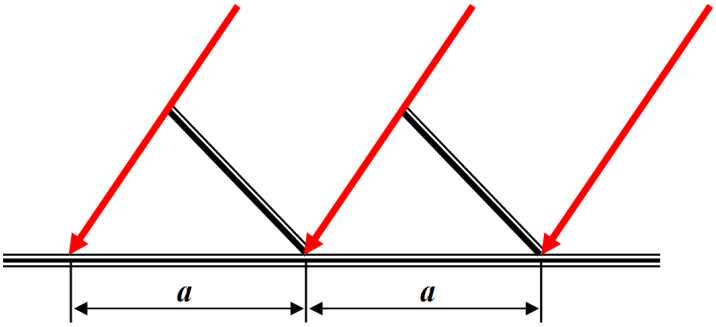
Napelemes energiatermelés terület igénye

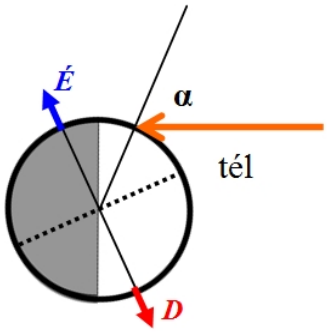
„A természet törvényeit kétharmados többséggel sem lehet módosítani”

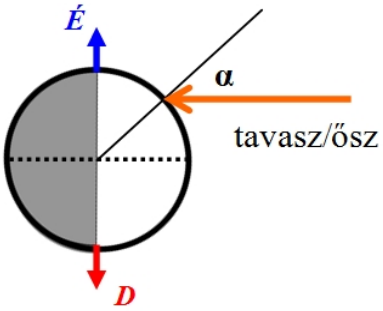
Villamos erőművek környezeti vizsgálatánál ma már szokás megadni az erőmű teljes életciklusára vetítve az ökológiai lábnyomát. Ennek egyik fontos összetevője az erőmű által ténylegesen elfoglalt terület. A jelen cikk kizárólag ezen utóbbi tényezőt vizsgálja részletesebben.

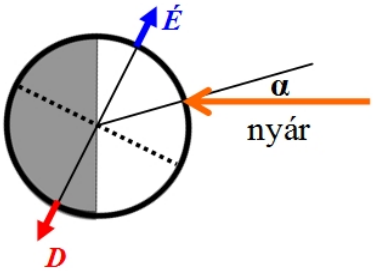
Fotovoltaikus erőmű esetén az aktív napelem felülettel való takarékosság céljából a napelem táblákat – esetleg a táblák automatikus mozgatásával – úgy kell tájolni, hogy a napsugarak beesési iránya minél inkább merőleges legyen a felületre, amint a rajzvázlat mutatja.



Ügyelni kell arra is, hogy a táblák ne árnyékolják le egymást, ezért a hasznosítható napenergia mennyisége nem lehet nagyobb, mint amennyi a vízszintes talajon az ábra szerinti „**a**” szélességű sávokra jutna. Az erőmű elérhető maximális áramtermelését ezért – abszolút felső határként – az a napenergia mennyiség határozza meg, amely egy év alatt összesen az erőmű területére juthat.







Magyarországon az évenkénti napsütése órák száma 2000 óra körül van, ennek figyelembevételével lehet a limitet kiszámítani, figyelembe véve a beesési szögek évszakonkénti változását.

A napsugárzásnak leginkább kitett dél-alföldi területek a **46-47** szélességi fokok között találhatók. Ezt átlagosan **46,5** foknak tekintve, figyelembe véve a Föld forgástengelyének **23,5** fokos dőlési szögét, a merőlegeshez viszonyított beesési szögek nagyjából a következők lesznek:

- A téli napforduló idején, dec. 21-22 körül délben kb. **α = 70** fok
- A tavaszi és őszi napéjegyenlőség esetén, márc. 20-21 és szept. 21-22 körül délben kb. **α = 46,5** fok
- A nyári napforduló idején, jún. 20-21 körül délben kb. **α = 23** fok

Mivel az évi kb. **2000** napsütéses óra legalább **70-80** százaléka általában a nyári félévre esik, egész évre vonatkoztatva az átlagos beesési szög a déli órákban **35 fok** körül becsülhető, a továbbiakban ezzel számolunk.

A Föld pályáján a Nap körül a napsugárzás intenzitása négyzetméterenként kb. **1368 Watt**, a globális **albedo** kb. **0,3** azaz **30%.** A bolygó által elnyelt teljes sugárzási teljesítmény ennek **70%**-a, azaz 1388*0,7 = **kb. 958 Watt/m^2**

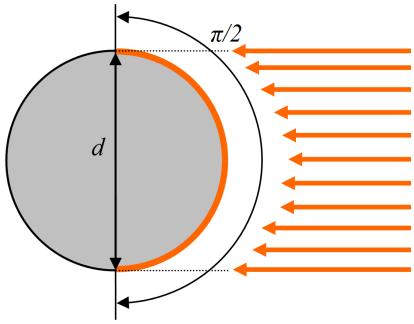
Derült égbolt esetén is a bolygó által elnyelt napsugárzásnak kb. a negyedrészét az atmoszféra elnyeli, ezért a felszínre átlagosan ennek kb. 75% jut, ezért délben, merőleges beesés mellett a felszínt elérő mennyiség: 958*0,75 = **kb. 720 Watt/m^2.**

A napelemek nemcsak a dél körüli órákban működnek, hanem napkeltétől napnyugtáig, ezért azt is meg kell vizsgálni, hogy egy napon belül hogyan változik az **α** beesési szög, és ennek megfelelően mekkora lehet a talajszintre eljutó átlagos besugárzási teljesítmény.

Ha a napsugárzás intenzitása a sugárzás irányára merőleges felületen I_0 akkor α beesési szög esetén talajszinten a besugárzási intenzitás:

$$I = I_0 * \cos(\alpha)$$

Első közelítésként képzeletben csináljunk a Földről az Egyenlítőnél a tavaszi vagy őszi napforduló idején egy fogástengelyre merőleges metszetet, amelyből láthatjuk, hogy reggeltől estig milyen pályán halad végig a napsugárzás irányához képest a talajszint, amint a vázlat mutatja.



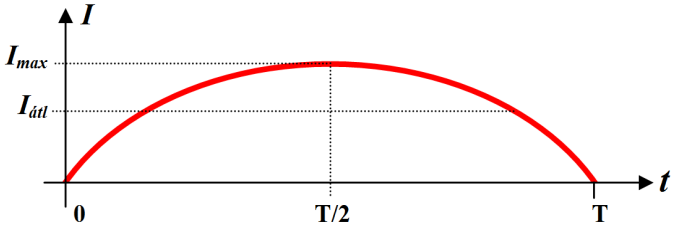
Ebből következik, hogy ha délben a maximális besugárzás mértéke I_{max}, és a napkeltétől napnyugtáig eltelt idő T, akkor napközben egy tetszőleges t időpontban a beesési szög:

$$\alpha = (t-T/2)*\pi/T$$

és ebből a besugárzási intenzitás változása az idő függvényében:

$$I(t) = I_{max}*\cos(\alpha) = \cos[(t-T/2)*\pi/T]$$

amint az itt látható diagram mutatja:



A cosinus görbe alapján könnyen kiszámítható a besugárzási intenzitás átlagos értéke is:

$$I_{átl} = (2/\pi)*I_{max}$$

Nem követünk el nagy hibát, ha bármely szélességi körön, bármelyik évszakban ugyanezen összefüggés alapján készítünk becslést a nap során várható besugárzási teljesítményre.

Tudjuk, hogy Magyarországon talajszinten az éves **2000** napsütéses órán át a napsugárzás irányára merőleges átlagos teljesítmény kb. **720 Watt/m^2**

Mivel – mint azt már fentebb láttuk – dél körül az átlagos α beesési szög kb **35** fok, ezért éves átlagban a déli maximális besugárzási intenzitás:

$$\mathbf{I_{max} = 720*\cos(35°) = 590\ Watt/m^2}$$

Az egész évre vonatkoztatott egész napos átlag:

$$\mathbf{(2/\pi)*I_{max} = 376\ Watt/m^2}$$

Egy évben van 365*24 = **8760 óra**.

Ebből a napsütéses órák száma kb. 2000, ezért az erőmű kihasználtsága: 2000/8760 = **kb. 23%**

Egész évre vetítve a naperőmű által hasznosítható átlagos napsugárzási teljesítmény:

376 * 23% = kb. 86 Watt/m^2

A következő kérdés az lehet, hogy mekkora hatásfokkal képesek a napelemek villamos energiát termelni. Ma már a gyengébb minőségű napelemek hatásfoka is eléri a 10%-ot, de a fejlettebbek hatásfokát már 30-40% körül hirdetik. Figyelembe véve azonban, hogy a napelemek élettartama korlátozott, miközben a hatásfokuk is csökken, átlagosan legfeljebb 25% hatásfokkal számolhatunk, ezzel vízszintes talajfelületre vonatkoztatva az éves átlagos teljesítmény legfeljebb:

86 * 0,25 = kb. **22 Watt/m^2** azaz **22 MWatt/km^2**

Egy **ezer megawattos** erőmű áramtermelésnek a kiváltásához ezért legalább 1000/22 = **45 km^2** azaz mintegy **4500 hektár** területet kellene napelem táblákkal beborítani.

Ha pedig az egész ország villanyáram termelését akarnánk ilyen módon biztosítani, legalább **20-30 ezer hektáron** kellene napelemeket elhelyezni.

Ráadásul meg kellene oldani azt a problémát is, hogy hogyan tároljuk a villamos energiát arra az időre, amikor nem süt a Nap. További probléma, hogy a napelemek korlátozott élettartama miatt minden évben le kellene selejtezni a napelem táblák 4-5 százalékát, és gondoskodni kellene a hatalmas mennyiségű veszélyes elektronikus hulladék ártalmatlanításáról. Ezek a tényezők jelentősen tovább növelhetik az ökológiai lábnyom kiszámítható értékét. Ugyancsak problémát okoz a hatalmas napelem felületek tisztán tartása, amelyhez minden évben sok millió köbméter jó minőségű vizet kellene felhasználni.

Ha számításba vesszük ezen problémák költségeit, nem lehetünk túl optimisták arra az esetre, ha a radikális zöld mozgalmak nyomására az áram termelés minél nagyobb hányadát napelemekkel kell majd megtermelni. Akkor bizony végleg elfelejthetjük a sokat emlegetett rezsi csökkentést.

2017. május
Dr. Héjjas István
aranydiplomás mérnök