



Megújuló energiatermelő rendszerek Napelemes erőművek

Magyar Mérnöki Kamara
Elektrotechnikai Tagozat

Szerzők:

Mészáros Lajos
Schottner Károly

2015. február



Bevezetés

Jelen kiadvány a Magyar Mérnöki Kamaránál, a kötelező szakmai továbbképzés keretében, az Elektrotechnikai Tagozat által, **Megújuló energiatermelő rendszerek** témakörben meghirdetett oktatásához kapcsolódik.

A napelemes rendszer technológiái, jogszabályi környezete gyorsan fejlődik. Ezért a kiadványban található megállapítások csak a megírás idején voltak helytállóak.

A jelen „útmutató” összeállítását követően, az 54/2014 (XII.5.) BM rendelettel 2015. március 05-én lép életbe az új Országos Tűzvédelmi Szabályzat. Ehhez kiadásra kerülnek a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek, amely az OTSZ követelményeit teljesítő megoldásokat tartalmazzák. Ezek ismertetésére jelen kiadvány nem terjed ki. A változások be fognak kerülni a Magyar Mérnöki Kamaránál tartott Megújuló energiatermelő rendszerek témakörben tartott oktatási anyagba.

2015. február 15.

Tartalom

Megújuló energiatermelő rendszerek.....	5
I.- fejezet: Alapismeretek.....	5
Megújuló energia hasznosítási lehetőségek	6
Megújuló energia hasznosítási lehetőségek	7
Napelemek és a fotovoltaikus effektus.....	8
PV modul fajták	9
Napelemes rendszerek kialakítási elvei.....	10
A hálózatcsatolt napelemes rendszer felépítése.....	11
Villamos energiatermelés hálózatcsatolt napelem rendszerrel.....	12
Környezeti hőmérséklet és a PV modul hatásfokának kapcsolata.....	18
PV rendszer felépítése.....	19
A napelemes rendszerek elvi kapcsolási sémája.....	19
DC oldali rendszerelemek és védelmeinek követelményei.....	20
Inverterek jellemzői, Munkapont figyelés és optimalizálás	22
Szabványi alapvető előírások	23
Jogsabályi előírások és háttér	24
Villamos energia mérése	25
Kiserőművek.....	27
II. fejezet HMKE erőművek	30
HMKE felépítése	31
PV rendszer tervezésének lépései.....	32
A tervezési lépések Termelés optimalizáláshoz	34
Hozam méretezés PVGIS alkalmazással:	36
PV rendszer tervezésének lépései.....	44
Inverter – DC oldal bemenetek áram terhelhetősége.....	47
Inverter – AC oldali csatlakozóhálózat rendszere	48
PV stringek és modulszámok meghatározása	49
PV túlfeszültségvédelem	53

PV főkapcsoló a DC oldal galvanikus leválasztására.....	54
PV modulok csatlakozó kábelek méretezése:	55
Telepítési és tartószerkezeti tervezés	58
Áramszolgáltatói paraméterek.....	61
Teljeskörű kivitelezői-megvalósulási dokumentáció tartalma	62
III. fejezet Kiserőművek.....	64
Kiserőműves rendszerek tervezése	65
PV rendszer tervezésének lépései.....	66
Kiserőműves rendszerek tervezése	66
Főbb rendszerelemek meghatározása:	67
Földi telepítésnél termelői főkábel kiserőművi csatlakozási pontjának kialakítása.....	68
Középfeszültségű berendezések kiválasztásának főbb szempontjai.....	69
Kisfeszültségű berendezések.....	70
Segédüzem	71
Központi inverteres rendszerek	71
String inverteres rendszerek	72
Tetőre telepített rendszerek	73
Visszatáplálás mentesített PV rendszerek.....	74
PV panelek bekötése	75
PV panelek rögzítése	75
Kábelek kiválasztása	75
Kábelek méretezés feszültségesésre.....	76
Érintésvédelem.....	76
Egyéb tervezési megfontolások, rendelkezések.....	77
Tervek.....	78
Dokumentumok.....	79

Megújuló energiatermelő rendszerek

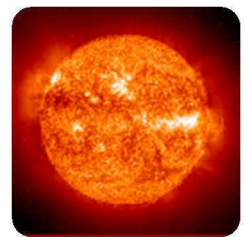
I.- fejezet: Alapismeretek

Megújuló energia hasznosítási lehetőségek

Az alternatív vagy megújuló erőforrások biztosítják a Föld folyamatainak energiáját

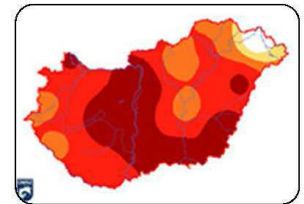
Fajtai:

- Napenergia
- Geotermikus energia
- Vízenergia
- Biomasszából nyert energia
- Szélenergia



A napenergia a legfontosabb energiaforrásunk.

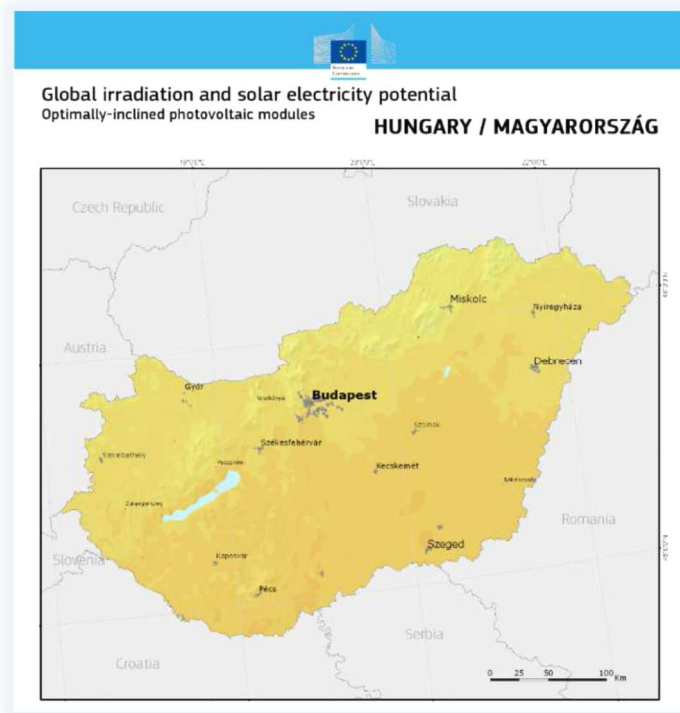
- Az egész világon létezik
- Kimeríthetetlen
- Ingyen van
- Bárki számára elérhető



Hazánk területén a napsütéses órák száma éves viszonylatban átlagosan 1750 és 2050 óra között alakul.

A napsütéses órák száma 1690 és 2180 óra között változott az ország területén (2012-ben). Az összterületi átlagos 2041 óra 4%-kal haladja meg az 1961-90-es átlagértéket.

Megújuló energia hasznosítási lehetőségek



A hasznosítás szempontjából optimális
déli tájolású és **30 – 40 fokos**
dőlésszögre beállított napelem.
1 400-1 500 kWh/m² energia
érkezik Magyarországra

Forrás: European Commission - Joint Research Centre
Institute for Energy and Transport

Napelemek és a fotovoltaikus effektus

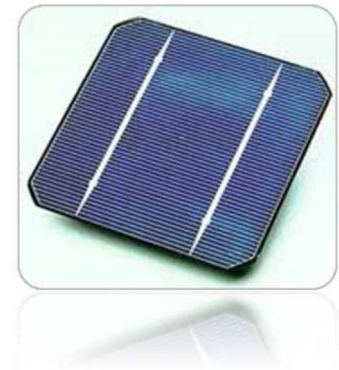
A napelem olyan fotovoltaikus elem, amely a Nap sugárzási energiáját közvetlenül alakítja át villamos energiává.

A napelemek alapanyaga félvezető. Az energiaátalakítás a félvezető alapanyagban játszódik le.

A fotovoltaikus (PV) effektus egy alapvető fizikai folyamat, melyen keresztül a PV cella a napfény energiáját villamos energiává alakítja.

Amikor fotonok elérik a PV cellát, azok egy része visszaverődik, egy része elnyelődik és egy része áthalad az anyagon.

A foton energiája a félvezető atomjának szabad elektronjait felszabadítja úgy, hogy azok elhagyják nyugalmi helyzetüket, így azok munkára foghatók.



PV modul fajták

Monokristályos

A monokristályos szilíciumot elektromos térben húzzák henger alakúra, és a szilícium egy tömbben dermed meg (ezért mono, azaz "egykristályos")

- Hatásfok: 14-17%
- Árnyékhatásra kiemelten érzékeny
- Közvetlen napfényt hasznosítja jobban



Polikristályos

A polikristályos cellákat négyzet alapú tömbökben öntik, miközben a szilícium több kristályban dermed meg (innen a poli, azaz "több-kristályos" név)

- Hatásfok: 12-17%
- Árnyékhatásra kiemelten érzékeny
- Jobban viseli a szórt fényt mint a Monokristályos



Vékonyfilm vagy vékonyréteg

(Amorf szilícium a: Si, Kadmium Telurid CdTe, stb.
Single, double, multijunction)

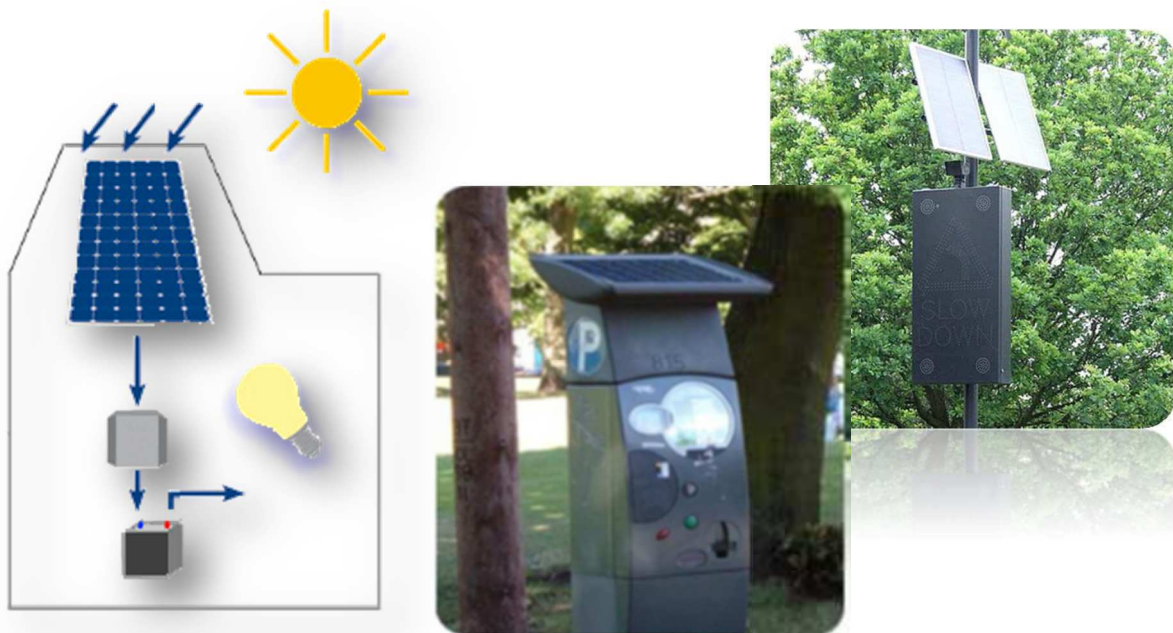
Egységesen bevont felület, néhány mikron vastagságban, szinte filmréteggént viszik fel a felvezető réteget

- Hatásfok: 7-11%
- Árnyékhatásra és szórt fényre a legkevésbé érzékeny
- Kedvezőbb hőmérsékleti együttható

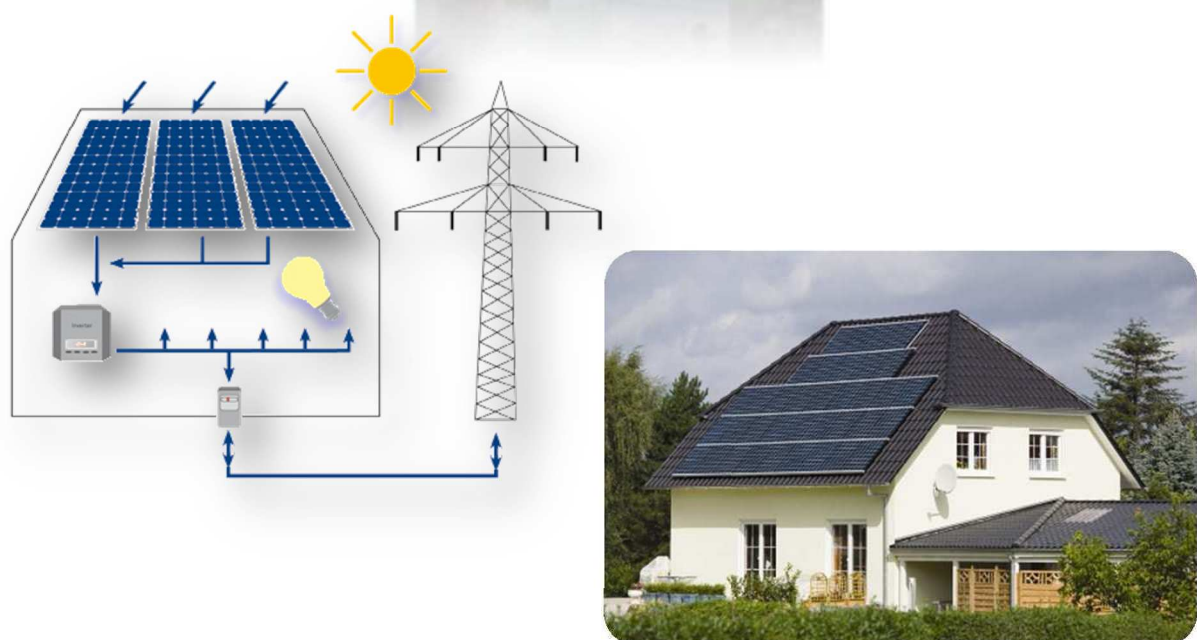


Napelemes rendszerek kialakítási elvei

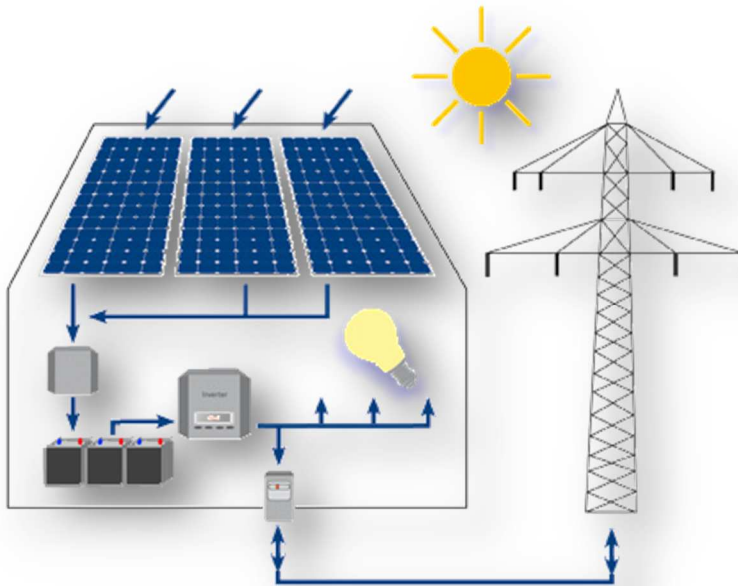
Szigetüzemű rendszer (Off-Grid)



Hálózatcsatolt rendszer (On-Grid, Grid paralell)



Vegyes üzemű rendszer (Bimodal)



A hálózatcsatolt napelemes rendszer felépítése

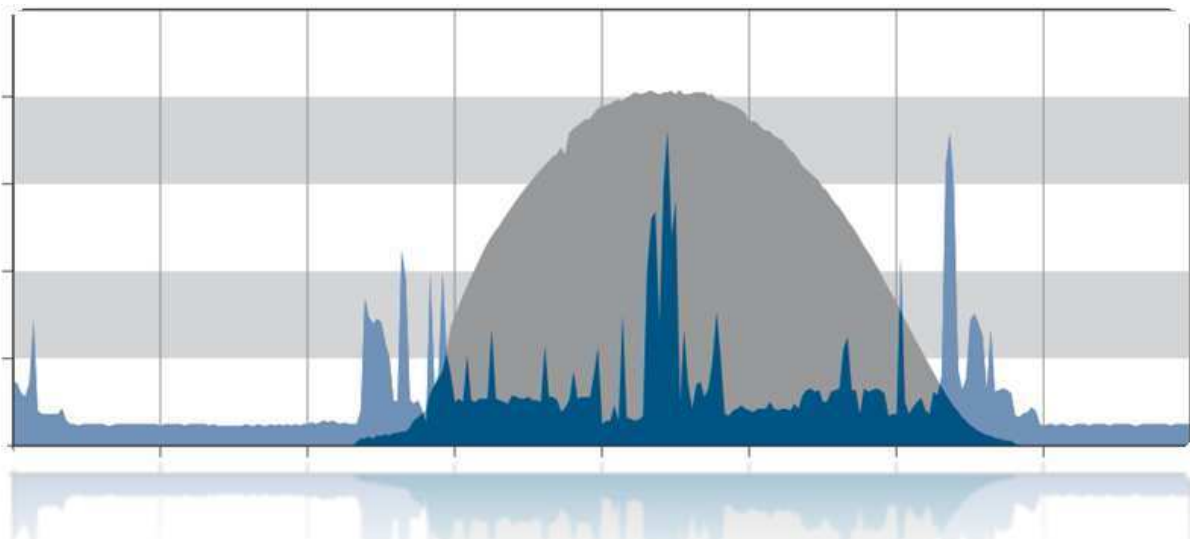
1. Napelem modulok
2. DC oldali energiatovábbítás és védelem
3. Inverter
4. AC oldali rendszer (PV és installációs)
5. Áramszolgáltatói fogyasztásmérés, csatlakozás

A rendszer elvi felépítése a létesítmény méretétől és jellegétől független

Villamos energiatermelés hálózatcsatolt napelem rendszerrel

A hálózatra kapcsolt rendszer az előállított áramot:

- helyben felhasználja, vagy teljes mértékben betáplálja a hálózatba, vagy az előző kettő kombinációját valósítja meg.
- Abban az esetben, ha nem fogyasztunk el minden megtermelt villamos energiát azt az energiakereskedő/áramszolgáltató kötelezően megvásárolja/átveszi.
- Amennyiben adott pillanatban a rendszerünk nem termel elegendő áramot fogyasztóink számára, azokhoz automatikusan a villamoshálózatról veszi fel a hiányzó mennyiséget.



■ PV termelés ■ Fogyasztás ■ Ön-fogyasztás

Villamosenergia előállítás es a PV rendszer paramétereinek kapcsolata

Mitől függ az előállított villamos energia mértéke?

A közeg hatása amin keresztül megérkezik a primer energia (nap)

- Atmoszférán keresztüli gyengülés

Hogyan éri a PV modult a fény?

- Tájolás
- Dőlésszög
- Napszakok es időjárás

Évszakok

- A Nap járása az égbolton
- Hőmérsékleti, klimatikus es egyéb meteorológiai viszonyok

Atmoszferikus hatások

AM (= Air Mass):

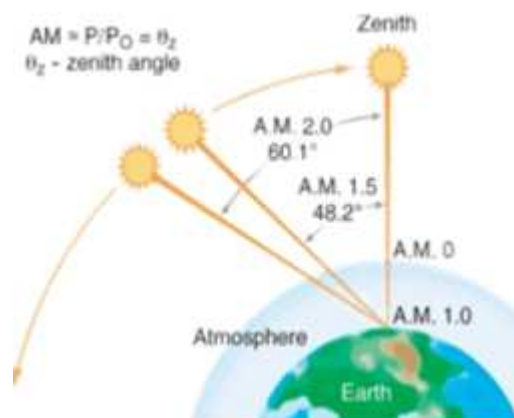
AM0 atmoszférán keresztüli gyengülés nélküli sugárzás, 1367 W/m² (szolarkonstans)

AM1 földfelszínre merőlegesen érkező sugárzás

AM1,5 kb. $\alpha=48^\circ$ -os beeső sugárzás

Mivel a beeső fény szögétől, a napelem környezetétől függ a hatékonysága, ezért csak egységesített paramétereknél lehet a gyártmányokat összehasonlítani.

A napelem moduloknál egységesen AM1,5 értékre adjak meg azok műszaki paramétereit. (STC es NOCT)



Tájolás es Dőlésszög

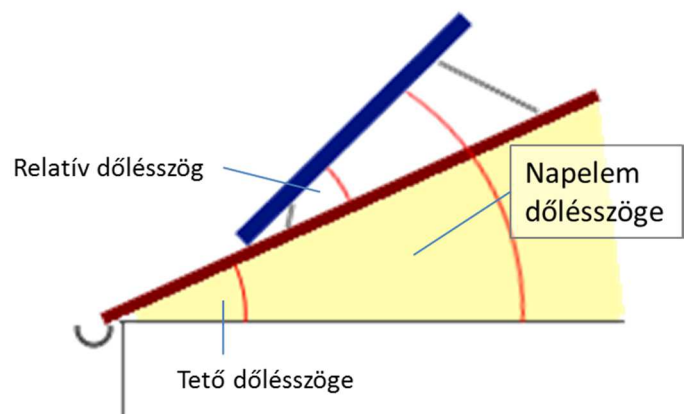
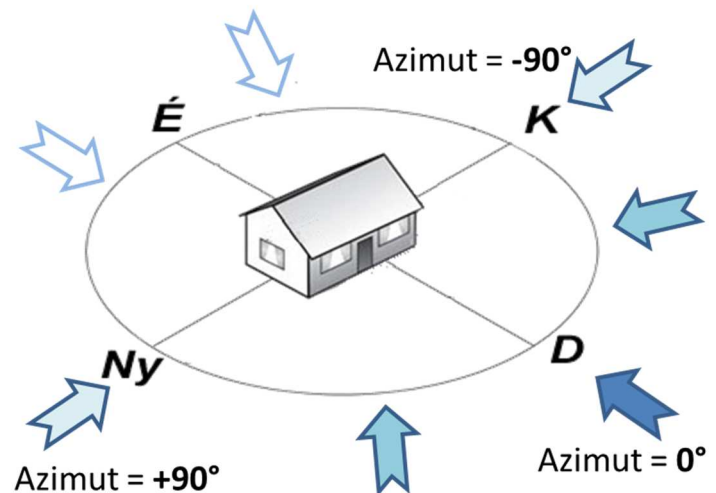
A napelem a legjobb hatásfokkal a felületre merőlegesen érkező napsugarakat tudja hasznosítani. (A legtöbb a besugárzás es legkisebb a visszaverődés).

A Föld északi féltekén a tárgyakat ideálisan déli irányból éri a legtöbb napfény.

A szakirodalom a tájolást Azimut-nak vagy Azimut szög-nek nevezi. Ez mutatja meg a tájolást, azaz milyen mértékű az ideális Déli tájolásához képest az eltérés fokban.

A napelem dőlésszöget minden esetben a vízszinteshez kell mérni.

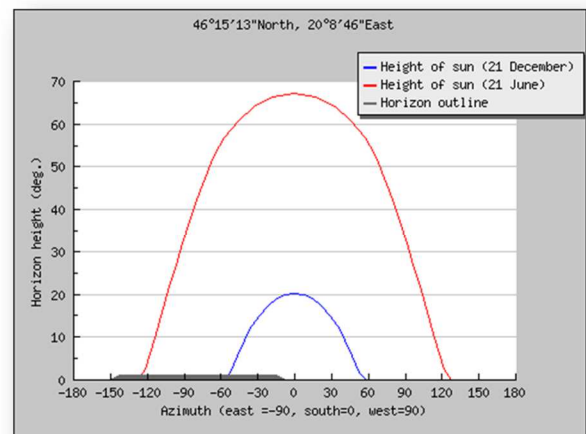
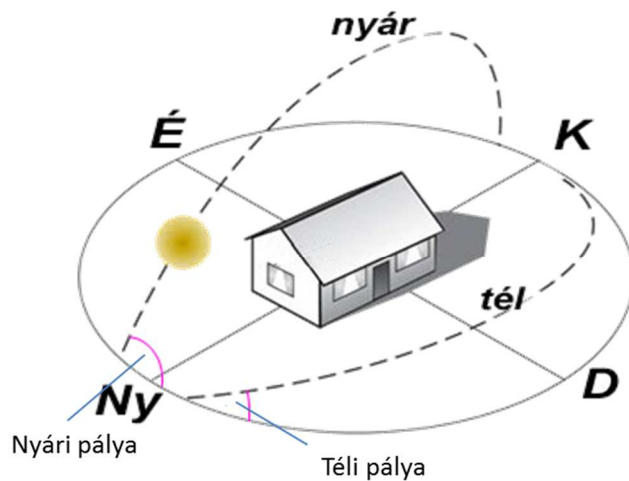
A dőlésszög a fény beérkezési szögének meghatározásához szükséges, ezért a modul tényleges dőlésszögének meghatározásánál nem a felülethez képesti relatív szöge, hanem az abszolút dőlésszöge számít.



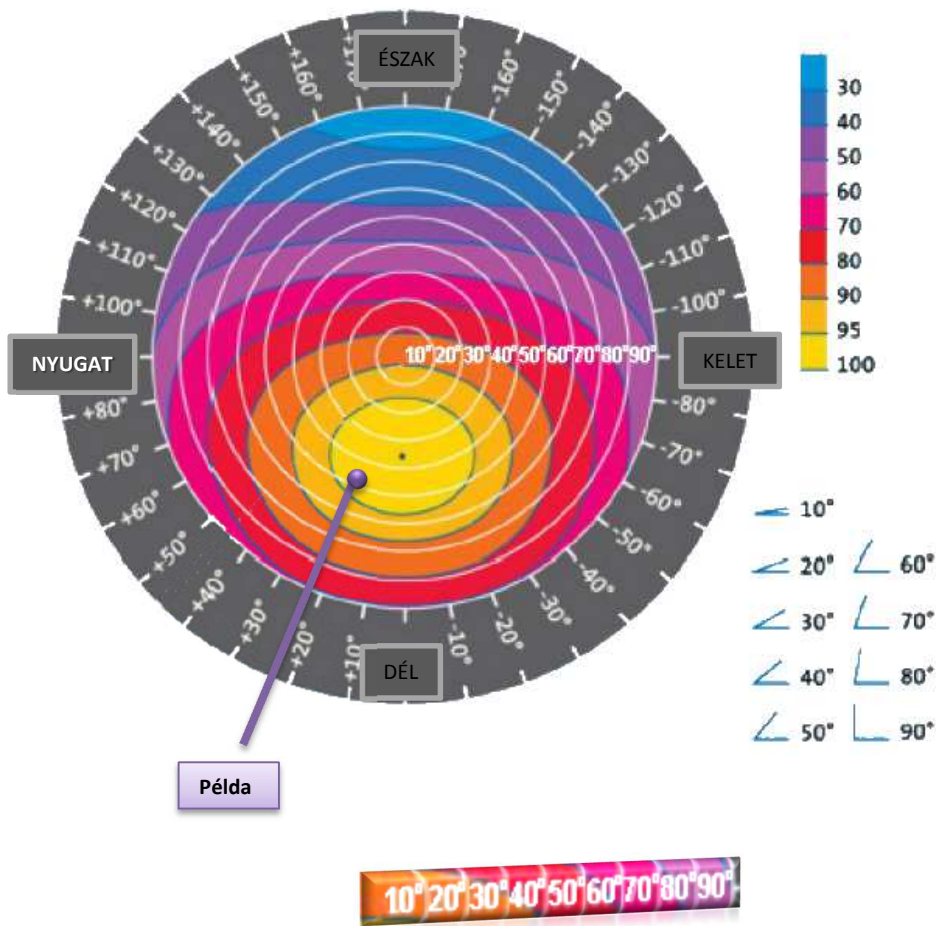
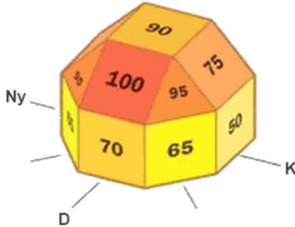
Példa: Tetőre telepített rendszer

Évszakok – A Nap járása az égbolton

A Nap az év különböző szakaszaiban merőben különböző pályát jár be az égbolton (kezdőszöge és magasság). A téli időszakban a legalacsonyabb és legrövidebb. Nyáron a legmagasabb és leghosszabb. A föld geometriájából adódóan a pálya a szélességi koordinátáktól is erősen függ.



Tájolás és dőlésszög



A két telepítési jellemző
illetve adottság együttes
hatását korong
diagramon lehet
ábrázolni.

Például:

35° dőlésszögű, 25° dél-
nyugati tájolásnál a
hozam az ideális körüli
(~95-100%)

Megfigyelhető, hogy a
15...50° dőlésszög vagy -
30°...+30° azimut lényegi
hozamvesztést nem
okoz.

Továbbá egy 10..15°-os,
keleti vagy nyugati
tájolású modul hozama
85...90%, de egy északi
tájolásé is 70...80%.
(lapos tetős
rendszereknél
kihasználható)

Miért is kellene ezek az információk?!

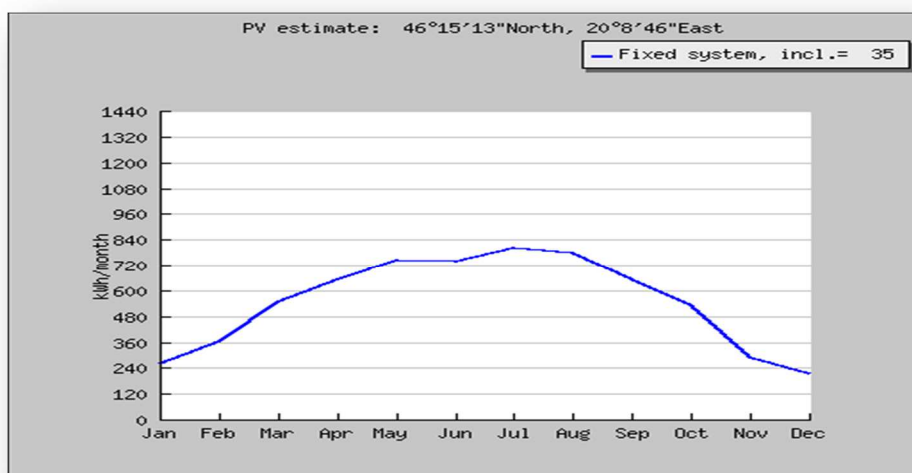
Mivel a napelem felszerelése a létesítményhez igazodik, ezért előzetesen ki kell tudni számolni, hogy mégis mennyit tud majd termelni a rendszer!
Ideálistól való eltérések hatása:

1. **Azimuth**-ban történő **10°** eltérés **~0,5%** hatásfok csökkenést jelent
2. Dőlésszöget lehet állíttatni az évszakoknak, napjárásnak megfelelően,
de a rendszer napkövető funkciójának költsége és megtérülési ideje minden esetben mérlegelés tárgyát kell, hogy képezze.
3. Magyarországon a 30-40° közötti fix telepítésű dőlésszög a leghatásosabb, de a 15-50° közötti rendszerek is >95% hozam tényezővel képesek termelni.
Dőlésszögben történő **10°** eltérés **~1,5%** hatásfok csökkenést jelent

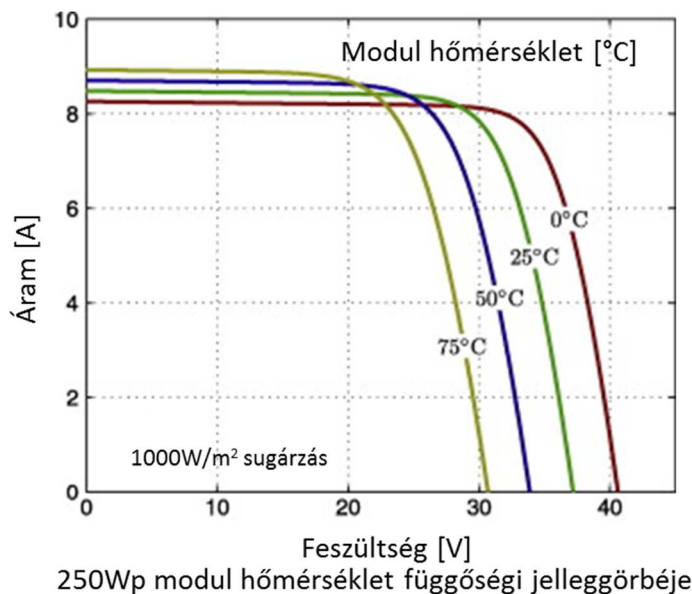
Napszakok, évszakok változása, valamint a fix rögzítés hatása

Megrendelőnknek hívjuk fel a figyelmét, hogy a rendszer a nap és év különböző szakaszaiban nem ugyanannyi energiát termel!

Ez a rendszer alaptulajdonsága, nem tükrözi annak minőségét!



Környezeti hőmérséklet és a PV modul hatásfokának kapcsolata



A napelemek villamos tulajdonsága nagymértékben függ azok hőmérsékletétől. Az időjárásnak legjobban kitett helyekre telepítjük a modulokat, így a hőmérséklet alapvetően befolyásolja a méretezést.

A modul feszültsége fordítottan arányos a modul hőmérsékletével. Minden napelemnek ezért alapparamétereik között adják meg a jellemző hőmérsékleti együtthatóikat.

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

STC rated output (P_{mpp})*	235 Wp	240 Wp
Warranted power output STC ($P_{mpp\ min}$)	235 Wp	240 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at STC	29.16 V	29.54 V
Rated current (I_{mpp}) at STC	8.06 A	8.13 A
Open circuit voltage (V_{oc}) at STC	37.56 V	37.77 V
Short circuit current (I_{sc}) at STC	8.56 A	8.59 A
Module efficiency	14.3%	14.6%
Rated output (P_{mpp}) at NOCT	176.3 Wp	180.0 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at NOCT	26.42 V	26.75 V
Rated current (I_{mpp}) at NOCT	6.67A	6.73 A
Open circuit voltage (V_{co}) at NOCT	34.31 V	34.50 V
Short circuit current (I_{sc}) at NOCT	7.21 A	7.23 A
Temperature coefficient (P_{mpp})	-0.469%/K	
Temperature coefficient (I_{sc})	+0.052%/K	
Temperature coefficient (I_{mpp})	-0.008%/K	
Temperature coefficient (V_{mpp})	-0.463%/K	
Temperature coefficient (V_{oc})	-0.344%/K	
Normal operating cell temperature (NOCT)	43±2°C	

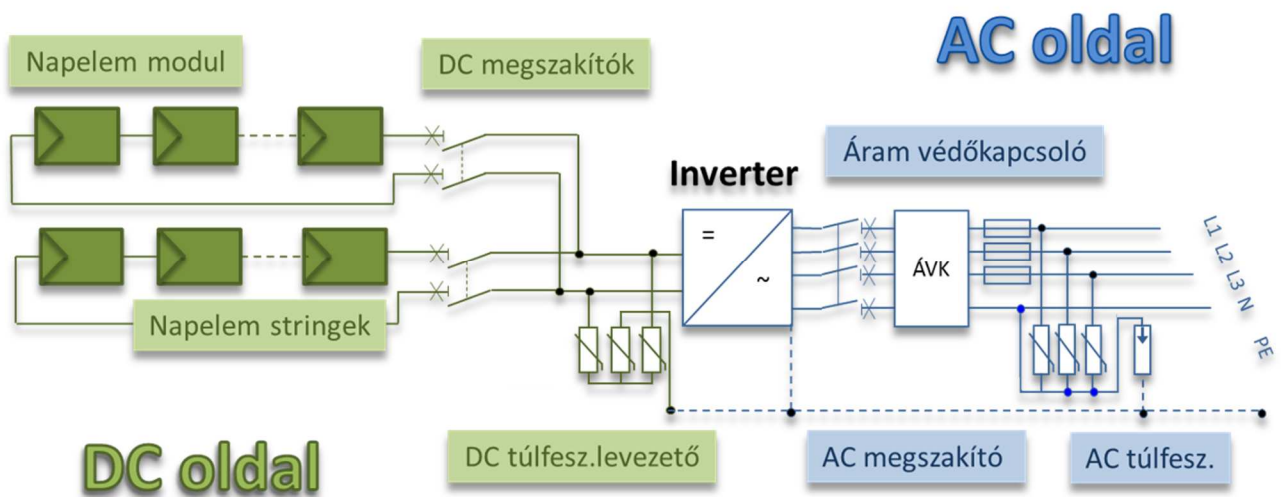
Igazodjunk el az adatlapokon

Jelölés	Jelentés
STC	Általános vizsgálati körülmények 25°C, 1000W/m² és AM1,5 (Standard Test Conditions)
NOCT	Normál működési cella hőmérséklet (Normal Operating Cell Temperature)
V_{oc}	Üresjárású feszültség
I_{sc}	Rövidzárású áram
mpp	Maximális teljesítmény pont (Maximum Power Point)
P_{mp}	Névleges teljesítmény MPP pontban

Hőmérsékleti együtthatók számítási
referencia hőmérséklete: 25°C (STC)

PV rendszer felépítése

A napelemes rendszerek elvi kapcsolási sémája

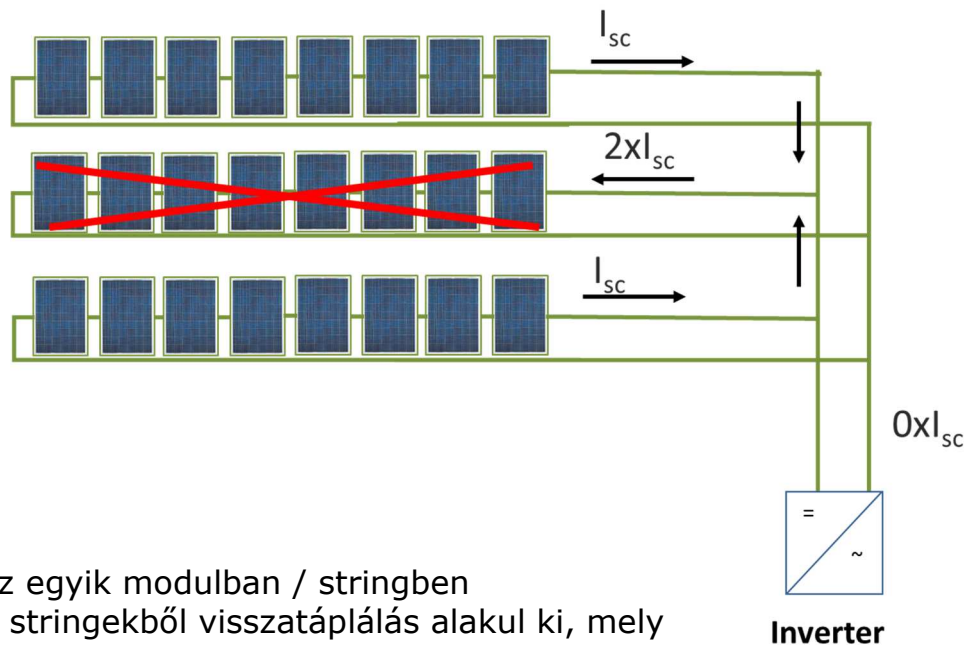


A napelemes rendszerek villamos berendezéseinek létesítési szabványi
követelményei:

MSZ HD 60364 -7-712:2006

DC rendszer villamos jellemzői, modulok kapcsolási képei

DC oldali rendszerelemek és védelmeinek követelményei



- Zárlat az egyik modulban / stringben
- A másik stringekből visszatáplálás alakul ki, mely zárlati áram mértéke a stringek darabszámától függ!
- Az áramirány megfordul a hibás stringben, ezért a polaritás is megváltozik

Az MSZ HD 60364-7-712 szerint amennyiben a rendszer elemek elviselik az $1,25 \times I_{sc}$ áramot nem kell a DC oldalon védelmet használni. A napelemeket az adatlapjuk alapján külön vizsgálni kell!

(„Ökölszabály”: 2 string párhuzamos kapcsolásakor nem kell DC oldali védelmi készülék. 3 string esetén számítást kell végezni. 4 string esetén nagyvalószínűséggel védelmi készülék szükséges.)

Azonban üzemzavar esetén a polaritás megfordulása miatt mindig Polaritás-érzékenyen PV védelmeket kell alkalmazni!

DC oldali rendszerelemek és védelmeinek követelményei

A napelemek **sorba** vannak kötve, ezért a modulok feszültségei összeadódnak!

A környezeti hőmérséklet változása befolyásolja a modulok, így a stringek összefeszültségét is. A hőmérséklet csökkenésével a feszültség nő ($U_{oc\ max}$)!

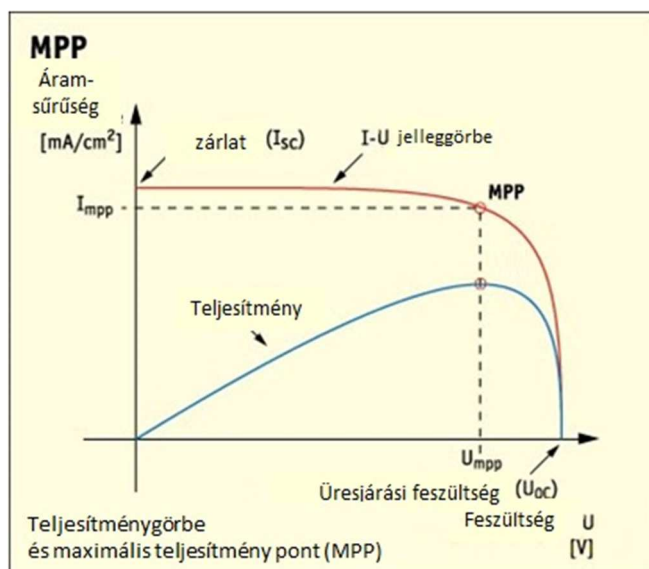
Figyelem! Egyenárammal van dolgunk, melynek ívoltása különösen nehéz feladat. Kapcsoláskor nincsen null-átmenet, mely segítené az ív kioltását.

- 1) MINDIG úgy kell kiválasztani a DC oldali rendszerelemeket, hogy **névleges feszültségük** ezt a szintet mindig meghaladja!
- 2) Olyan készülékeket, szerelvényeket, sorkapcsokat válasszunk, melyek **egyenáramra** és PV specifikus rendszerekhez vannak kifejlesztve.

Munkaponti tartomány

Az inverterek folyamatosan figyelik a rendszer teljesítést az inverterre jellemző áram és feszültség munkaponti tartományain belül.

Az inverterek minden pillanatban a rendszer villamos teljesítése alapján az MPPT -vel (Maximum Power Point Tracker) a maximális teljesítmény pontot követik (MPP – Maximum Power Point) és szabályozzák a konverziójukat.

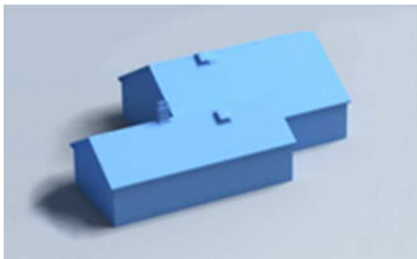


Inverterek jellemzői, Munkapont figyelés és optimalizálás

MPPT – Maximum Power Point Tracking

Adott rendszer ha több stringből áll, akkor figyelemmel kell lenni a stringek időszaki teljesítésére. Olyan esetben, ha az egyik string(ek) időszakosan eltér a többi string termelési paramétereitől akkor az inverternek le kell tudni kezelni az adott helyzetet.

Az eltérő teljesítés adódhat időszakai részleges vagy teljes beárnyékolástól, lényeges tájolási eltérésekből (pl. keleti és nyugati tetősíkokra helyezett modulsorok), modulokat érő besugárzási különbségekből.



Egy irányba telepített napelemek (pl. DK) megvilágítottsága egyenletes változást eredményez a pillanatnyi hozamban	Két, ellentétes irányba telepített napelem-mező (pl. K és Ny) egy időben nem tud azonos hozamot biztosítani
--	---

Az optimális hozam elérése tervezési kérdés. Ha egy napelem-mező ill. mezők közel azonosan termel(nek), akkor elegendő olyan invertereket alkalmazni, melyek 1 munkapont követővel (MPPT) rendelkeznek. Azonban olyankor, ha a mezők nem tudnak egy időben azonosan termelni, az optimális kialakításhoz több munkapont követésű megoldást kell alkalmazni. Ez megvalósulhat több, független 1 MPPT inverterrel, de költséghatékonyabb lehet egy, de több MPPT-vel rendelkező inverter alkalmazása.

Szabványi alapvető előírások

MSZ HD 60364 7-712:2006 főbb pontjai:

- A PV-szerkezeteket az egyenáramú oldalon feszültség alatt állónak kell tekinteni még akkor is. Ha a rendszer le van kapcsolva a váltakozó áramú oldalról (712.41)
- DC oldalon védelem céljából a környezet elszigetelésén vagy a földeletlen helyi egyenpotenciálú összekötésen alapuló védelmi módok alkalmazása tilos (712.413.3 és .4)
- A kábeleztést úgy kell kialakítani, hogy a vezetőhurkok területét a lehető legkisebb legyen (712.444.4.4)
- A szerkezeteket úgy kell szerelni, hogy elősegítse a biztonságos karbantartást, szervizmunkát (712.513.1)
> *bele értendő a megközelíthetőség és a hozzáférhetőség!*
- Kábeleket és vezetékeket úgy kell kiválasztani és szerelni, hogy a földzárlat és rövidzárlat kockázata minimális legyen (712.522)
> *megerősített szigetelésű kábelek*
- Kábel- és vezetékrendszerek legyenek ellenállóak a várható külső hatásokkal, széllal, jegesedéssel, hőmérséklettel és napsugárzással szemben (712.522.8.3)
- PV inverter karbantartásra leválasztó eszközöket kell beépíteni a DC és az AC oldalára is (712.536.2.1.1)
- PV inverter DC oldalára szakaszoló-kapcsolót kell beépíteni (712.536.2.2.5)
- Minden kötődobozra figyelmeztető feliratot kell elhelyezni, hogy az aktív részek a PV inverterről leválasztás után is feszültség alatt maradhatnak (712.536.2.2.5.1)

Jogszabályi előírások és háttér

Energiatermelő rendszerek típusai

- **Háztartási méretű kiserőműnek** (HMKE) nevezzük azokat a kiefeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőműveket, melyek csatlakozási teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t
- **Kiserőműnek** minősül az 50 kVA-nál nagyobb, de 500 kVA-nál kisebb teljesítményű erőmű
- **Erőműnek** minősül az 500 kVA-nál nagyobb, de 50 MW-nál kisebb teljesítményű erőmű

2008-tól a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI törvény, valamint az annak végrehajtásáról szóló 273/2007. (X.19.) Korm. rendelet bevezette a **Háztartási Méretű Kiserőmű** (továbbiakban **HMKE**) fogalmát.

HMKE-nek minősül az a villamosenergia-termelő berendezés, amelyre az alábbiak jellemzők:

- közcélú kiefeszültségű hálózathoz, illetve kiefeszültségű magán- vagy összekötő vezeték hálózatra csatlakozik,
- erőművi névleges teljesítőképessége nem haladja meg a felhasználó rendelkezésre álló teljesítményének mértékét,
- maximum 50 kVA erőművi névleges teljesítőképességű.

HMKE közcélú elosztóhálózathoz csatlakoztatása csak az adott területen működési engedéllyel rendelkező elosztói engedélyes hozzájárulásával lehetséges. Abban az esetben, ha a HMKE a közcélú hálózattal illetve kiefeszültségű magán- vagy összekötő vezeték hálózattal párhuzamosan nem üzemel (szigetüzem), a HMKE létesítését elegendő csak bejelenteni az elosztói engedélyesnek

Forrás: Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal (MEKH)

Villamos energia mérése

A villamosenergia-forgalom mérése fázisonkénti mérőműves elektronikus fogyasztásmérővel valósul meg, amelyből az elszámolási időszakban irányonként kiolvasható a **vételezett**, illetve a hálózatba **betáplált** villamos energia mennyisége. A mérőberendezés fázisonkénti mérőművel rendelkezik, tehát abban az esetben is pontosan regisztrálja a termelést és a felhasználást, ha háromfázisú a csatlakozás, de a termelő berendezés csak az egyik fázisra csatlakozik.

Felhasználóként a helyben történő villamos energia előállítás miatt szükségessé válhat (*jellemzően javasolt*) az elszámolási időszak haviról évesre történő módosítása.

3x80 A feletti rendelkezésre álló teljesítményű távmért felhasználóknál nincs lehetőség a havi elszámolásról éves elszámolásra történő áttérésre

Az elszámolási időszakban a közcélú hálózatból vételezett (fogyasztott) és hálózatba visszatáplált – fogyasztásmérő által rögzített – energiamennyiségek esetében **szaldó képzésével**, valamint az aktuális egységárak (a villamos energia egyetemes szolgáltatás árképzéséről szóló 4/2011. (I.31) NFM rendelet, a villamos energia rendszerhasználati díjakról és alkalmazásuk szabályairól szóló 4/2013. (X. 16.) MEKH rendelet és a 1092/2012 sz. MEH határozat a 2013. január 1-jétől érvényes villamos energia rendszerhasználati díjak megállapításáról) figyelembevételével végzik el a szolgáltatók a rendszerhasználati díjak elszámolását.

A **szaldóképzés csak a forgalomarányos** (kWh alapú) díjak után fizetendő összegeket érinti, a nem forgalomarányos (éves díjak) ettől függetlenül kerülnek elszámolásra. Felhasználóként mindig (teljes összegben) fizetni kell az elosztói alapidíjat és - ha mint felhasználó a KIF III. (nem profilos) kategóriába tartozik a felhasználó – az elosztói teljesítménydíjat is.

Forrás: Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal (MEKH)

Villamos energia mérése

1. A fogyasztás meghaladja a betáplált mennyiséget
A kettő különbözete alapján kell megfizetni a forgalomarányos díjakat
2. A fogyasztás megegyezik a betáplált mennyiséggel
Ebben az esetben **a szaldóképzés eredménye nulla**, így csak a nem forgalom-arányos díjak kerülnek elszámolásra
3. A betáplálás meghaladja a fogyasztott mennyiséget
Ebben az esetben a villamosenergia-kereskedő/egyetemes szolgáltató részéről csak a nem forgalomarányos díjak kerülnek elszámolásra. A szaldóképzés eredménye alapján meghatározott termelési többlet és átvételi ára (a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet alapján) alapján a többletenergiaért az adott csatlakozási ponton értékesítő villamosenergia kereskedő vagy egyetemes szolgáltató – számla ellenében –, a HMKE által **a villamos energiáért egyébként (felhasználóként) fizetendő átlagos villamosenergia-termékárnak megfelelő árat köteles fizetni.**

Csatlakozási dokumentáció

A csatlakozási dokumentáció tartalmi követelményeit mindenkor az adott elosztó hálózati engedélyes által megköveteltek (*áramszolgáltatónként változhat*)

Főbb elemei:

- csatlakozási dokumentáció előlap (a termelő, a termelés helyszíne, valamint a termelő berendezés adatai)
- egyvonalas villamos séma a tulajdoni határok megjelölésével
- telepített rendszer leírása
- a beépített gyártmányok (termelő berendezés főbb részeinek) katalóguslapjai)
- védelmi beállítási értékek
- érintésvédelmi rendszerbe való illesztés bemutatása
- túlfeszültségvédelmi rendszer leírása
- mérőrendszer, mérőhely kialakítás, mérőhely fényképe (zárhatóság, kialakítás)
- tulajdonosi nyilatkozat

▪

- Forrás: Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal (MEKH)

HMKE-vel kapcsolatos jogszabályrészek

VET - a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény

Vhr - a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 273/2007. (X. 19.) Korm. rendelet

Csatlakozási rendelet - 76/2011. (XII. 21.) NFM rendelet A közcélú villamos hálózatra csatlakozás pénzügyi és műszaki feltételeiről

Rhd rendelet - 4/2013. (X. 16.) MEKH rendelet a villamos energia rendszerhasználati díjakról és alkalmazásuk szabályairól

Elosztói szabályzat - Az elosztó hálózathoz való hozzáférés együttműködési szabályai 8. sz. módosítás (2014. július 11.)

Kiserőművek

Minden kiserőműves igényt egyedi igényként, a közcélú hálózatra csatlakozáshoz szükséges feltételeket írásos igénybejelentés alapján egyedileg kell megvizsgálni

Létesítési folyamat

Igénybejelentés

Az igénybejelentéshez és a villamosenergia betáplálási igény biztosításának műszaki feltételeinek meghatározásához szükséges dokumentációk benyújtása, többek között:

- A létesítendő kiserőmű típusa, működési elve és beépített teljesítmény
- Az érintett ingatlan tulajdonosának hozzájáruló nyilatkozatát a kiserőmű létesítéséhez
- A kiserőmű telepítési helyét bemutató átnézeti térkép
- A kiserőmű leállása esetén a telephelyen jelentkező, fogyasztói berendezések által vételezésre igényelt villamos teljesítmény nagysága
- Nyilatkozat, hogy kíván-e villamos energiát a közcélú hálózatba táplálni, vagy kizárólag saját villamos energia fogyasztását kívánja kielégíteni.

Jogszabályi előírások és háttér

Ajánlat

Az igénybejelentés alapján az Áramszolgáltató megvizsgálja a közcélú hálózatra történő csatlakozás műszaki feltételeit. Itt adja meg a csatlakozási pontot, melynek meghatározásához szükség esetén Megvalósíthatósági tanulmány készítését kéri. Részletesen ismerteti az elfogadó nyilatkozathoz szükséges Szándéknyilatkozat tartalmát

Megvalósíthatósági tanulmány

A 120 kV-os hálózathoz történő csatlakozás esetén mindenképpen, ennél kisebb feszültségszintre történő csatlakozás esetén pedig az ajánlatban kért esetekben megvalósíthatósági tanulmányt kell készíteni

Szándéknyilatkozat

Az ajánlat elfogadására - ha szükséges a Megvalósíthatósági Tanulmány, annak elkészültét követően - a beruházónak Szándéknyilatkozatot kell küldeni. A részletes csatlakozási feltételeket az ajánlatot elfogadó nyilatkozat és a Szándéknyilatkozat alapján határozza meg az Áramszolgáltató

Részletes csatlakozási feltételek

A részletes csatlakozási feltételeket tartalmazó levél alapján lehet a kiserőmű létesítéséhez kapcsolódó, a közcélú hálózatot érintő tervezési feladatokat megkezdeni. Itt kerülnek részletesen megadásra közcélú hálózati beavatkozások, valamint a mérési feltételek

Csatlakozási terv

Csatlakozási terv jóváhagyása

A csatlakozási tervet az Áramszolgáltató számára jóváhagyásra be kell mutatni. 120 kV-os csatlakozás esetén a MAVIR Zrt. jóváhagyása is szükséges

Hálózati Csatlakozási Szerződés megkötésre

Erőmű engedély iránti kérelme

Az 500 kW és ezt meghaladó teljesítményű erőmű létesítése, működtetése engedélyköteles tevékenység, melyet a Magyar Energetikai és Közmű-

szabályozási Hivataltól kell megkérni. Ekkor határozzák meg a kiserőmű kötelező átvétel alá eső évenkénti mennyiségét

Kiviteli terv készítése, jóváhagyása

Az Áramszolgáltató elkészíti a közcélú hálózaton szükséges beavatkozások kiviteli tervét, a Beruházó elkészíti a kiserőmű kiviteli tervét

Kiserőmű és a hálózati csatlakozás kivitelezése

A kiviteli terv alapján az Áramszolgáltató elvégzi a közcélú hálózaton szükséges beavatkozásokat, a Beruházó elkészíti a kiserőmű kivitelezését

Üzembe helyezési eljárás

Üzemviteli megállapodás, hálózathasználati szerződés, kereskedelmi és mérlegkör tagsági szerződés megkötése

A kiserőmű kereskedelmi üzemének megkezdésének feltétele a különböző jogszabályokban rögzített szerződések (pl. Üzemviteli Megállapodás, Hálózathasználati szerződés, villamos energiára vonatkozó vételezési kereskedelmi szerződés, termelt villamos energia átvételére vonatkozó Kereskedelmi szerződés stb.), üzembe helyezett elszámolási mérés és az erről kiállított beavatkozási lap, Üzembehelyezési jegyzőkönyv

Megújuló energiatermelő rendszerek

II. fejezet HMKE erőművek

Családi házak, közösségi és gazdasági épületek
PV fotovoltaiikus rendszerei

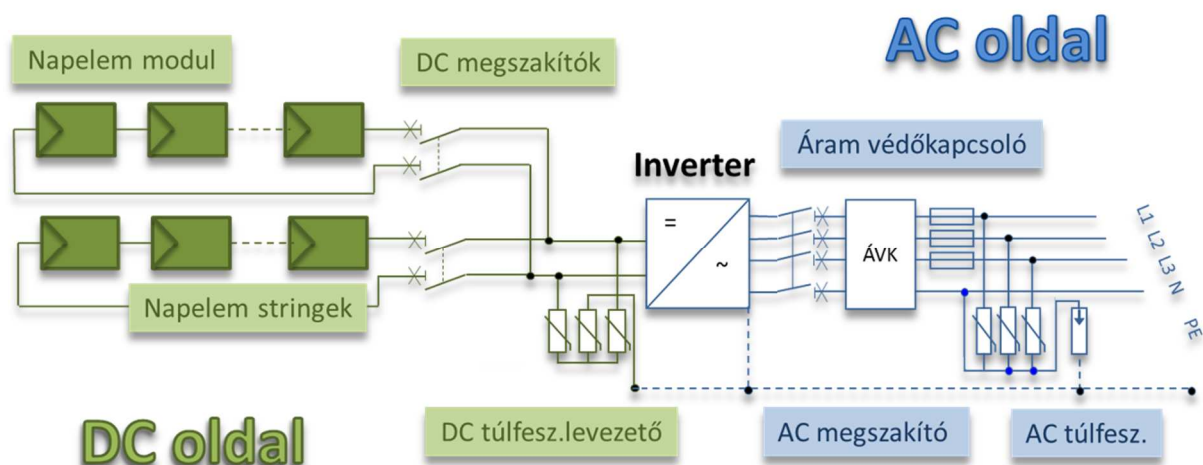
Alapfeladatok egy HMKE erőmű megvalósításához

HMKE felépítése

- A. Hálózatcsatolt rendszer
 - egyfázisú csatlakozással
 - háromfázisú csatlakozással
- B. Szigetüzemű rendszer

Legelterjedtebb rendszer kialakítás a tisztán Hálózatcsatolt rendszer.
 HMKE méretű szigetüzemű rendszerek a létesítési és az üzemeltetési, fenntartási költségeik miatt kizárólag csak szükség esetén, hálózati csatlakozási lehetőség hiányában kerülnek alkalmazásra.
 A legújabb rendszertechnikai trendek szerint az ún. Back-Up rendszerek is előtérbe kerülnek, melyek során PV akkumulátoros tárolással biztosítható hálózat kimaradás esetén egy csökkentett kapacitású energiaellátó üzemállapot.

PV rendszer felépítése A napelemes rendszerek elvi kapcsolási sémája



A napelemes rendszerek villamos berendezéseinek létesítési szabványi követelményei:

MSZ 2364 / HD 60364 -7-712:2006

PV rendszer tervezésének lépései

A teljes PV rendszert Hozam, Beruházási költség és Üzemeltetési költség szempontok alapján optimalizálni kell (bevétel-kiadás)!
Az optimalizálás eredményeként kell az inverter teljesítményét meghatározni.

Az optimalizálást minden projektnél el kell végezni. Minden tervnél más szempontok alapján kell kiválasztani a legmegfelelőbb invertert és PV rendszer elemeket.

A méretezést 2 irányból lehet megközelíteni

Termelés optimalizált

Rendszer méretét a létesítmény éves fogyasztása és éves termelési hozam összehangolása határozza meg
Tervezési vezérelv:
Olyan rendszer kialakítása, mely alkalmas éves szinten ellátni a fogyasztást

Méret optimalizált

Rendszer méretét a létesítmény ill. a telepítési hely fizikai adottságai határozzák meg
Tervezési vezérelv:
A rendelkezésre álló hely optimális kihasználása a lehetőleg legnagyobb teljesítmény beépítésére

Termelés optimalizált

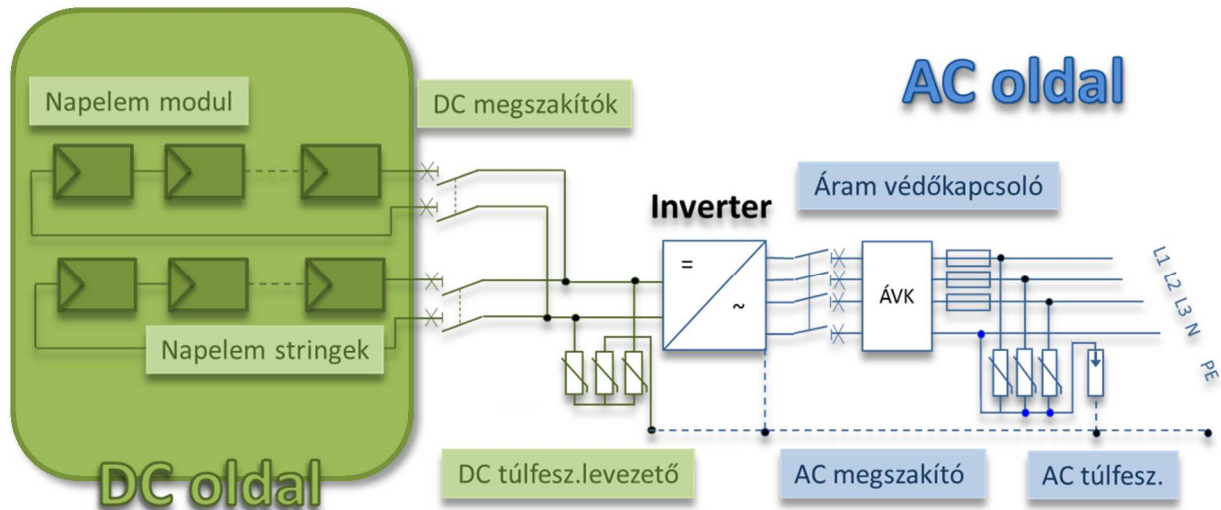
1. Létesítmény **fogyasztási jellemzőinek** feltárása, részletes meghatározása
Meglévő fogyasztási adatok értékelése
lehetőleg 1-2 évre visszamenő adatokra támaszkodva
Jövőben várható-e energiafelhasználási változás, fejlesztés (+/-)
2. Létesítési adottságok alapján a szükséges rendszerméret meghatározása
Tájolás, dőlésszög, környezeti hatások figyelembe vétele
3. Napelem modulok számának meghatározása
4. Inverter kiválasztása a szükséges PV stringek meghatározásával együtt
5. DC és AC oldali védelmek meghatározása, csatlakozási nyomvonal tervezése
6. Telepítési és tartószerkezeti tervezés

Méret optimalizált

1. Létesítés **fizikai adottságai alapján** a szükséges rendszerméret meghatározása
2. Napelem modulok számának meghatározása
3. Létesítmény **termelési jellemzőinek, képességének** részletes meghatározása
Tájolás, dőlésszög, környezeti hatások figyelembe vétele
3. Inverter kiválasztása a szükséges PV stringek meghatározásával együtt
4. DC és AC oldali védelmek meghatározása, csatlakozási nyomvonal tervezése
5. Telepítési és tartószerkezeti tervezés

A tervezési lépések Termelés optimalizálásához

Napelem modulok, stringek és mezők:



1. Létesítmény **fogyasztási jellemzőinek** feltárása, részletes meghatározása

Egy rendszert úgy érdemes megtervezni, hogy:

1 év alatt képes legyen megtermelni azt az energiát, melyet 1 év alatt elfogyaszt a létesítmény

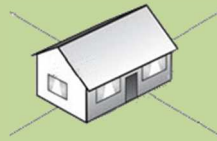
Ennek jelentősége abban rejlik, hogy nem szükséges a pillanatnyi fogyasztásra méretezni, hiszen energiatöbblet esetén az a hálózat felé betáplálásra kerül, energiahiány esetén (nagyobb a fogyasztási igény, mint a megtermelt energia) a többlet igény a hálózatról kerül kielégítésre (ez a hálózatcsatolt rendszer legfőbb előnye).

2. Létesítési adottságok alapján a szükséges rendszerméret meghatározása

A termelés befolyásoló tényezők:

Létesítési körülményeket leírók:

1. Tájéklás (vagyis Azimnt)
2. Dólésszög
3. Létesítés helye
4. Tető típusa, jellege
5. Környezeti zavaró hatásók

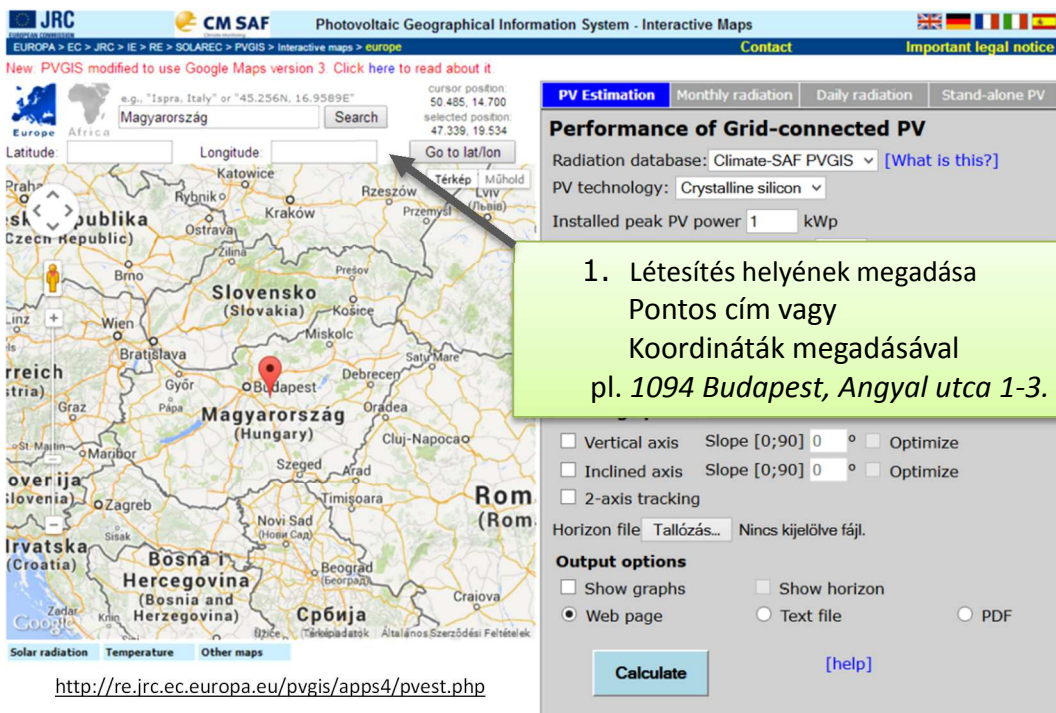


Az EU fotovoltaikus projekt keretén belül 1981-től gyűjt földrajzi eloszlásban részletes besugárzási és időjárési adatokat, melyekre alapozva előre jelezhető egy rendszer termelési képessége. A méretező alkalmazás elérhetősége:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Hozam méretezés PVGIS alkalmazással:

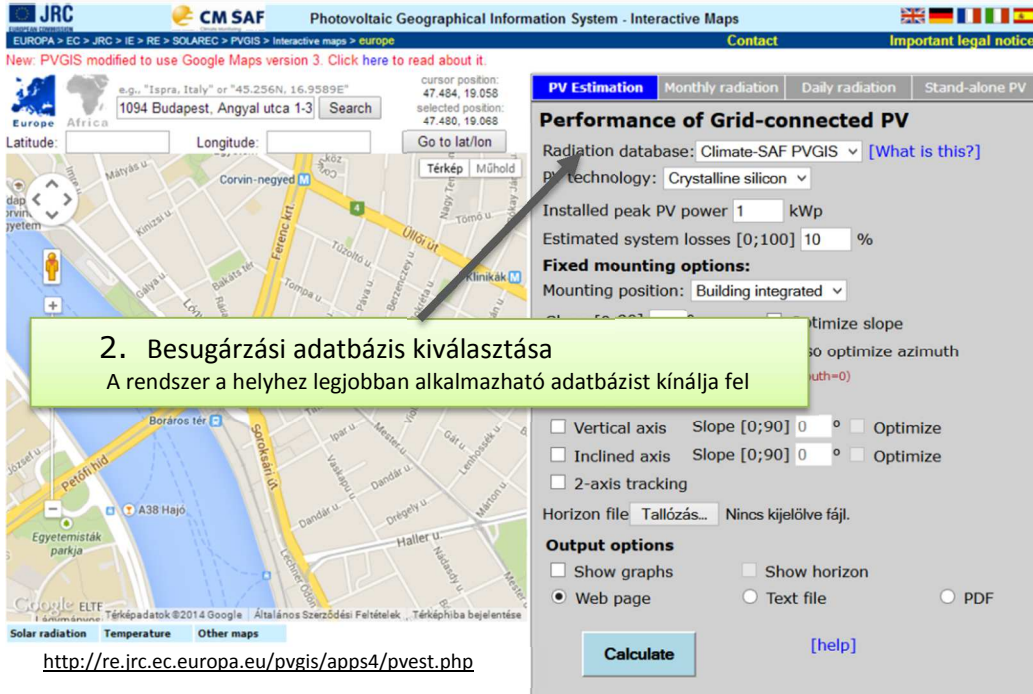
1. Létesítés helyének megadása



<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

2. PV adatbázis kiválasztása

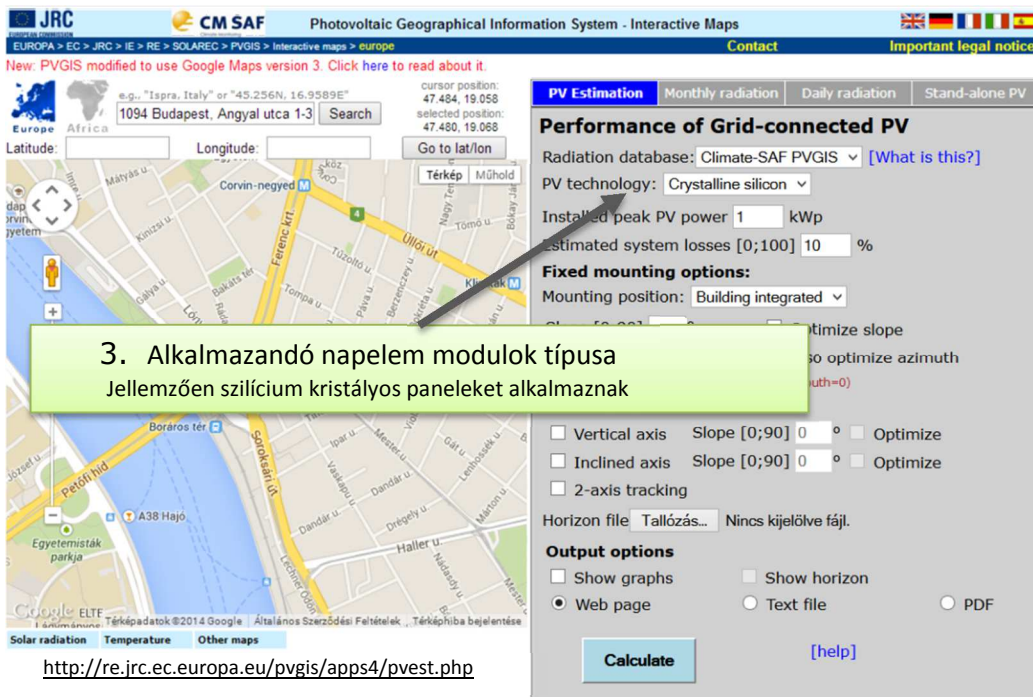
Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez



2. Besugárzási adatbázis kiválasztása
A rendszer a helyhez legjobban alkalmazható adatbázist kínálja fel

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

3. Panel típus kiválasztása



3. Alkalmazandó napelem modulok típusa
Jellemzően szilícium kristályos paneleket alkalmaznak

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

4. Beépített teljesítmény megadása

Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez

4. Beépített PV teljesítmény
Adott telepítési jellemzőkkel (tájolás, dőlésszög, napkövetés stb.) rendelkező rendszer vagy alrendszer mérete
Ha egy rendszer telepítési jellemzői egységesebbek, akkor a hozam meghatározásához elegendő 1 kWp megadása, majd mint viszonyítási egység a szükséges energiaigényhez meghatározható lesz a létesítendő rendszer mérete
Amennyiben a rendszer több, eltérő telepítésű alrendszerből fog felépülni (különböző dőlésszög és/vagy tájolás), akkor minden alrendszerre elvégzett részszámítások eredményeinek összegzésével határozható meg a teljes hozam előrejelzés


5. Villamos veszteségek figyelembe vétele

5. Rendszer villamos vesztesége
Beleértendő mind a DC oldal kábelezési, mind az AC oldal kábelezési veszteségei, a rendszer elemek disszipált veszteségei, valamint az inverter vesztesége is

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

6. Panelek beépítési módja

Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek
tervezéséhez



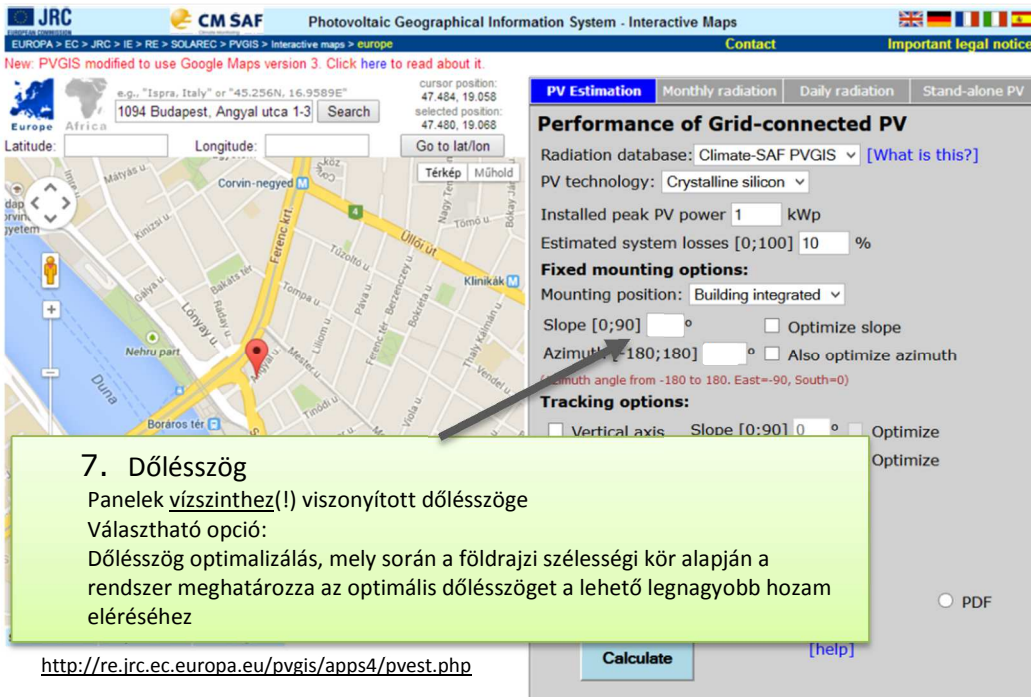
6. Panelek beépítési módja

Ez a paraméter a napelemek hűtési viszonyait hivatott megadni.

- Szabadon álló (Free-standing):
A panelek nincsenek semmilyen épületszerkezetbe integrálva, a levegő szabadon járhat a napelemek hátoldalánál is, így jók a hűlési viszonyai.
- Épületbe integrált (Building integrated):
A panelek teljesen be vannak építve az épületszerkezetbe, a levegő nem tud mozogni a napelem mögött, így rosszak a hűlési viszonyai.
Leggyakrabban választott beállítás: Building integrated (cserépfedés és max. 10 cm elemelés esetén)

Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez

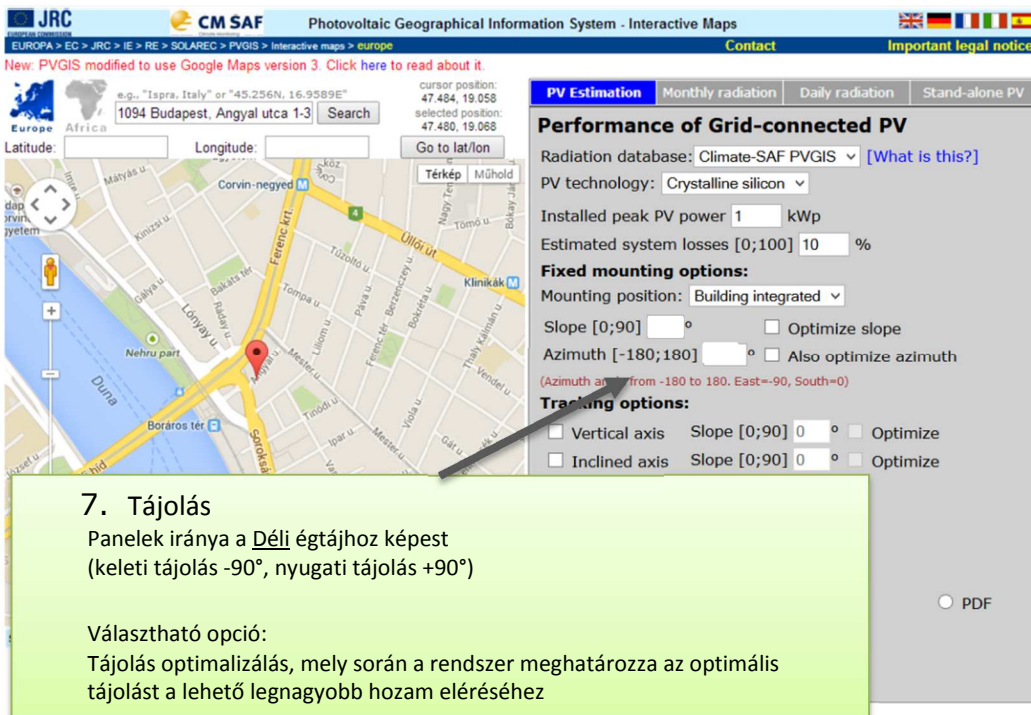
7. Dőlésszög megadása



7. Dőlésszög
 Panelek vízszinthez(!) viszonyított dőlésszöge
 Választható opció:
 Dőlésszög optimalizálás, mely során a földrajzi szélességi kör alapján a rendszer meghatározza az optimális dőlésszöget a lehető legnagyobb hozam eléréséhez

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

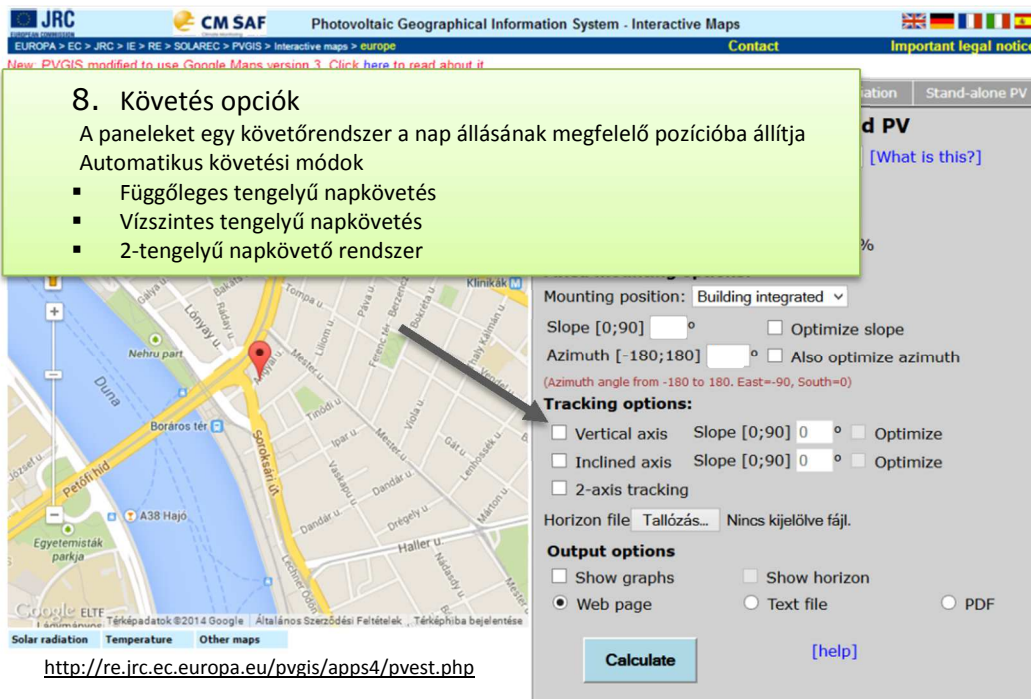
8. Tájolás megadása



7. Tájolás
 Panelek iránya a Déli égtájhoz képest
 (keleti tájolás -90°, nyugati tájolás +90°)
 Választható opció:
 Tájolás optimalizálás, mely során a rendszer meghatározza az optimális tájolást a lehető legnagyobb hozam eléréséhez

Útmutató a napelemes villamosenergia termelő rendszerek tervezéséhez

9. Követés opciók



8. Követés opciók
A paneleket egy követőrendszer a nap állásának megfelelő pozícióba állítja
Automatikus követési módok

- Függőleges tengelyű napkövetés
- Vízszintes tengelyű napkövetés
- 2-tengelyű napkövető rendszer

Mounting position: Building integrated
Slope [0;90] 0° Optimize slope
Azimuth [-180;180] 0° Also optimize azimuth
(Azimuth angle from -180 to 180. East=-90, South=0)

Tracking options:

Vertical axis Slope [0;90] 0° Optimize
 Inclined axis Slope [0;90] 0° Optimize
 2-axis tracking

Horizon file Tallózás... Nincs kijelölve fájl.

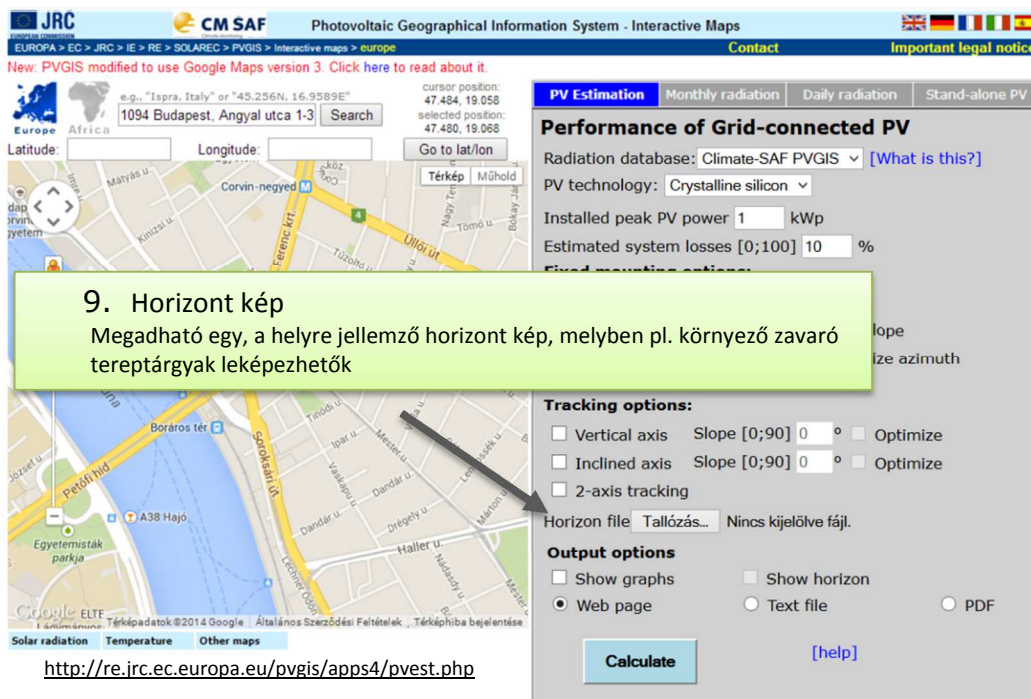
Output options

Show graphs Show horizon
 Web page Text file PDF

Calculate [help]

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

10. Horizont kép magadása



9. Horizont kép
Megadható egy, a helyre jellemző horizont kép, melyben pl. környező zavaró tereptárgyak leképezhetők

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: Climate-SAF PVGIS [What is this?]
PV technology: Crystalline silicon
Installed peak PV power 1 kWp
Estimated system losses [0;100] 10 %

Tracking options:

Vertical axis Slope [0;90] 0° Optimize
 Inclined axis Slope [0;90] 0° Optimize
 2-axis tracking

Horizon file Tallózás... Nincs kijelölve fájl.

Output options

Show graphs Show horizon
 Web page Text file PDF

Calculate [help]

<http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Minta példa:

- 1094 Budapest, Angyal utca 1-3.
- Cserép fedés
- Polikristályos napelemek
- 35° dőlésszög

The screenshot shows the PVGIS Interactive Maps interface. On the left, a map of Budapest is displayed with a red pin at the location of Angyal utca 1-3. A yellow arrow indicates a 35-degree slope, and a grey box shows a -45-degree azimuth. The right panel is titled 'Performance of Grid-connected PV' and contains the following configuration options:

- PV Estimation:** Monthly radiation, Daily radiation, Stand-alone PV
- Performance of Grid-connected PV:**
 - Radiation database: Climate-SAF PVGIS
 - PV technology: Crystalline silicon
 - Installed peak PV power: 1 kWp
 - Estimated system losses [0;100]: 10 %
 - Fixed mounting options:**
 - Mounting position: Building integrated
 - Slope [0;90]: 35 ° Optimize slope
 - Azimuth [-180;180]: -45 ° Also optimize azimuth
 - Tracking options:**
 - Vertical axis Slope [0;90]: 0 ° Optimize
 - Inclined axis Slope [0;90]: 0 ° Optimize
 - 2-axis tracking
 - Horizon file: Tallózás... Nincs kijelölve fájl.
 - Output options:**
 - Show graphs Show horizon
 - Web page Text file PDF
- Buttons:** Calculate, [help]

Below the screenshot, the URL <http://re.irc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> is provided.

Hozam előrejelzés

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°28'48" North, 19°4'5" East, Elevation: 110 m a.s.l.,
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 8.4% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
Combined PV system losses: 23.6%

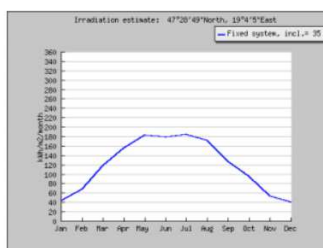
Fixed system: inclination=35 deg., orientation=-45 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	1.16	35.8	1.39	43.0
Feb	1.98	55.6	2.41	67.3
Mar	3.02	93.6	3.79	117
Apr	3.99	120	5.18	156
May	4.38	136	5.89	183
Jun	4.36	131	5.94	178
Jul	4.32	134	5.93	184
Aug	4.06	126	5.52	171
Sep	3.22	96.5	4.23	127
Oct	2.41	74.6	3.06	95.0
Nov	1.41	42.2	1.74	52.2
Dec	1.06	32.8	1.28	39.6
Year	2.95	89.7	3.87	118
Total for year		1080		1410

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

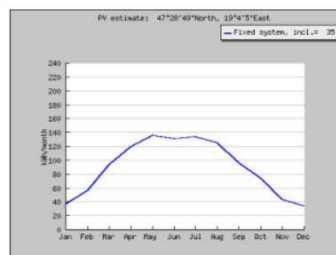
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

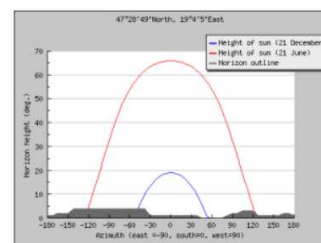
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

1 kWp beépített teljesítmény
1 év alatt
1.080 kWh energiát termel
(35° dőlésszög és -45° azimut esetén)

Termelés optimalizált

PV rendszer tervezésének lépései

A rendelkezésre álló fogyasztási adatok és az elvégzett termelési előrejelzés alapján meghatározható a létesítendő PV rendszer mérete:

$$\text{Rendszer teljesítménye} = \frac{\text{Összfogyasztás}}{\text{Megtermelt energia}} * 1kWp$$

pl. 20.000 kWh/év esetén a fenti beállításokkal

$$\text{Rendszer teljesítménye} = \frac{20.000 \text{ kWh/év}}{1.080 \text{ kWh/év}} * 1kWp = 18.5kWp$$

Azaz egy 18.5 kWp beépített teljesítményű rendszer képes az éves fogyasztás kielégítésére.

3. Napelem modulok számának meghatározása

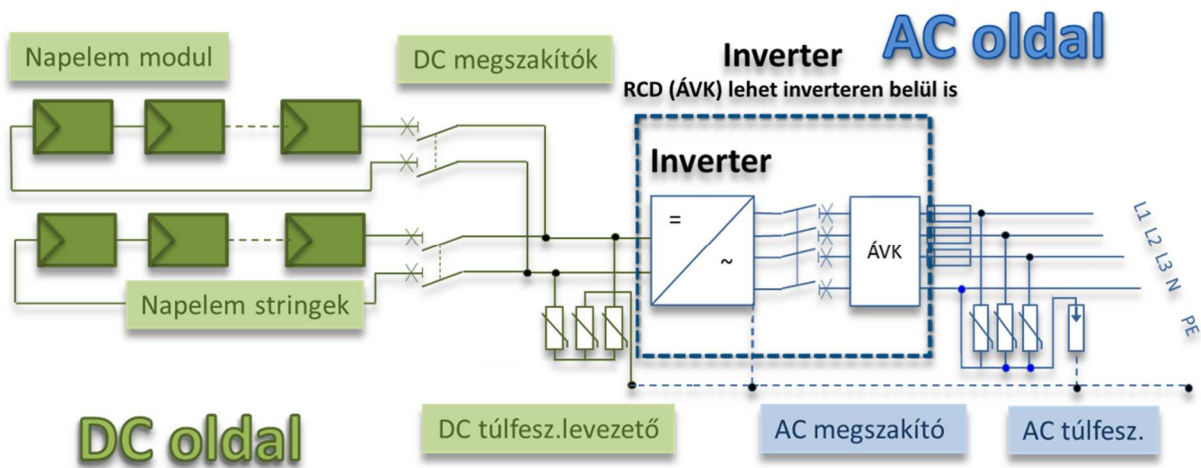
A meghatározott rendszermérethez az alkalmazandó napelemek alapján meg kell határozni a szükséges darabszámot

pl. 250 Wp névleges teljesítményű panelek alkalmazása esetén:

$$\text{Modulszám} = \frac{18500Wp}{250Wp} \gg 74 \text{ db napelem modul}$$

Termelés optimalizált

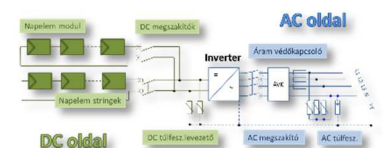
Inverterek kiválasztása:



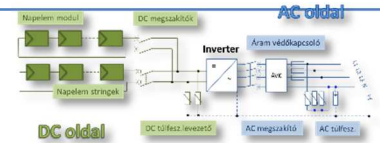
4. Inverter kiválasztása, szükséges PV stringek meghatározása

Főbb szempontok:

- DC oldal min. és max. feszültséghatára
- DC oldal bemenetek áram terhelhetősége
- DC oldal munkaponti feszültség-tartománya
- Inverter teljesítménye
- AC oldal csatlakozóhálózat rendszere



Inverter – DC oldal min. és max. feszültséghatára



Inverter teljesítmény-elektronikai készülék, melynek működéséhez szükséges min. feszültség, de adott feszültségnél nagyobb – még pillanatra sem – kerülhet a bemeneteire.

Ennek a két feltételnek a teljesülése határozza meg, hogy:

- Legalább hány panelből álló string legyen csatlakoztatva (minimum) és
- Legfeljebb hány panel lehet sorba kötve egy stringen belül (maximum)

A modulok feszültsége a hőmérsékletükkel széles tartományban változik, melyet a modulra jellemző hőmérsékleti együtthatókkal lehet leképezni!

Hőmérsékleti együtthatók számítási referencia hőmérséklete: 25 °C (STC)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS	
STC rated output (P_{mpp})*	235 Wp 240 Wp
Warranted power output STC ($P_{mpp\ min}$)	235 Wp 240 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at STC	29.16 V 29.54 V
Rated current (I_{mpp}) at STC	8.06 A 8.13 A
Open circuit voltage (V_{oc}) at STC	37.56 V 37.77 V
Short circuit current (I_{sc}) at STC	8.56 A 8.59 A
Module efficiency	14.3% 14.6%
Rated output (P_{mpp}) at NOCT	176.3 Wp 180.0 Wp
Rated voltage (V_{mpp}) at NOCT	26.42 V 26.75 V
Rated current (I_{mpp}) at NOCT	6.67 A 6.73 A
Temperature coefficient (P_{mpp})	-0.469%/K
Temperature coefficient (I_{sc})	+0.052%/K
Temperature coefficient (I_{mpp})	-0.008%/K
Temperature coefficient (V_{mpp})	-0.463%/K
Temperature coefficient (V_{oc})	-0.344%/K
Normal operating cell temperature (NOCT)	43±2°C

Üresjárási feszültség-változása STC (25 °C)-ról **43 °C** üzemi hőmérsékletre (NOCT)

$$V_{oc} \gg -0,344\%/K = -0,344\%/^{\circ}C$$

$$+43^{\circ}C : -0,344\%/^{\circ}C \times (43-25)^{\circ}C = \mathbf{-6,19\%}$$

Azonban a hőmérséklet széles tartományban változhat, mely akár **+70 °C** és **-10 °C** is lehet, ekkor:

$$+70^{\circ}C : -0,344\%/^{\circ}C \times (70-25)^{\circ}C = \mathbf{-15,48\%}$$

$$-10^{\circ}C : -0,344\%/^{\circ}C \times (-10-25)^{\circ}C = \mathbf{+12,04\%}$$

Jól látható, hogy akár ~30% feszültségváltozás is lehet a rendszeren belül. Télen a feszültség jelentősen megnőhet, ezért a rendszer méretezésénél nem a névleges feszültségeket kell figyelembe venni!

Inverter – DC oldal bemenetek áram terhelhetősége

A modulok árama hőmérsékletükkel változik, bár lényegesen kisebb tartományban, mint a feszültségük.

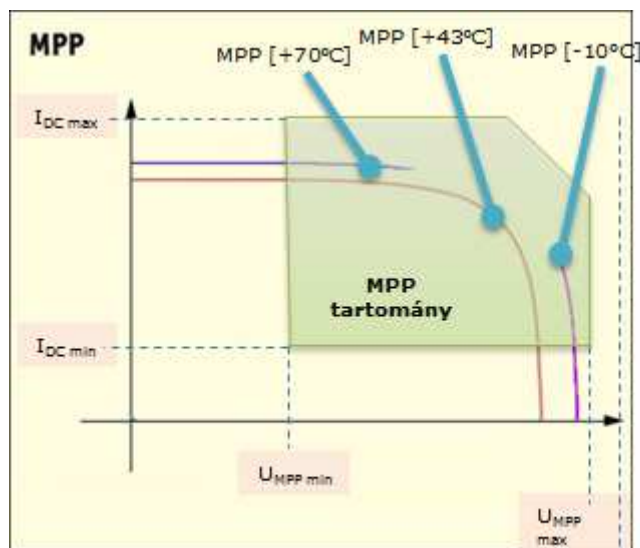
$$I_{sc} \gg +0,052\%/K = +0,052\%/K$$

$$+70^{\circ}\text{C} : +0,052\%/^{\circ}\text{C} \times (70-25)^{\circ}\text{C} = \mathbf{+2,34\%}$$

$$-10^{\circ}\text{C} : +0,052\%/^{\circ}\text{C} \times (-10-25)^{\circ}\text{C} = \mathbf{-1,82\%}$$

Jól látható, hogy a változás ~5% a két szélső érték között. Az áram azonban a hőmérséklettel együtt nő.

Temperature coefficient (P_{mpp})	-0.469%/K
Temperature coefficient (I_{sc})	+0.052%/K
Temperature coefficient (I_{mpp})	-0.008%/K
Temperature coefficient (V_{mpp})	-0.463%/K
Temperature coefficient (V_{oc})	-0.344%/K
Normal operating cell temperature (NOCT)	43±2°C



Úgy kell összeállítani a PV modulokat és stringeket, hogy az inverter üzemidejének a lehető legnagyobb részében a munkaponti tartományán belül működjön

$$U_{MPP \min} \leq U \leq U_{MPP \max}$$

azonban soha ne kerüljön rá nagyobb feszültség és bemeneteire áram, mint a max. határértéke

$$U_{oc} < U_{DC \max} \text{ és } I < I_{DC \max}$$

$U_{DC \max}$

Inverter – AC oldali csatlakozóhálózat rendszere

Inverter AC kimenete a hálózati rendszerhez igazodik.

- 1 fázisú rendszerhez csak 1 fázisú inverter választható
- 3 fázisú rendszerhez illeszthető
 - 1 fázisú,
 - 2 fázisú és
 - 3 fázisú inverter is

Egyik energia előállítási módszer sem befolyásolja a 3 fázisú rendszer mérését. Figyelni kell a fázis aszimmetriára.

Single inverter layout

Minta - Inverter gyári méretező program

1 Configuration 2 Cells

Location information

Country: Ungarn
Location: Budapest
Type of installation: roof-mounted
Deviation from ideal orientation: 45° E
Downtilt: 30°

Inverter selection

Selectest guidelines: None
Inverter: Fronius Symo 15.0-3-M (15000 W)

Module selection

Manufacturer: ASTROnergy
Module type: *CHSM 0510P_240W*
Module favorites: ASTROnergy - *CHSM 0510P_240W*

Legend

2340 W Total PV power / max. DC power inverter
65% Stings
2 Modules per sting

green = optimum
yellow = earnings optimized
inverter not at full capacity
orange = cool-optimized
Earnings losses possible
purple = limited output power

Please check your local standards and guidelines

PV generator (115%)

Number of PV modules:	75	MPP voltage at 70°C:	355 V
Total PV output:	13012 W	MPP voltage at 25°C:	443 V
Max. PV current:	42.95 A	Open circuit voltage at -5°C:	605 V

PV stringek és modulszámok meghatározása

A napelem panelek soros kapcsolásával stringeket alkotunk. Kialakításának főbb szempontjai:

- Rendszer maximális feszültsége
- Inverter maximális feszültsége
- Inverter MPP feszültségtartománya

Az inverterek bemeneteikre (több MPP tracker-es változatoknál 1 MPPT bemenetre) azonos villamos jellemzőkkel rendelkező stringeket lehet kötni.

Rendszerfeszültség beállítása:

- 1 stringen belül sorbakötött panelek számával

Bemeneti áram beállítása:

- 1 bemenetre kötött párhuzamos stringek számával

Inverter – Inverter teljesítménye

Az invertert lehet:

- Hozam vagy
- Költség optimalizálás szerint kiválasztani

Hozam optimális kiválasztásnál olyan teljesítményű invertert kell választani, mely minden esetben képes a PV mező által leadott teljes energia átalakítására.

Költség optimális méretezésnél olyan inverter választható, mely kis valószínűséggel, üzemidejének töredék részében akár a munkaponti tartomány felső határán kívülre kerülhet (de $<U_{DC\ max}$), de a leállás miatti hozamvesztés elhanyagolható az inverter beruházási költség megtakarításához viszonyítva

Hozam optimális kiválasztás:

Inverter max. teljesítménye \geq PV rendszer beépített teljesítménye

Az inverter max. 100%-os kiterheltséggel üzemelhet

Költség optimális kiválasztás:

Inverter max. teljesítménye \leq PV rendszer beépített teljesítménye

Az inverter akár „120%“-os kiterheltséggel üzemelhet, mely úgy értelmezhető, hogy vannak olyan üzemállapotok (bár igen ritkán), amikor az inverter az MPP tartományának felső átlépése miatt leáll, nem termel.

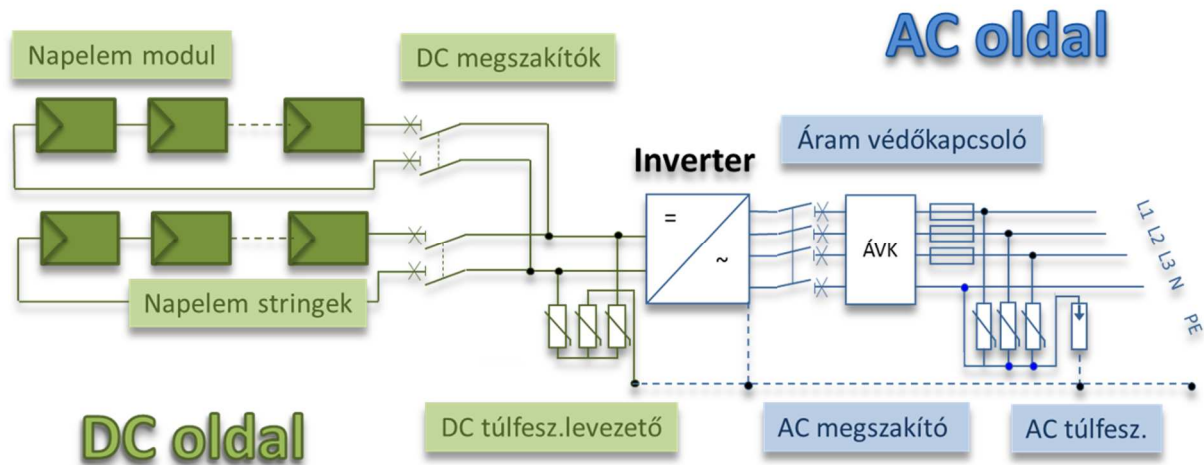
Mind a két kiválasztási módszert az inverter gyártók által kiadott méretező programok támogatják.

PV stringek és modulszámok meghatározása

Főszabályok:

- Azonos panelszámok a párhuzamosan kötött stringeken belül
- String max. feszültsége (hőmérsékleti hatások figyelembe vételével) nem haladhatja meg az inverter UDC max feszültségét
- Bementi egyenáram nem haladhatja meg az inverter IDC max bementi áramát

5. DC és AC oldali védelmek meghatározása, csatlakozási nyomvonal tervezése



A napelemek **sorba** vannak kötve, ezért a modulok feszültségei összeadódnak!

Egyenárammal van dolgunk, melynek ívoltása különösen nehéz feladat, hiszen kapcsoláskor nincsen null-átmenet, mely segítené az ív kioltását.

A környezeti hőmérséklet változása befolyásolja a modulok, így a stringek össz-feszültségét is, ezért:

- 1) MINDIG úgy kell kiválasztani a DC oldali szerelemeket, hogy **névleges feszültségük** ezt a szintet mindig meghaladja!
- 2) Csak olyan készülékeket válasszunk, melyek egyenáramra vannak kifejlesztve.

DC oldali védelem kiválasztásánál az inverter méretezésénél kiszámított **max. DC feszültségnél nagyobb névleges feszültségű** védelmi készülékeket, csatlakozó és elosztó dobozokat és kábeleket kell alkalmazni.

DC oldali védelem áll:

- PV zárlatvédelmi készülék a stringek védelmére (ha kell)
- PV túlfeszültség-levezető az inverter DC oldali védelemre (T1 vagy T2 típusú)
- PV főkapcsoló a DC oldal galvanikus leválasztására (lehet az inverterbe beépített)

PV zárlatvédelmi készülékek:

- PV biztosítós védelmek
- PV kismegszakító ill. kompakt megszakító védelmek nagyobb áramok esetén

A készülék kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy képzett kezelőszemélyzet üzemeltetheti vagy sem, állapotjelzés szükséges-e távjelzéshez, távlekapcsolást meg kell-e valósítani, stb.

A védelmi névleges értékek kiválasztása minden esetben a string áramához igazítottak kell lennie.

Az MSZ HD 60364-7-7102:2006 712.433.1 pontja értelmében a PV-modulsor és kábelek túlterhelésvédelmét el lehet hagyni, ha a kábelek megengedett árama bármely helyen legalább 1,25-szöröse az $I_{SC\ STC}$ értéknek.

Azonban ha több, mint 2 string párhuzamosan csatlakozik, akkor a hibás stringen a több string által áthajtott áram miatt polaritás-érzékenl túláramvédelmet kell alkalmazni.

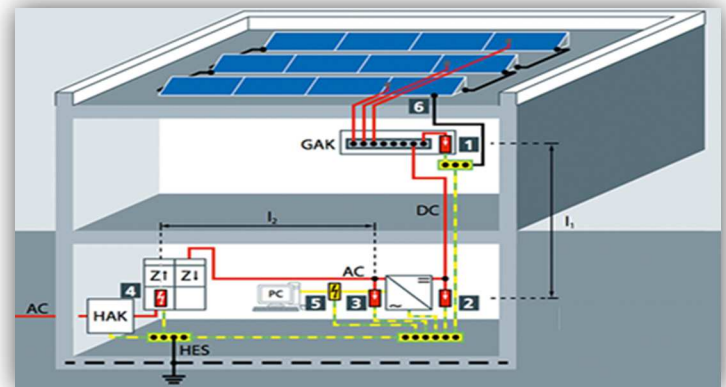
PV túlfeszültségvédelem

PV túlfeszültségvédelem 3 fő esetet különböztetünk meg

1. Ha a DIN EN 62305-2 szerinti kockázat számítás alapján az épületre villámvédelem nem szükséges, akkor

a DIN EN 62305-3, Beiblatt 5 szerint **T2** típusú túlfeszültséglevezetőt kell beépíteni úgy a **DC** mint az **AC** oldalra.

2. Azonos a megoldás mikor kell van villámvédelem és az „s” védőtávolság be van tartva

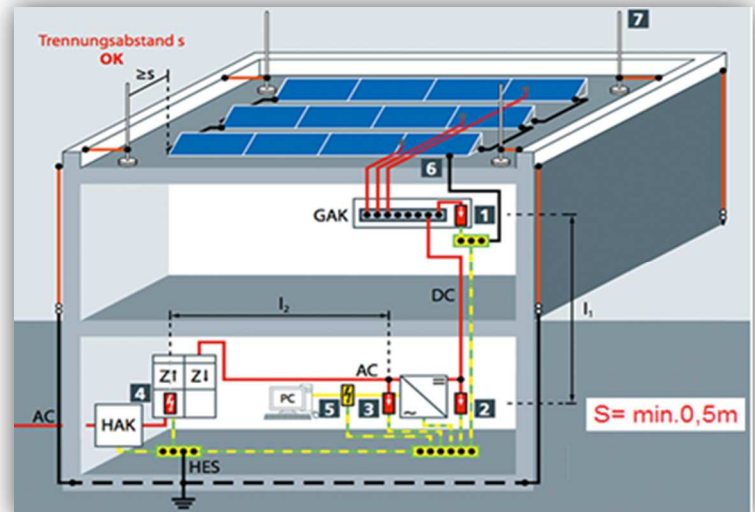


A túlfeszültségvédelmi eszköz tartós feszültsége mindig legyen nagyobb, mint a PV rendszer legnagyobb üresjárási feszültsége !

3. Minden egyéb esetben kell T1 vagy T1+T2 védelmet kell alkalmazni.

Ha nincs az Áramszolgáltatói csatlakozási pontnál túlfeszültség levezető akkor ki kell írni a terven!

EPH vezető keresztmetszetére különösen figyelni kell.



PV főkapcsoló a DC oldal galvanikus leválasztására

712.536.2.1.1 értelmében az Inverter karbantartásának biztosítására azt leválasztó eszközzel kell ellátni mind a DC, mind az AC oldalán

Továbbá előírja a szabvány, hogy az Inverter egyenáramú oldalára egy kétsarkú szakaszoló-kapcsolót kell beépíteni.

Szigorúan tilos egyenáramú oldalon AC védelmi és kapcsolókészülékek alkalmazása (kivétel, ha az rendelkezik a rendszernek megfelelő egyenáramú alkalmazási bevizsgálásokkal)

A kapcsolót egyes inverter gyártók a készülékeikbe beépítik, ebben az esetben további kapcsoló beépítése nem szükséges.

(OTSZ 5.0 !!!)

PV modulok csatlakozó kábelek méretezése:

$$I_b (A) = y * 1,25 * I_{sc} (A)$$

Ahol:

I_b = Szolár kábel árama, y = párhuzamos stringek száma, I_{sc} = PV modul zárlati árama

Egy 4 mm² szolár kábel névleges árama 55 A

Általában a kábeleket csoportosan telepítik. Emiatt csökkentési tényezőket is figyelembe kell venni. Például:

$$I = 0,57 * 0,9 * 0,91 * I_0 = 0,57 * 0,9 * 0,91 * 55 A = 25,675A$$

Ahol:

I = Szolár kábel effektív átviteli árama, I_0 = szolár kábel névleges árama, a $x0,57$ szorzó a 2 II kábel miatt, a $x0,90$ szorzó a kábelek védőcsőbe

Telepítése miatt, a $x0,91$ szorzó a +70°C üzemi hőmérsékleti feltételek miatt.

A kábel terhelési árama (pl. 250W polikristályos napelemekkel):

$$I_z > 1,25 * I_{sc} = 1,25 * 8,43 A = 10,537A$$

Mivel $10,537A < 25,675A$, így a kábel megfelel

A DC oldali elosztóban – ha kell – a védelmeket az alábbiak szerint kell méretezni:

$I_n = 1,25 * I_z = 1,25 * 10,537 A = 13,17A$, tehát egy 15A védelmi elemet kell választani.

Feszültségesés figyelembe vétele

Javaslat:

A csatlakozási pontig a teljes kábelnyomvonalon a **feszültségesés lehetőleg 1,5%-nál** ne legyen több, hiszen 20 éves élettartam alatt ez a veszteség akár 1 évnnyi termelési veszteséget okozhat (mely a megtérülést befolyásolja)

PV modulok csatlakozó kábelek

Az alkalmazható DC kábelek speciális szolár kábelek, melyek teljesítik:

Névleges üzemi feszültség: (U_o/U) 600/1000 V DC

UV álló kivitel

Megerősített, kettős szigetelés

Magas hőmérséklettűrési tartomány (-40...+90 °C),

Kiváló mechanikai szilárdság, időjárás és vegyszer állóság (pára, savas eső, stb.)

Figyelni kell a vízállóságára, mert nem minden kültéri kábel vízálló!!!

Nyomvonal kialakításánál kerülni kell a kiterjedt, nagy területű kábel hurkokat!

AC oldali védelem áll:

- Zárlatvédelmi készülék a hálózati csatlakozáshoz
- AC túlfeszültség-levezető az inverter AC oldali védelemre
- Áram-védőkapcsoló (sokszor az inverterben van)

AC oldali **zárlatvédelmi készülék** a hálózati csatlakozáshoz

- Kismegszakító ill. kompakt megszakító védelmek
- Biztosítós védelmek

A készülék kiválasztásánál figyelembe kell venni, hogy állapotjelzés szükséges-e távjelzéshez, távlekapcsolást meg kell-e valósítani

A készülékek kiválasztása a csatlakozó inverter AC oldali táplálási áramához kell választani, az inverter fázisszámához igazítva

AC túlfeszültség-levezető

Túlfeszültség-levezetők alkalmazása előírás az AC oldalon is. A kiválasztás a DC oldali PV túlfeszlevezetőknél már ismertetésre került

AC oldali **áram-védőkapcsoló** alkalmazása

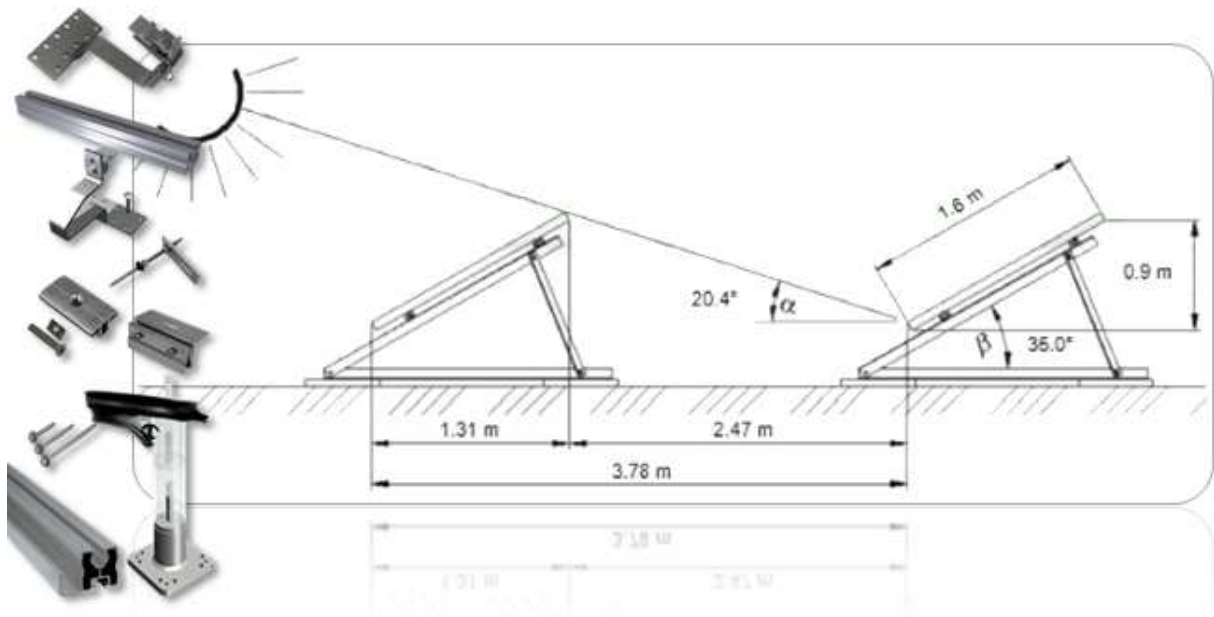
A váltakozóáramú oldalon ÁVK (RCD) alkalmazásánál figyelemmel kell lenni arra, hogy az inverter által létrehozott egyenáramú felharmonikus összetevők ne hiúsítsák meg az áram-védőkapcsoló hibamentes működését.

Ennek tükrében ,AC' típusú nem, **legalább ,A' típusú áram-védőkapcsoló alkalmazható**. Abban az esetben, ha az inverter AC és DC oldala között nincs legalább egyszerű elválasztás, akkor kell ,B' típusú áram-védőkapcsolót alkalmazni (712.413.1.1.1.2).

Áram-védőkapcsoló (RCD) az inverteren belül is lehet!

Egyszerű elválasztás (712.3.20 szerint) az áramkörök között vagy az áramkör és a föld közötti alapszigeteléssel megvalósított elválasztás

Telepítési és tartószerkezeti tervezés



A tartószerkezet minden esetben napelemek rögzítését, és a létesítményhez való mechanikai kapcsolatot valósítja meg.

Megfelelő rögzítést kell biztosítani az időjárás viszontagságaival szemben mind mechanikai igénybevétel, mind a korrózió ellen.

A rendszer élettartama minimum 25 év, tartószerkezetet is ennek tükrében válasszunk!

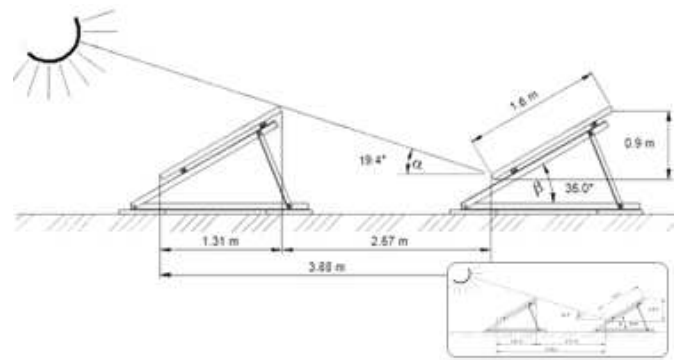
Az alkalmazott tartószerkezeti rendszer méretezését és kiosztását minden esetben az adott gyártó előírásai szerint kell elvégezni és kialakítani!

Ön-árnyékolás elkerülése

Az ön-árnyékolás jelensége, ha az egyik sor által vetett árnyék beárnyékolja a mögötte futó sor paneljait (vagy azok egy részét). Ezért a több sorban telepített rendszerek esetében, a panelek árnyékolását korlátozni kell.

A leghosszabb vetett árnyék a **téli napfordulóhoz** köthető, így az adott szélességi körhöz kapcsolódó legmagasabb napállást kell figyelembe venni erre a dátumra.

Magyarországon ennek a napállásnak a szöge **19..19,5°**



Vetett árnyékolás számítása

1. A modul függőleges vetületének meghatározása

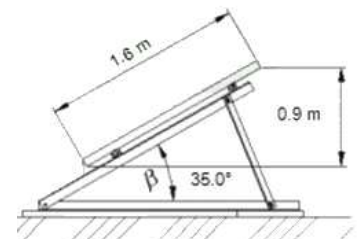
$$H = \text{panel magasság} * \cos \beta$$

$$\text{pl. } H = 1,6 \text{ m} * \cos(35^\circ) = 0,9 \text{ m}$$

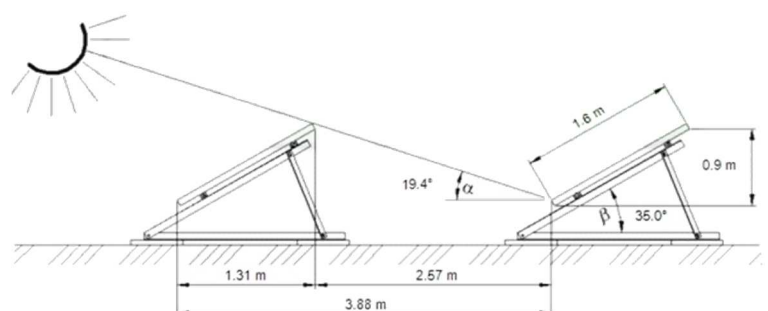
2. A függőleges vetület alapján a minimális sortávolság meghatározása

$$T = \frac{H}{\text{tg } \alpha}$$

$$\text{pl. } T = 0,9 \text{ m} / \text{tg}(19,4^\circ) = 2,56 \text{ m}$$



azaz két sor minimális
sortávolsága 2,56 m



Lapos tetős tartórendszer dinamikus terhelési hatásai és lesúlyozási mértéke

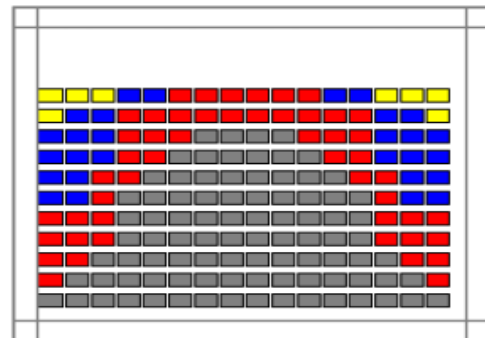
Északi szél

Déli szél

Emelő- és tolóerő






Lapos tetőre telepítésnél a rendszer lesúlyozási számítása a felemelés és elcsúszás elleni védelemhez.



Statikus szakvélemény szükséges!

PI:

zone a		65.6 kg/module
zone b		43.9 kg/module
zone c		27.0 kg/module
zone d		24.0 kg/module

Tartószerkezeti kialakítás jóváhagyatása

A tartószerkezeti kialakítás minden esetben a napelemes rendszerhez igazodik, ezért annak átgondolása a rendszer tervezőjének feladata.

Azonban minden esetben, mint adatszolgáltatást biztosítani kell a statikus és építész társtervezőknek, azok épületszerkezeti és statikai jóváhagyása végett.

A HMKE elektromos tervezője a „GENERÁL TERVEZŐ” az ő feladata a PV projekt koordinálni.

PV rendszer tervezésének lépései

Méret optimalizált

1. Létesítés **fizikai adottságai alapján** a szükséges rendszerméret meghatározása
2. Napelem modulok számának meghatározása
3. Létesítmény *termelési jellemzőinek, képességének* részletes meghatározása
Tájolás, dőlésszög, környezeti hatások figyelembe vétele
3. Inverter kiválasztása a szükséges PV stringek meghatározásával együtt
4. DC és AC oldali védelmek meghatározása, csatlakozási nyomvonal tervezése
5. Telepítési és tartószerkezeti tervezés

A számítások elvei azonosak a Hozam optimalizált megoldással, a különbség annyi, hogy kiindulási paraméter a telepíthető panelek száma és ehhez kerül meghatározásra a várható hozam

Áramszolgáltatói paraméterek

Az elosztó hálózati engedélyes (EON, ELMŰ, ÉMÁSZ, EDF-DÉMÁSZ) által elvárt védelmi beállítások a következők:

Feszültségcsökkenési védelem	$U_n - 0,70 U_n$	javasolt beállítás:	$0,8 U_n/5$ min
Feszültségnövekedési védelem	$U_n - 1,15 U_n$	javasolt beállítás:	$1,1 U_n/1$ min
Frekvencianövekedési védelem	50 Hz – 52 Hz	javasolt beállítás:	50,2 Hz/10 s
Frekvenciacsökkenési védelem	48 Hz – 50 Hz	javasolt beállítás:	49,8 Hz/10 s
Hálózatra kapcsolódás késleltetése	30 s – 300 s	javasolt beállítás:	300 s
Egyenáramú védelem		javasolt beállítás:	2 A/5 s

A csatlakozási dokumentáció az alábbi mellékleteket kell tartalmazza:

Mellékletek:

1. sz. melléklet Napelem modul adatai
2. sz. melléklet Inverter adatlapja
3. sz. melléklet Egyvonalas csatlakozási rajz
4. sz. melléklet Meglévő „Mérőhely” fényképe
5. sz. melléklet Telepítési helyet bemutató térképszelvény vagy tulajdoni lap másolat
6. sz. melléklet Tulajdonosi hozzájárulás idegen tulajdon esetén
7. sz. melléklet Termelői nyilatkozat

Teljeskörű kivitelezői-megvalósulási dokumentáció tartalma

A) Elektromos DC + AC rendszer (erősáram)

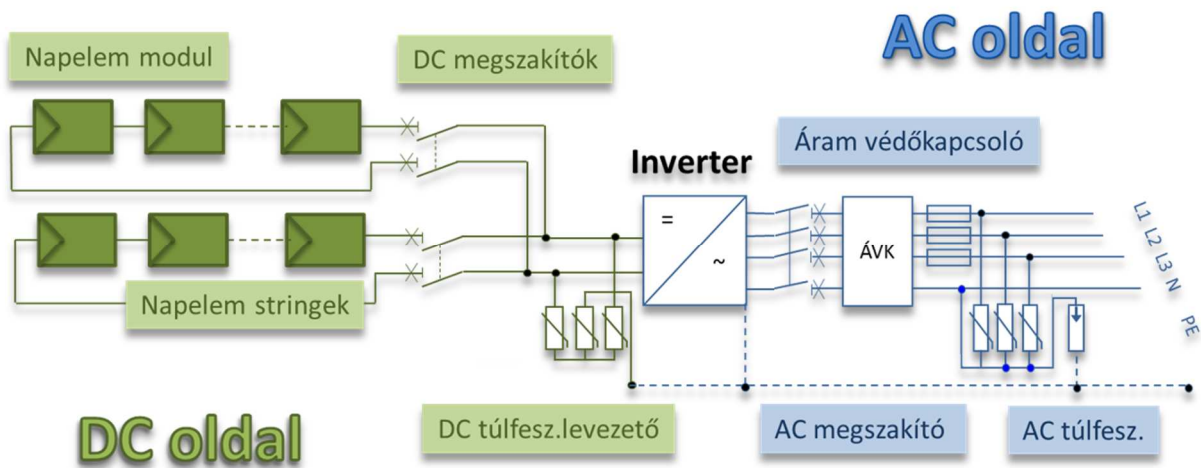
- Elektromos rendszerek megvalósulási tervei (alaprajzok, kapcsolási blokkvázlat, telepítési rajzok, villámvédelem, stb.)
- Elektromos rendszerek elosztóinak (tűzablók, DC főelosztó, AC főelosztó, AC csatlakozási elosztó – áramutas kapcsolási és bekötési rajzai)
- Elektromos rendszerek elosztóinak bekötési listája és kábeljegyzékei
- Elektromos rendszerek beépített alkatrész listája
- Elektromos rendszerek üzemeltetési, karbantartási utasítás leírása
- Elektromos rendszerek garanciális nyilatkozatai
- Tervezői Nyilatkozat
- Kivitelezői Nyilatkozat
- Minősítési jegyzőkönyvek
- Kábel ellenőrzési jegyzőkönyvek

B) Tartószerkezeti rendszer

- Statikai tartórendszer megvalósulási tervei
- Statikai tartórendszer méretezési dokumentálási számításai
- Statikai tartórendszer alkatrész lista
- Statikai rendszer üzemeltetési, karbantartási utasítás leírása
- Statikai rendszer garanciális nyilatkozatai
- Tervezői Nyilatkozat
- Kivitelezői Nyilatkozat
- Minősítési jegyzőkönyvek

C) Egyéb

- Műemlék védelem
- Tulajdonosi hozzájárulások, stb.



A napelemes rendszerek villamos berendezéseinek létesítési szabványi követelményei:

MSZ 2364 / HD 60364 -**7-712**:2006

Megújuló energiatermelő rendszerek

III. fejezet Kiserőművek

Kiserőműves rendszerek tervezése

Tervezői személet váltás szükséges.

Villamos erőmű tervezése esetén termeljük az áramot és nem fogyasztjuk!

Villamos tervező a generál tervező! További tervezési feladatok: út, kerítés, környezetvédelem, tartószerkezetek, statika, talajmechanika, stb.



Minden információt, adatot ismernie kell.

A projektért teljes felelősséggel tartozik. A tervezés során a legfontosabb döntéseket ő hozza.

Bekapcsolódás a napelemes rendszerek tervezésébe.

Amilyen gyorsan csak lehet. Beruházói döntés.

A projekt előkészítés döntő fontosságú



Tervezési alapadatok és megfontolások:

- Beruházó által átadott dokumentációk és igények véglegesítése
- Terület, domborzati viszonyok megismerése
- Tetőre telepített rendszereknél épületstatika megismerése
- PV panel kiválasztás
- Inverter kiválasztás
- Tartószerkezet kiválasztás, méretezése
- Áramszolgáltatói igények megismerése
- Rendszer optimalizálás!
- Társtervezők megszólítása
- Egyeztetések megkezdése



PV rendszer tervezésének lépései

A teljes PV rendszert Hozam, Beruházási költség és Üzemeltetési költség szempontok alapján optimalizálni kell! (bevétel-kiadás) Az optimalizálás eredményeként kell az inverter teljesítményét meghatározni.

Az optimalizálást minden projektnél el kell végezni. Minden tervnél más szempontok alapján kell kiválasztani a legmegfelelőbb invertert és PV rendszer elemeket.

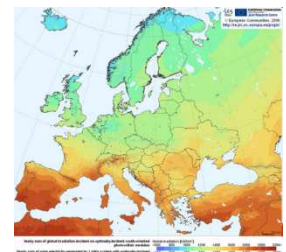
Kiserőműves rendszerek tervezése

Beruházó által átadott dokumentációk szakmai felülvizsgálata, módosítása. Főbb tervezői lépések és feladatok:

- Áramszolgáltatói csatlakozási dokumentáció elkészítése.

Terület, domborzati viszonyok megismerése

- Terület vagy tető, megtekintése, árnyékhatás
- Térképkivonat, közműtérkép beszerzése
- Geodézia pontos meghatározás, besugárzás
- Áramszolgáltatói hálózat megismerése
- Logisztikai útvonal meghatározása, engedélyeztetés
- Környezetvédelem



Főbb rendszerelemek meghatározása:

- PV panel. Gyártmány, mennyiség, csatlakozások, elrendezés
- Topológia eldöntése. string – Központi
- Inverter kiválasztása, csoportosítás, teljesítmény, darabszám, elhelyezés
- Talajmechanikai vizsgálatok elvégzése
- Tartószerkezet méretezése. Bevizsgált, szélcsatornában tesztelt rögzítés technika
- Tartószerkezet PV panel beállítása (dőlés 25-35 fok), optimális elhelyezése

Igénybevett társtervezők: Talajmechanikus, Építész, Statikus, stb.

Áramszolgáltatói igények megismerése

- Csatlakozási pont kijelölése MGT alapján.
- Földi telepítésnél km-es távolságok is lehetnek.
- Csatlakozási feltételek (közös) meghatározása.
- Áramszolgáltatói igények véglegesítése és a szolgáltatási szerződés megismerése.



Minden Szolgáltató más-más előírásokat támaszt! A középfeszültségű hálózatképbe az Áramszolgáltató beleszólhat!

- Jellemzően „Ad-vesz” mérés kerül betervezésre
- Köf vagy „szekunder” oldali lekapcsolást írhat elő
- Telemechaika igénye, a kiserőműben és alállomásban! Kötelező.
- OVRAM engedélyes relé beépítése, dU, dF, vektorugrás védelem
- Szabályzás kérdése. Várhatóan csak a jövőben kell tudnia az erőműnek

Földi telepítésnél termelői főkábel kiserőművi csatlakozási pontjának kialakítása

- Jellemzően a telepített transzformátor házban történik.
- Kivitele lehet beton vagy lemezház
- Külső vagy belső kezelőterű kialakítás
- Típus határozza meg az út tervet!
- Jellemzően 3 részre bontható:
 - Köf helyiség,
 - Transzformátor kamra
 - Kisfeszültségű és installációs helyiség
- Fogyasztás mérő szekrény
- Elhelyezés lehetőleg a park súlypontjába
- Villámvédelem, földelés



Középfeszültségű berendezések kiválasztásának főbb szempontjai

Jellemzően a telepített transzformátor házban történik.

Transzformátorok darabszáma kiserőmű teljesítményétől függ. 400 kVA-1600 kVA

Köf kapcsoló berendezés cellasora központi transzformátor állomásban:

- Fogadó mező
- Mérő mező
- Segéd transzformátor (Szolgáltató függő)
- Lekapcsolási pont (Szolgáltató függő)
- PV transzformátor fogadó mező (több lehet belőle)



Transzformátor

- „Step-Up” jellegű PV transzformátor
- Transzformátor teljesítményt meghatározása
- Transzformátor – Transzformátor ház közös vizsgálat
- Transzformátor védelem pontos specifikálása
- Tűzvédelem



Kisfeszültségű berendezések

Központi inverter esetén az inverterek és egyéb Kif berendezések elhelyezése

- Inverterek max. 1.000-1.250 kW-ig, (ha központi inverteres)
- Kif főelosztó (ha string inverteres)
- Felügyeleti rendszer, minden esetben kell! Túlfesz levezetőt is javasolt bevonni.
- Behatolás védelmi rendszer
- Installáció
- Hűtési (fűtési) megoldások tervezése
- Segédüzem kialakítása



Behatolás védelem megoldásai:

- Kamerarendszer
- Terület és kerítésvédelmi rendszer (infrászorompó, kerítés rezgésvédelem, stb.)
- Beléptetési pont egyértelmű kijelölése

Felügyeleti rendszer:

- Inverter üzemállapotok, paraméterek
- Terepi elosztók, stringek mérése
- Környezeti paraméterek mérése
- Telemechanika. Alállomási és kiserőművi. 2 külön rendszert írhat elő az Áramszolgáltató!



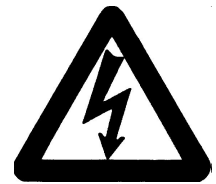
Segédüzem

Az erőmű egyik legfontosabb része. A működéshez, felügyelethez szükséges energia:

- A felügyeleti, vezérlési, védelmi és installációs energia biztosítása.
- Központi inverter esetén az inverter segédenergiája.
- Segédenergia nélkül az erőmű nem üzemel!

Jellemző megoldások:

- string inverter esetén „Saját” 0,4 kV-ról vesszük le.
- Köf mező 0,4 kV-os transzformátor, max. 4 kVA
- Köf segédtranszformátor beépítése, min. 50 kVA
- Független 0,4 kV-os betáplálás, költség-elérhetőség



A megoldás kiválasztásához Áramszolgáltatói egyeztetés szükséges!

Központi inverteres rendszerek

Inverter DC kapcsai. DC feszültség szint 600-900 VDC.

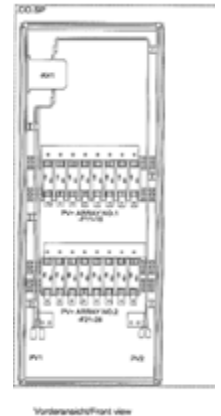
Jellemező elrendezési topológia:

Kiválasztási szempontok:

- Beépített DC teljesítmény
- Inverter DC paraméterei
- Napelem típusa
- Kábelezés, készülékezés

Combiner Box. Ebben történik a terepi DC kábelek fogadása.

- Inverter függő, nem minden esetben szükséges.
- Fa vagy csillagpontos topológia.
- Master-Slave kapcsolás (típus függő)
- DC főbiztosítók elhelyezése



Terepi elosztó. Feladatuk a PV stringek összegyűjtése

- 8-16 string bemenet. Lehet csonka terepi elosztó is
- Összegyűjtött DC teljesítmény 50-120 kWp
- Polaritás helyes PV kábel bekötés
- String biztosító, méretezés
- Főkapcsoló, sorozatkapocs 1000 VDC
- Túlfeszültség levezető
- Megfelelő védettség, anyag, elhelyezés
- Felügyeleti rendszer, RS 485



String inverteres rendszerek

Jellemező elrendezési topológia:

AC 0,4 kV-os főelosztó. Terepi string elosztók összegyűjtése.

- Hagyományos értelemben vett 0,4 kV-os elosztó
- String inverterenként, vagy csoportonként leágazás
- Főmegszakító ki-be tekercsel
- Elhelyezés transzformátor házban

String inverter. Elhelyezése napelemeknél vagy azok közelében.

- Szükség van AC és DC oldali elosztóra. Van, hogy az inverterbe be van építve.
- Túlfeszültség levezető minden MPPT-hez külön kell.
- Túlfeszültség levezető 2-es vagy 1+2-es típusú. Meg kell tervezni.
- 3 string után string biztosító kell.

Tetőre telepített rendszerek

Ezek megoldásához viszonylag nagyméretű tetőfelület szükséges. Ez általában lapos tetős rendszereknél biztosított.

Fontos az árnyák mentesség, a tető jó tájolása.

A lapostetőre szerelt PV rendszer komoly statikai és vízszigetelési kérdéseket vet fel.

Szinte kizárólag string inverteres kialakításúak
Jellemzően lapostetőkre tervezzük a következő főbb megfontolásokkal:

- A napelemek rögzítése általában balansz súlyokkal történik.
- A balansz súlyok tömegét a tartószerkezet szállítója határozza meg.
- A balansz mennyisége nagyban függ a napeleme dőlésszögétől!
- A balansz mennyisége függ a magasságtól. Eurocode szabvány ismerete.
- A dőlésszög függ a tető geometriájától. Villámvédelmi megfontolások, távolságok!
- A balansz súlyok összömege függ a tető statikájától.
- Egyéb megfontolások: vízszigetelés, tetőn lévő gépészet, lépésállóság, stb.

Igénybevett társtervezők: Építész, Statikus, stb.

Visszatáplálás mentesített PV rendszerek

Speciálisan kialakított rendszer.

A VET értelmében a visszatáplálás mentesített PV rendszerek nem építési engedély kötelesek. A felsőteljesítmény maximum 0,5 MVA. **De ezzel kapcsolatban a területileg illetékes Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal állásfoglalása a mérvadó! Minden ilyen rendszer tervezése előtt ki kell kérni a MMBH konkrét esetre vonatkozó állásfoglalását.**

Amennyiben nem építési engedély köteles abban az esetben lényegesen egyszerűsödik a tervezési feladat és a tervezési idő.

Amennyiben a telepített rendszer által termelt villamos energiát a létesítmény felhasználja célszerű élni ezzel a lehetőséggel.

Előnyök:

- Nem lesz építési engedély köteles a beruházás (MMBH állásfoglalás kell)
- Jóval kevesebb engedély szükséges

Hátrány:

- Ha mégis több a termelés mint a fogyasztás akkor a lekapcsolás miatt leáll a termelés.
- A visszatáplálás mentesített rendszer kiépítése költséges
- Több elosztó módosítást jelent
- A tervet az Áramszolgáltatóval jóvá kell hagyni!

PV panelek bekötése

- Gyors csatlakozón keresztül
- Ajánlott a legjobb minőséget kiírni. MC3, MC4
- PV panel gyártóval rendelés előtt egyeztetni kell!
- „Y” csatlakozók alkalmazása
- Préselt vagy szorítós kötés
- Csatlakozók IP66 védettségűek



PV panelek rögzítése

- Csak gyári rögzítő elemek alkalmazhatóak
- Dilatáció a panelek között!
- „Optimális kiosztás, optimális kábelezés, minimális veszteség”
- Szolár kábelek elhelyezése szerkezeten, védelmük
- PV panelek egyedi azonosítása. Legtöbb helyen követelmény

Igénybevett társtervezők:



Kábelek kiválasztása

DC kábel.

Dupla, megerősített szigetelés. 4-6-10 mm²

Szolár kábelt sérülés ellen esetenként kiegészítő védelmet kell kiírni.

Központi inverter esetén:

DC főkábel. Terepi elosztó – Combiner Box között (Combiner Box – Inverter)

- Vastag keresztmetszettel rendelkeznek
- Alumínium kábel, 1000V DC feszültségre be legyen vizsgálva!

AC főkábel.

string inverter esetén a transzformátor ház és az inverter között is AC kábel van.

- Inverter – Kif főelosztó vagy transzformátor között
- Vastag 3 fázisú rendszerben használt kábel

Kábelek méretezés feszültségesésre.

Az így beépített veszteség az erőmű teljes időtartama alatt veszteségként jelentkezi!

- Maximális feszültség esés a teljes 1-1,5 %
- A méretezés dokumentálás feltétlenül szükséges.

Érintésvédelem

DC rendszer:

- Kristályos napelemnél: DC IT (kettős szigeteléssel), EPH-val kiegészítve
- Vékonyréteg napelemnél általában: Földelt DC rendszer, EPH-val kiegészítve

Központi inverternél AC Kif rendszer:	IT
String inverternél AC Kif rendszer:	TN-S
AC Köf rendszer:	IT
AC segédüzem:	TN-S

Egyéb tervezési megfontolások, rendelkezések

Tűzvédelem

- Az erőmű nappal nem feszültség mentesíthető
- Építési engedély részét kell képeznie
- Leválasztás biztosítása

Szabványok

Készülék specifikus szabványok ismerete, pl:

- MSZ EN 62271-202:2007 Nagy-/kisfeszültségű, előre szerelt alállomás
- IEC 60269-6:2010 fotovoltaiikus rendszerek védelmére szolgáló biztosítóbetétek
- MSZ HD 60364-7-712 Napelemes (PV) energiaellátó rendszerek

Egyéb

- Karbantartás utasítás műszaki leírás része kell hogy legyen.
- Biztonság technika, Elsősegély nyújtás, Erőmű, stb.
Igénybevett társtervezők: Tűzvédelmi szakember

Tervezési idő

- Meglévő terület és finanszírozás esetén 3-4 hónap.
- Terület kiválasztással együtt további 3 hónap.

Átadás után a legfontosabb üzenet:

**Az erőmű területén, még ideiglenes jelleggel tartózkodni is csak
kioktatott személyeknek szabad.
Munkavégzés kizárólag szakfelügyelettel történhet.**



Tervek

Legfontosabb villamos tervek:

- Séma rajz (egyvonalas összefüggési rajz)
- Középfeszültség tervei, termelő kábel vezetékjogi terve
- Csatlakozási terv, Fogyasztás mérő terve, engedélyezés
- Installációs elosztó terve
- Termelő kábel vezetékjogi terve
- Sorkapocs szintű áramút tervek
- Villámvédelmi, földelési terv. Túlfeszültségvédelem
- Terepi kábelezési terv
- Kábel lista, azonosítók
- string kiosztás terve
- AC, DC elosztók tervei (string inverternél), Terepi elosztó (központi inverternél)
- Állomás elrendezési terve
- Védelmi terv (transzformátor, elosztók védelmei, biztosító értékek)

- Vagyonvédelmi terv
- Felügyeleti rendszer terve
- Alállomási telemechanika módosítása
- Kiserőművi telemechanika terve

Dokumentumok

Legfontosabb dokumentumok:

- Villamos tervek (lásd, előző bekezdés)
- Részletes, tételes költségvetés
- Minden részletre kiterjedő műszaki leírás, generál tervező szintű
- Karbantartási terv, kioktatások
- Struktúra statikai, talajmechanika és vizsgálati jegyzőkönyvei
- Kerítés, építész tervek, engedélyek
- Út és közmű kapcsolatok tervei, engedélyek
- Környezetvédelmi hatóság engedélyei
- Egyéb szakhatóságok engedélyei (Örökségvédelem, stb.)
- Építési hatóság engedélyei
- Műszaki felügyelet engedélyei
- Áramszolgáltató engedélyek, egyeztetések jegyzőkönyvei
- Honosítás

Javasolt az inverter, PV elemek, ügyében tett levelezés dokumentálása