületre érkező közvetlen sugárzás napi összegének aránya a következőképpen számítható ki (*Justyák-Tar 1973*):

$$q_{\beta} = \frac{\omega_1 \sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega_1}{\omega_1 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_1} \quad (4)$$

ahol q_{β} – vízszintes és déli lejtő közvetlen besugárzása közti arányszám, δ – Nap deklinációja, β – a lejtő hajlásszöge, φ – a hely földrajzi szélességi köre, ω_1 – a vízszintes felszín napkeltének óraszöge, ω_1' – a lejtő napkeltének óraszöge.

Egy adott pont esetében a vízszintes felszín napkeltének óraszöge (radiánban) az alábbi összefüggés alapján határozható meg:

$$\cos \omega_1 = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta \quad (5)$$

Mivel a fenti összefüggés alapján kapott értékeket még korrigálni kell az adott pont földrajzi hosszúságával, ezért a ω_1 értékét a

$$t = 12 + \omega_1/15 \quad (6)$$

alapján határoztuk meg, ahol t az adott hely (Debrecen, $\delta = 47,3^\circ$, $\lambda = 21,3^\circ$) napkeltének időpontja órában, melyet a Csillagászati Évkönyvből néztünk ki.

Ahhoz, hogy meghatározhassuk a vízszintes és ettől eltérő felület sugárzásbevételének eltérését, ismernünk kell az adott pontban a különböző hajlásszögű lejtőre eső besugárzás kezdetének (lejtőnap-

kelte) és végének (lejtőnapnyugta) időpontját vagy óraszögét is. Ez a déli lejtők esetében a következőképpen határozható meg (*Justyák-Tar 1973*):

$$\cos \omega_1' = \frac{\operatorname{tg}(\varphi - \beta)}{\operatorname{tg} \varphi} \cos \omega_1 \quad (7)$$

A 0, illetve negatív előjelű deklinációk esetében $\omega_1' = \omega_1$.

Debrecen térségében az év minden hónapjának 21. napjára meghatároztuk a q_{β} szorzószámot, amely megadja a vízszintes és déli felszínre érkező direkt sugárzás közti arányát (*2. táblázat*).

A napelemek felállításánál ajánlott átlagos 30° lejtésszögű felszínek (a térség településein átlagosan 30 fokos ferdeségű tetőszerkezetek a jellemzőek) mellett meghatároztuk a vízszintes és az adott hónap optimális lejtésszögű felületének (*Suri 2005*) energia-bevétele közötti eltérést is.

A $47^\circ 30'$ északi földrajzi szélességi körön, a nyári hónapokban átlagosan 25° lejtésszögű déli felületek kapják a legnagyobb besugárzást, télen az optimális lejtésszög 59° (*4. ábra*).

Annak függvényében, hogy az év folyamán milyen jellegű kihasználtságot akarunk elérni, megválasztható a felfogó felszín dőlésszöge. A nyári időszakban maximális hatásfokot 25° – lejtésszöggel érhetünk el, ha viszont a téli és nyári hónapokban kiegyenlítettebb energiatermelést tervezünk, akkor ez egy éves átlagos 42° -os dőlésszöggel valósítható meg (*4. ábra*).

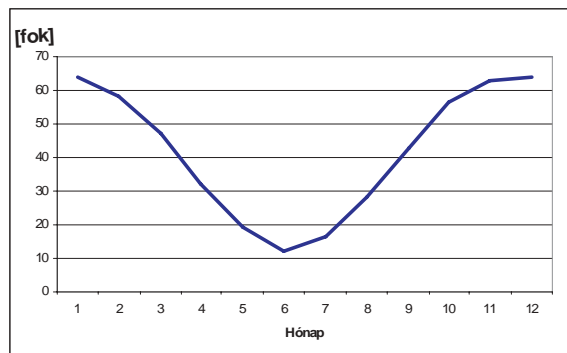
A továbbiakban a déli, 30° -os hajlásszögű, illetve az adott hónapban maximális besugárzást kapó ferde felületekre végezett számítások eredményeit ismertetjük.

Az alkalmazott módszerrel a vízszintes és ferde felszín közötti közvetlen sugárzás kapcsolata az év minden napjára meghatározható. A minden hónap 21-dik napjára meghatározott q_{β} értéket beszorozva az adott hónap átlagos sugárzási értékével, jó megközelítéssel kiszámítható egy adott hajlásszögű déli lejtő átlagos hónapos sugárzásbevétele. Mivel a módszer felhőtlen égbolt esetére vonatkozik, vagyis csak közvetlen sugárzási adatokkal használható, elsőként meghatároztuk azt a lehetséges maximum ener-

2. táblázat

Id pont	Jan.21	Feb.21	Márc.21	Ápr.21	Máj.21	Jún.21	Júl.21	Aug.21	Szept.21	Okt.21	Nov.21	Dec.21
	-19.58	-10.41	0.05	11.37	20.06	23.26	20.32	12.13	0.5	-10.34	-19.49	-23.26
q_{30°	2,47	1,83	1,43	1,15	1,00	0,94	0,99	1,13	1,42	1,86	2,68	3,02
q_{max}	3,32	2,17	1,49	1,15	1,03	1,00	1,02	1,13	1,45	2,21	3,69	4,32

Az év hónapjainak 21. napján a Nap deklinációja (δ), és az adott napra vonatkozó vízszintes és déli, 30° -os (q_{30}), illetve a hónapos optimális lejtésszögű (q_{max}) felület közötti sugárzás aránya ($\varphi = 47,3^\circ$)



4. ábra: A maximális sugárzást kapó déli lejtők hajlásszöge az év folyamán Debrecenben (*Suri, 2005*)

3. táblázat

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
$G_{\text{lehetséges}}$	197	285	481	678	883	959	971	837	607	431	247	176
G_{30}	457	487	649	753	865	892	961	921	850	819	655	495
G_{max}	655	619	718	780	906	960	994	948	878	951	912	760

Az elméletileg lehetséges globálisugárzás vízszintes síkon ($G_{\text{lehetséges}}$), illetve a 30° lejtésű (G_{30}) és a maximális napenergiát kapó felületre (G_{max}) Debrecenben, MJ/m²-ben ($G_{\text{lehetséges}}$ forrása Justyák-Tar 1994)

gia-bevételt, mely egy hónapban az adott lejtőre érkező, ha a vízszintes felületre a csillagászatilag lehetséges maximális besugárzás jut (3. táblázat).

A legnagyobb eltérések a vízszintes és déli lejtők energia-bevétele között a téli hónapokban vannak, amikor a Nap deklinációja negatív előjelű, ekkor ugyanis a vízszintes felszínre érkező közvetlen sugárzáshoz viszonyítva szinte kétszeres mennyiség jut a déli 30° -os lejtőkre, a hónapos optimális lejtőszögű felszínre (66°) pedig több mint háromszoros. Ez alapján a lejtő hajlászögének befolyásoló szerepe az alacsony deklinációjú napállás idején kihangsúlyozottabb. A 3. táblázatban természetesen csak egy elméleti megközelítést kapunk a rendelkezésre álló napenergia mennyiségéről, a valóságban a tényleges besugárzási értékekkel kell számolnunk. A vízszintes felületre számított tényleges globálisugárzás értékeket a kapott szorzószámokkal (minden hónap 21. napján) beszorozva meghatároztuk a hónapos átlag

energiamennyiséget (MJ), mely egy déli irányú, 30 fokos (G_{30}), illetve a legtöbb sugárzást felfogó felszín (G_{max}) 1 m^2 - es felületre átlagosan jut (4. táblázat).

A bemutatott számítás azonban tartalmaz pontatlanságot, mivel a globálisugárzás adatok tartalmazzák a szórt sugárzást is, azonban a fenti módszer csak a felhőtlen égbolt, vagyis a direkt sugárzási komponensre alkalmazható.

A levegő, vízgőz és szennyező anyagok molekuláin, valamint a felhők által szórt sugárzás nagyjából egyenletesen érkezik az égbolt minden pontjából, és csak a lejtő hajlásától függ, irányától független (Justyák-Martonné 1979). Magyarországon a vízszintes síkra érkező napenergiának éves átlagban fele diffúz formában érkezik, tehát a diffúz sugárzás szerepe nem hanyagolható el (Major 1985). Mivel a felszín geometriai tulajdonságai a globálisugárzás két komponensét eltérő arányban befolyásolják, ezért válik szükségszerűvé olyan számítási algoritmus kidolgozása, mely lehetővé teszi a két komponens külön vizsgálatát.

4. táblázat

Id pont		G	G 30°	Gmax
Jan	-19.6	108	266.83	358,9
Febr	-10.4	174	319.24	378,1
Márc	0.1	324	461.72	484,0
Ápr	11.4	460	529.37	528,9
Máj	20.1	595	592.12	610,3
Jún	23.3	622	584.73	622,9
Júl	20.3	662	654.03	677,5
Aug	12.1	557	630.52	630,8
Szept	0.5	410	582.24	593,3
Okt	-10.3	273	507.73	602,5
Nov	-19.5	120	321.86	442,8
Dec	-23.3	80	241.93	345,4

A tényleges globálisugárzás értéke vízszintes felületre (G), illetve a déli 30° -os és a hónapos maximális sugárzást kapó felületre a Justyák-Tar féle szorzószám alapján MJ/m²-ben

A direkt és szórt sugárzás arányának meghatározása

A felszínen mért globálisugárzás direkt és szórt komponensei arányának meghatározására, változóan felhős időszakokra, mérési adatok hiányában elméleti számítást alkalmaztunk.

Elsőként meghatároztuk a hónapos borultság (B) százalékát a nap-sütéses órák függvényében:

$$B = \frac{N_0 - N}{N_0} 100 \quad (8)$$

ahol N_0 – csillagászatilag lehetséges napfénytartam, N – tényleges napfénytartam.

Feltételezve, hogy a borult időszakban a globálisugárzás csak szórt sugárzásként érkezik a felszínre, így a B% arány a szórt ($G_{\text{szórt}}$) és direkt (G_{dir}) sugárzás között is fennáll:

$$G_{\text{szórt}} = \frac{GB}{100} \quad (9)$$

$$G_{\text{dir}} = G - G_{\text{szórt}} \quad (10)$$

ahol G a globálisugárzás.

Ha a lejtőszög nem nagy ($\beta < 40^\circ$), a szórt sugárzás a lejtő tulajdonságaitól függetlennek tekinthető (Muhenberg 1965). Mivel a különböző lejtésű felszínek a direkt sugárzás mennyiségét befolyásolják, a beérkező globálisugárzás mennyiségét a következő összefüggéssel határoztuk meg:

$$G_{\text{lejtő}} = (G_{\text{dir}} q_\beta) + G_{\text{szórt}} \quad (11)$$

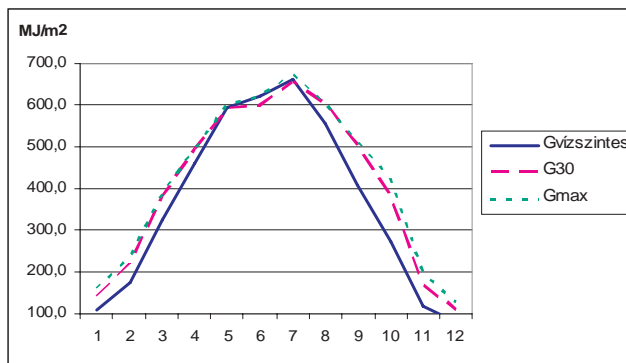
Hasonló számítás a szakirodalomban Justyák-Martonné (1979) tanulmányában található.

A (11) képlet alapján a vízszintes felülethez viszonyítva a ferde síkok alkalmazásával egész évben nagyobb energia-bevétel érhető el (5. ábra). A 30° dőlésszögű felszín a nyári hónapokban kevesebb energiát kap, mint a vízszintes, mivel ekkor az optimális hajlásszög is kisebb ennél. A nyári hónapokban nem nagy az a különbség, amelyet a vízszintes és ferde felszínek energia-bevétele mutat, viszont a téli

5. táblázat

	Jan.	Febr.	Márc.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.
N_0 (óra)	275	285	367	407	466	475	480	440	377	336	279	262
N (óra)	57	85	149	192	249	268	296	273	206	156	67	47
G (MJ/m ²)	108	174	324	460	595	622	662	557	410	273	120	80
B (óra)	218	200	218	215	217	207	184	167	171	180	212	215
$B\%$	79.3	70.2	59.4	52.8	46.6	43.6	38.3	38.0	45.4	53.6	76.0	82.1
$G_{szórt}$ (MJ/m ²)	85.6	122.1	192.5	243.0	277.1	271.1	253.8	211.4	186.0	146.3	91.2	65.6
G_{direkt} (MJ/m ²)	22.4	51.9	131.5	217.0	317.9	350.9	408.2	345.6	224.0	126.8	28.8	14.4

A direkt és szórt sugárzás közti arány meghatározása vízszintes felületen; N_0 – csillagászati-
lag lehetséges napfénytartam (Debrecen), N – tényleges napfénytartam
(Debrecen 1927-1991), G – globálsugárzás (Debrecen, 1961-1990), B – borultság(N_0-N), $B\%$ –
a borultság százaléka a N_0 -hoz viszonyítva, $G_{szórt}$ – a szórt sugárzás, G_{direkt} – direkt sugárzás



5. ábra: Havi globálsugárzás mennyisége a különböző hajlásszögű déli lejtőkön Debrecenben

hónapokban ez 140% (30° esetében), és 164% (maximális szög esetében).

Az adott területre érkező napenergia villamos energiává való átalakítása az alkalmazott napelemek technikai adottságaitól függenek. A napelemek első generációját képviselő amorf kristályos rendszerek hatásfoka 8-10%. A polikristályos szilícium napelemek 10-14%-os hatásfokkal működnek, míg a legfejlettebb monokristályos rendszerek hatásfoka is mindössze 16-18%.

Debrecen térségében a vízszintes, illetve ferde felszínre érkező sugárzás mennyiségét kWh-ban a 6. táblázat tartalmazza.

Ha egy 150 Wp napelemet (8%-os hatásfokkal) alkalmazunk, adott

meteorológiai feltételek mellett a vízszintes felületen éves összegben 182,7 kWh, a 30° lejtésszögű felületről 202,0 kWh villamos energiát nyernénk, míg a minden hónapban optimális lejtésszögbe állított napelemről 209,9 kWh energia nyerhető (az utóbbi megoldás technikai okok miatt még kevésbé elterjedt). Ismerve a jelenlegi árszintet a napelem piacon, kijelenthető, hogy a befektetés megtérülési ideje 10-12 év (23,87 Ft/kWh áramátvételi értékkel számolva). A megtérülési idő lényegesen javítható támogatásokkal, vagy az átvételi ár emelésével. Példaként hozható fel Ausztria, ahol jelenleg 60 cent/kWh az átvétel értéke, ezzel 5 év alá csökkentve a megtérülési időt.

6. táblázat

	Jan.	Feb.	Már.	Ápr.	Máj.	Jún.	Júl.	Aug.	Szept.	Okt.	Nov.	Dec.	Év
$G_{vízszintes}$	30,0	48,3	90,0	127,8	165,3	172,8	183,9	154,7	113,9	75,8	33,3	22,2	1218,1
$G_{30°}$	39,1	60,4	105,5	136,9	164,9	166,9	182,5	167,4	140,0	106,1	46,8	30,3	1346,8
G_{Max}	44,4	65,2	108,0	136,8	167,5	172,9	186,5	167,4	141,7	118,3	54,9	35,4	1399,3

6. táblázat: A Justyák-Tar féle formulával meghatározott globálsugárzás értékek (kWh/m²) Debrecenre vonatkoztatva, a vízszintes, 30°-os és a hónapos maximális sugárzást kapó felszíneken

Összegzés

Debrecen térségben a napenergia adottságok kiaknázásában jó hatásfok érhető el. Ennek maximalizálását a technikai berendezések mellett az általunk vizsgált déli tájolású felfogó felület dőlésszögének változtatásával érhetjük el. A számított paraméterű felfogó felszínre (déli, 30 fokos, illetve hónapos maximális sugárzást kapó hajlásszög) a vízszinteshez képest a téli hónapokban akár 40%-kal magasabb energia-bevételt is eredményeznek.

A napenergia-hasznosítás nagyfokú elterjedésének gátját a másik három alappillér között kell keresnünk. A technikai háttér jelenleg mindössze 10-18 %-os hatásfokot biztosít. A támogatási-hitelezési rendszer is fejlesztésre szorul Magyarországon, de jó alapot biztosíthat a külföldi, már jól működő minták átvétele. A harmadik pillér a lakosság hozzáállása, amely az oktatóssal és a média segítségével már középtávon jelentős eredmények érhetőek el.

Igazán komoly változások azonban csak összehangolt Európai Unió, állami és regionális politikával valósíthatóak meg, amelyben az oktatás, a K + F és a média játssza a főszerepet, minthogy ezeknek van a legnagyobb tudatformáló és fejlesztéseket segítő potenciálja.

Hivatkozások

- Dobosi Z. - Felméry L. /1971/: Klimatológia. Egyetemi jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 35.p.
- Justyák J. /1998/: Magyarország éghajlata – Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen 52-53.p.
- Justyák J. - Martoné E. K. /1979/: A domborzatnak és a napsugárzásnak, mint termőhelyi tényezőnek alakulása a Bodrogkeresztúri-félmedencében. Földrajzi Értesítő, 18. 3-4 füzet, 249-266
- Justyák J. - Tar K. /1994/: Debrecen éghajlata – KLTE Kiadó, Debrecen, 44-76.p.
- Justyák J. - Tar K. /1973/: A déli lejtőre és a vízszintes felszínre jutó közvetlen sugárzás kapcsolata. Időjárás, 77. 3. 164-174
- Kacz K. - Neményi M. /1998/: Megújuló energiaforrások – Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 11.o.

Kaempfert W. - Morgen A. /1952/: Die Bessnung, Diagramme der solaren Bestrahlung verschiedener Lagen, Zs. F. Met. 6. 138-146

Kondratyev K. /1954/: Lucsisztaja energija szolnca. Leningrad

Major Gy. (szerk) /1985/: A Napenergia hasznosítás meteorológiai megalapozása Magyarországon, ÉTI, Budapest

Muhenberg V. /1965/: Nyekotoriie oszobennosztyi prihoda szolnyecsnoj radiacii na naklonnűje povernosztyi. G. G. O. Trudű Vp. 179. 108-117

Šúri M. - Huld T.A. - Dunlop E.D. /2005/: PVGIS a web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. International Journal of Sustainable Energy, 24, 2, 55-67

Weinberg C. J. - Williams R. H. /1990/:

Energia a Naptól, Tudomány 1990 November 105-108.p.

**Bartók Blanka¹,
Csákerényi - Nagy Gergely²
Debreceni Egyetem
¹Meteorológiai Tanszék
²Társadalomföldrajzi és
Területfejlesztési Tanszék**

Zivatarfelhők szokatlan fényjelenségei

Amiről írok, az 15 évvel ezelőtt, 1991 nyarán történt. A pontos dátumra nem emlékszem, de az évszám az bizonyos, mert az volt az egyetlen nyár, amikor a budaörsi repülőtér mellett teljesíttem észlelő és diszpécser szolgálatot.

Este 21.00h és 21.30h között többször is kimentem a szolgálati helyiség erkélyére, hogy ránézzek a megfigyelőállomás térségét érintő, tőle zömében északra elvonuló zivatar alakulására. Negyed tíz után néhány perccel tűnt fel először, hogy a villámlások között van egy olyan jelsorozat, amely helyét és fényintenzitását tekintve azonos felvillanásokból áll. E villanások északi irányban, alacsony magassági szögben mutatkoztak, sűrűn, szabálytalan időközönként, átlagosan fél- vagy egy percenként. Fél tíz körül már folyamatosan kémleltem az eget, mert a rejtélyes villódzás nem hagyott nyugodni. Rájöttem, hogy a villanások fészket irányból tekintve alacsony felhők takarják, és amit látok, az egy magasabb szintű felhőzetről történő visszaverődés, onnan, ahol hézag van az alacsony felhőzetben. A visszfény kb. 10° magassági szögben tükröződött, tehát a villanások tényleges helye tőlem igencsak messze lehetett. A fény szín- és intenzitáseloszlása alapján a földi reflektor eredetet kizárhatónak véltem (akkoriban a magánkezdeményezésű tűzijáték még számításba sem jöhetett). Jó darabig nem akartam hinni a szememnek, és csak sokára törődtem bele, hogy a felvillanások teljesen azonos

jelsorozatból állnak. (Eközben „normális” villámok is előfordultak, változatos irányból és fényerővel.) ¾10 körül 10-15 percre meg kellett szakítanom az égbolt folyamatos figyelését, hogy teljesítem SYNOP távirat adási kötelezettségemet. A villódzás azonban még ekkor sem maradt abba.

Néhány perccel 22 óra előtt megcsörrent a telefonom. A hívó fél azt közölte velem, hogy Újpesten, egy sokemeletes ház erkélyén állva, szokatlan fényjelenséget látott, tőle északnyugatra, kb. 50° magasságban. (Ez összhangban volt azzal, amit magam láttam Budaörsről.) Állítása szerint az ismétlődő fényes villanásokat sokan bámulták az erkélyekről. A bejelentést a telefonáló fogalmazása és hanghordozása alapján komolynak ítéltam. Azt válaszoltam neki, hogy véleményem szerint egy ismeretlen eredetű elektromos jelenséget látunk, amelynél a feszültségkülönbség azonos légtér részben folyamatosan újraképződik. Majd tréfásan azzal búcsúztam, hogy ha később a fényes valamiből esetleg kis zöld emberkéket látna kiszállni, akkor telefonáljon újra. (Az illető nem telefonált újra, tehát kis zöld emberkéket nem értek.)

Másnap figyeltem kollégáim arcát, a rádió híreit, és mindent, ami elárulhatta, hogy okozott-e feltűnést az előző esti fényjelenség. Úgy tapasztaltam, hogy általában nem vettük észre a szokatlan égi jelenséget, illetve aki mégis, az

másnapra kialudta. Akkoriban úgy döntöttem, hogy a furcsa élményemről nem számolok be, mert sokan nem hinnének nekem, ráadásul magam sem voltam teljes bizonyossággal meggyőződve arról, hogy amit láttam, az természeti eredetű. Tudom, a kedves Olvasó okkal csodálkozhat azon, hogy miért meséltem most mégis el ezt a régen látott tüneményt. A magyarázat az, hogy a közelmúltban került a kezembe (jóllehet több mint egy éve megjelent) Kósa-Kiss Attilának „Változó méretű égővörös fény – zivatarfelhőben” c. írása (Kósa-Kiss, 2004). Kósa-Kiss nem ugyanazt a tüneményt látta, mint amit én 1991-ben, de írása mégis rádöbbentett arra, hogy a légkörben nem csak ott és akkor történt zivatarhoz kapcsolódó szokatlan fényjelenség, amiről a fentiekben beszámoltam.

A 15 évvel ezelőtt átélt élménynek és Kósa-Kiss cikkének az az együttes tanulsága a számomra, hogy a modern kor embere általában nem nagyon figyel az őt körülvevő természetre, másrészt, ha olyasmit lát vagy hall, ami az általa korábban tanultakkal nem látszik harmonizálni, akkor hajlamos nem hinni sem a saját szemének, sem a szakmáját féltőn szerető tudósító szavainak.

Dr. Domonkos Péter

Irodalom

Kósa-Kiss A. 2004: Változó méretű égővörös fény – zivatarfelhőben. Légkör, 49/4, 25. és 32.