

# KOGENERÁCIÓS NAPENERGIA HASZNOSÍTÓ BERENDEZÉS KIFEJLESZTÉSE VILLAMOS- ÉS HŐENERGIA ELŐÁLLÍTÁSÁRA

## ÉMOP-1.3.1-12-2012-0051

A Mályiban székhellyel rendelkező, 2012-ben alakult Roligenergo Kft. műszaki kutatással, fejlesztéssel foglalkozik. Jelen projektjének célja egy olyan berendezés kifejlesztése és piaci bevezetése, mely a napenergiából egyidejűleg állít elő elektromos energiát és hasznosítható hőenergiát.

A napenergia rendszerek jelenleg vagy csak hő (meleg víz), vagy csak elektromos áram előállítására szolgálnak, az új fejlesztés ezzel szemben ötvözi a kollektoros és a fényelektromos technológiákat, melynek köszönhetően egyedi megoldást jelent a napenergia-hasznosítás területén. Az újonnan kifejlesztett napkövető berendezésre szerelt napelem-modulok olyan speciális napelem cellákat tartalmaznak, amelyek felépítésüknél fogva a napenergia spektrumának sokkal szélesebb tartományát tudják hasznosítani, mint a hagyományos szilícium napelemek. Megfelelő hűtés esetén a hatásfokuk elérheti, illetve meghaladhatja a 40%-ot, így a kifejlesztett rendszer segítségével nagymértékben csökkenthető a létesítmények villamos energia- és földgáz fogyasztása.

## 1 A RENDELKEZÉSRE ÁLLÓ NAPENERGIA MENNYISÉGE

Napenergia-hasznosító rendszer megvalósítására során elengedhetetlen, hogy a napsugárzás alapvető jellemzőivel tisztában legyünk. E nélkül ugyanis nem lehet megérteni, hogy milyen lehetőségeket kínál a napsugárzás a hőtechnikai hasznosítás számára. Ez a fejezet a napsugárzás alapvető, gyakorlatban is használható tulajdonságait foglalja össze.

A Nap Földről látható korongjának a külső felülete a fotoszféra, melynek hőmérséklete megközelítőleg 6000 K. A magas hőmérséklet következtében a Nap a hideg világűr felé rövid hullámhosszú elektromágneses (fény-) sugárzást bocsát ki. A Nap sugárzó teljesítménye  $4 \cdot 10^{23}$  kW, melyből a földfelszín részesedése eléri a  $173 \cdot 10^{12}$  kW teljesítményt.

A légkör külső határára érkező napsugárzást egy állandó, átlagos értékkel, a napállandóval jellemezzük. A napállandó World Radiation Centre (WRC) által elfogadott értéke  $1367 \text{ W/m}^2$  [Duffie and Beckman, 1991].

*(Megjegyzés: 1978 óta bebizonyosodott, hogy a napállandó értéke az év során hónaponként változik, melynek oka, hogy a Föld a Nap körül ellipszis alakú pályán kering, azaz a Nap-Föld távolságnak folyamatos változása. Értéke a napfoltokkal összhangban is jelentősen ingadozik, ezért*

*nem tekinthető igazi fizikai állandónak. A Föld ellipszis alakú keringési pályája miatt a Föld-Nap távolság változó, értéke napközben (január 3-án) 147 Mkm, naptávolban (július 4-én) 152 Mkm. A Föld-Nap távolság változásával együtt a napsugárzás értéke is 1325-1408 W/m<sup>2</sup> között változik. )*

A Napból a Földre érkező sugárzás részaránya a légkör határán az egyes hullámhossz-tartományokban az alábbi:

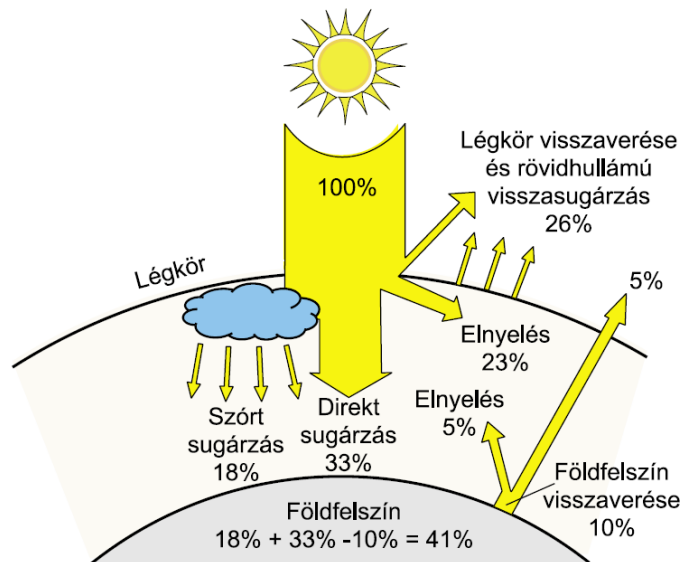
- 0,29-0,4  $\mu\text{m}$ : ibolyántúli sugárzás, részaránya ~9%
- 0,4-0,75  $\mu\text{m}$ : látható fény tartománya, részaránya ~49%
- 0,75  $\mu\text{m}$ -től: nem látható infravörös (hő-) sugárzás, részaránya ~42%

*(A számítások során figyelembe kell venni, hogy a Nap energiáját közvetlenül hasznosító napelem és a napkollektor a fény spektrumának más és más szegmensét használja.)*

Az elektromágneses hullámoknak ahhoz, hogy elérjék a Föld felszínét, át kell haladniuk az atmoszférán. A légkörben található gázmolekulák, vízgőz és egyéb szennyező részecskék hatással vannak a beeső fényre. Emiatt a Föld légkörének külső határára érkező napsugárzásnak csak egy része éri el a felszínt. A kölcsönhatásnak két típusát szoktuk megkülönböztetni:

- A **szóródás** akkor következik be, ha viszonylag nagyméretű gázmolekulák és egyéb részecskék vannak jelen a légkörben, melyek eltérítik az elektromágneses sugarakat eredeti irányuktól. A szóródás nagysága függ a sugárzás hullámhosszától, a gázmolekulák és egyéb részecskék mennyiségétől és a légkörben megtett út hosszától.
- Az **abszorpció** a légkörben található molekulák energia elnyelő képességének a következménye. A három fő energia elnyelő közeg közül az ózon az UV sugarak elnyeléséért felelős, a széndioxid a távoli infravörös sugarakat nyeli el, a vízgőz elnyelési tartománya a hosszúhullámú infravörös és a rövidhullámú tartomány.

Az évi átlagos, globális mérleg szerint a sugárzás 23%-át a légköri gázok és vendéganyagok elnyelik és hővé alakítják, 26%-a pedig visszaverődés és szórt sugárzás formájában a világűrbe visszasugárzódik. A földfelszínt így a sugárzás 51%-a éri el, 33% mint közvetlen sugárzás és 18% mint diffúz égsugárzás. A földfelszín a sugárzás 10%-át visszaveri, melyből 5% a légkörben elnyelődik, 5% pedig a világűrbe távozik.

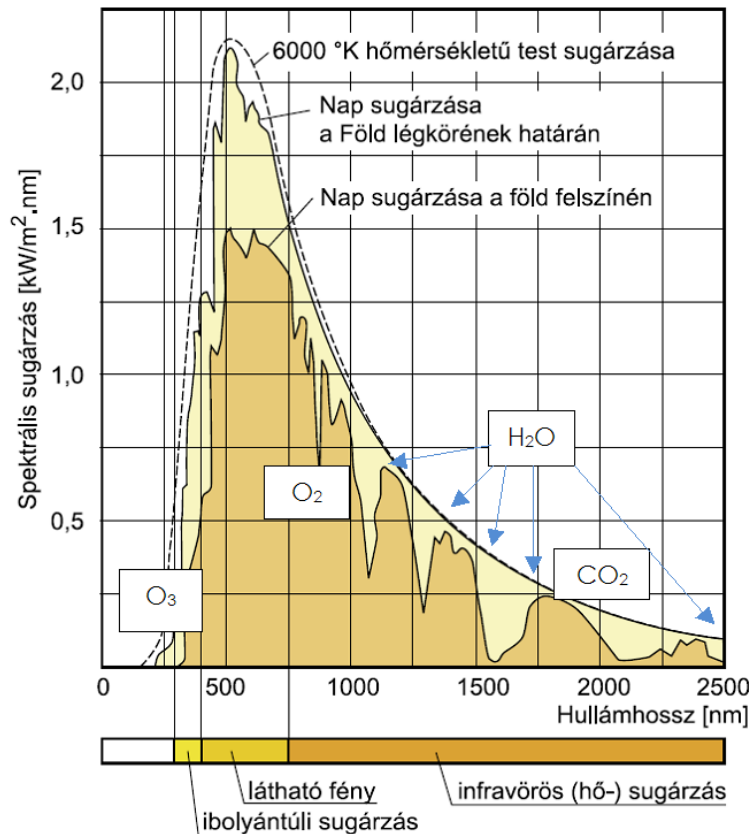


1. ábra. A napsugárzás földi energiameérlege

A Föld sugárzási háztartása átlagértékben állandóan kiegyenlített, a Föld egyes pontjain azonban a napsugárzás értéke időben változó. Magyarország földrajzi szélességén a napsugárzás az év folyamán erősen ingadozik. Ennek oka egyrészt a Nap-Föld geometriai viszonyaiban, másrészt az időjárástól függő felhősödésben rejlik.

A Föld a Nap körül olyan ellipszis alakú pályán kering, melynek egyik gyújtópontjában a Nap áll. A Föld forgástengelye  $23,5^\circ$ -os szöget zár be a Nap körüli keringés tengelyével. Ez a ferdeség okozza azt, hogy a nappalok hossza, vagyis a napsütés elméleti időtartama változó. De nemcsak a napsütés időtartama, hanem a napsugarak beesési szöge és ezzel a Föld felületegységére eső energia bevitel is változó. Alacsony napmagasságnál a kis beesési szög miatt a napsugár hosszabb utat tesz meg a légkörön keresztül, és emiatt nagyobb a sugarak energiavesztése.

Derült időjárás, felhőtlen égbolt esetén a napsugárzást csak a légkör gyengíti. A döntően nitrogénből (~78 tf%) és oxigénből (~21 tf%) álló légkör a napsugárzás teljes hullámhossz tartományában közel egyenletes gyengülést okoz. A légkörben kisebb részarányban található összetevők sávosan, egy-egy hullámhossztartományban fejtik ki elnyelő hatásukat. A vízgőz elsősorban a  $0,6-1,8 \mu\text{m}$ , míg a széndioxid az  $1,8 \mu\text{m}$ -nél nagyobb hullámhossz- tartományokban okoz jelentős elnyelést. A légkör felső részén található ózon ( $\text{O}_3$ ) a  $0,3 \mu\text{m}$ -nél rövidebb hullámhosszú sugárzást nyeli el teljes egészében (2. ábra)

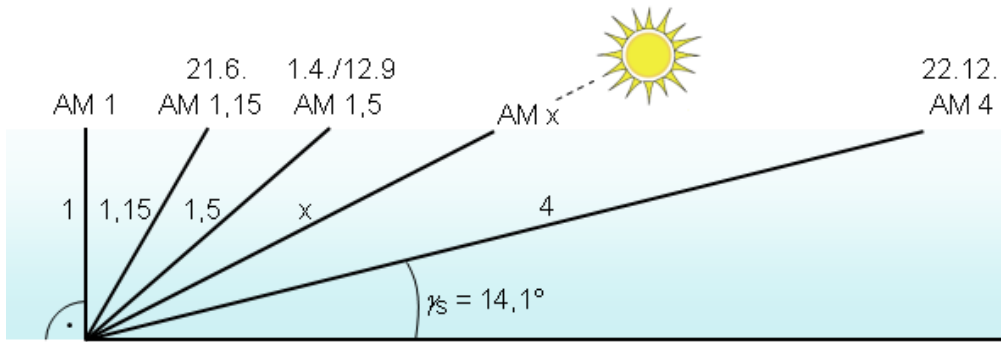


2. ábra. A napsugárzás spektrális eloszlása

A földfelszínre érkező napsugárzás légkör által okozott gyengülése közelítőleg kiszámítható.

Egy adott időpillanatban a napmagasság szögének (vagy az ezzel egyenértékű zenitszögnek) az ismeretében a napsugarak által a légkörben megtett út hossza (az 5. ábra alapján jelölje  $S$ ) jó közelítéssel számítható. A megtett utat a légkör vastagságához ( $y_{atm} = 9\text{km}$ ) viszonyítva kapjuk az úgynevezett légköri együtthatót (más néven légtömeg index), amelyet a szakirodalomban AM-mel jelölnek (*Air Mass*). A legegyszerűbb (*Flat Earth* – „lapos Föld”) modell alapján számolva a légtömeg index a zenitszög ( $z$ ) koszinuszával, illetve a napmagasság ( $90^\circ - z$ ) szinuszával fordítottan arányos (3. ábra).

$$AM \ x = \frac{s}{y_{atm}} \approx \frac{1}{\cos(z)}$$



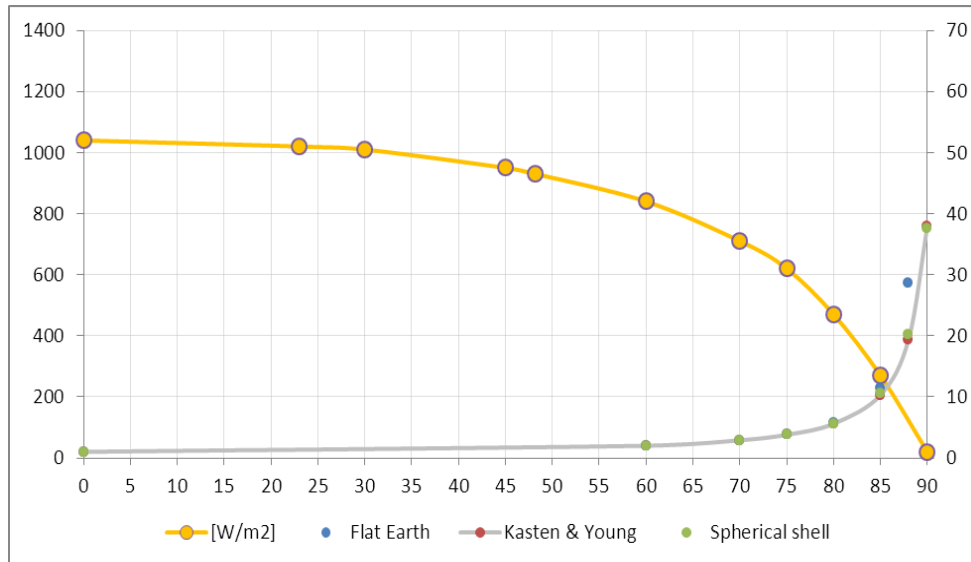
3. ábra. A légtömeg index (AM) származtatása

A földfelszín görbületének elhanyagolása által okozott hiba kiküszöbölésére további összetettebb modellek születtek (pl. Kasten & Young, Spherical Shell). A modellek alapján számítható AM értékeket az alábbi táblázat foglalja össze:

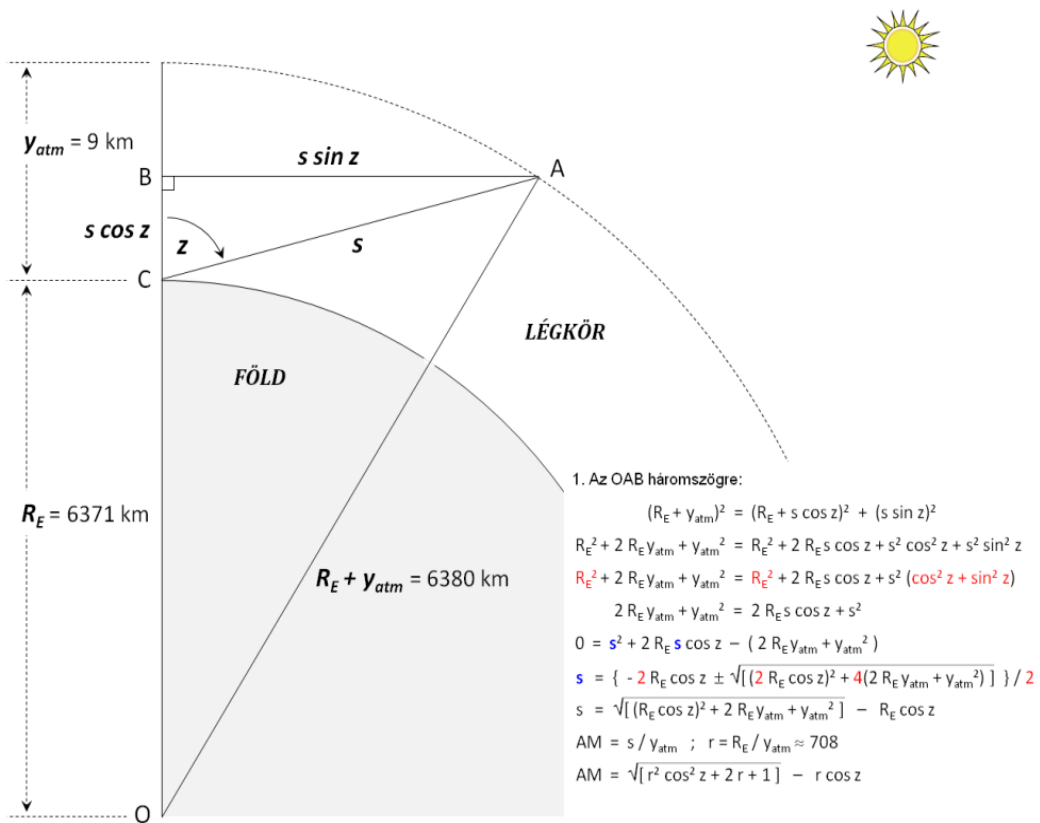
1. táblázat: A légköri együttható (airmass coefficient) becsült értékei tengerszinten

$z$	Flat Earth	Kasten & Young	Spherical shell
0°	1,0	1,0	1,0
60°	2,0	2,0	2,0
70°	2,9	2,9	2,9
75°	3,9	3,8	3,8
80°	5,8	5,6	5,6
85°	11,5	10,3	10,6
88°	28,7	19,4	20,3
90°	$\infty$	37,9	37,6

A napmagasság ismeretében a nap folyamán bármely irányból érkező sugárzás intenzitása becsülhető. Viszonylag jól becsülhető a légkörön keresztül a felszínre jutó energiaösszeg is.



4. ábra. A légkör gyengítő hatása a zenitszög függvényében



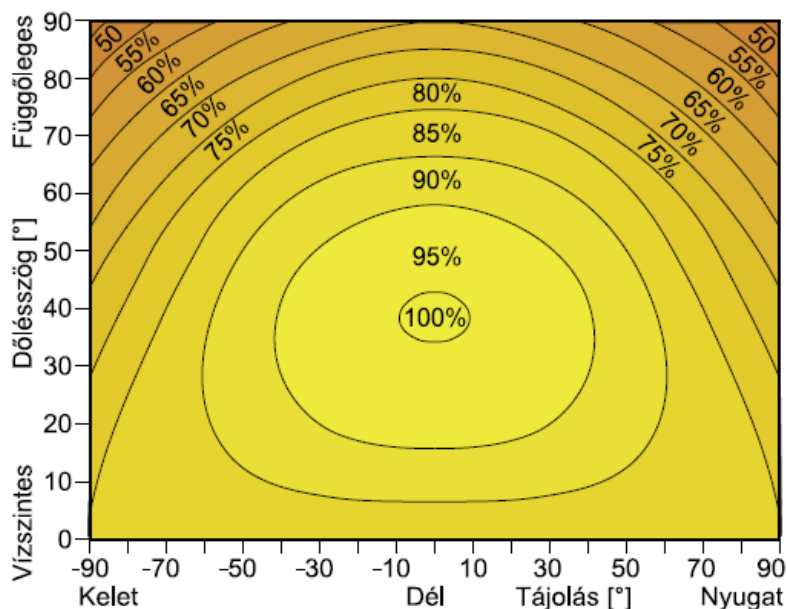
5. ábra. A légkör gyengítő hatásának részletesebb számítása

## 2 A TÁJOLÁS HATÁSA

A hasznosítható napsugárzás mennyiségét természetesen befolyásolja a hasznosító berendezés dőlésszöge és tájolása. Magyarországon a legtöbb napsütés - megközelítőleg évi 1450 kWh/m<sup>2</sup> - déli tájolású és 40-42°-os dőlésszögű felületre érkezik.

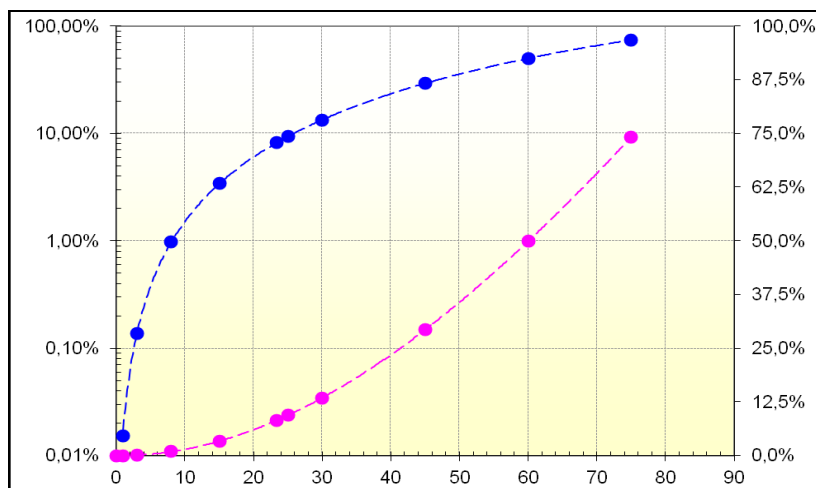
A 12. ábrán látható, hogy a hasznosítható napsugárzás hogyan csökken az optimális elhelyezéstől való eltérés függvényében. Jelentős csökkenés csak függőleges dőlés, és keleti vagy

nyugati tájolás közelében tapasztalható. Az optimális dőlésszöget és tájolást az elnyelőfelület sugárzásjövendelmén kívül befolyásolják a napenergia-hasznosító berendezés üzemi körülményei is. Felmerülhet az a kérdés is, hogy célszerű-e a nap irányába forgatni az elnyelőlemezt. Mivel a napsugárzás jelentős része határozott irány nélküli szórt sugárzás, ezért a napkövetéssel elérhető teljesítmény növekedés általában nem áll arányban a forgatás miatti bonyolultság- és költségnövekedéssel.



6. ábra. A napsugárzás-jövedelem csökkenése az elnyelőfelület dőlésszöge és tájolása függvényében

A nem merőleges beesési szög miatti teljesítmény veszteséget az alábbi diagram mutatja lineáris (lila) és logaritmus (kék) skálán:



7. ábra. A nem merőleges beesési szög miatti teljesítmény veszteség