



ÓBUDAI EGYETEM

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet**

SZAKDOLGOZAT

ÓE-KVK

2021.

Hallgató neve:

Pokorádi Róbert

Hallgató törzskönyvi száma:

T009395/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: **Elosztott villamos energia
termelés**

Napelemes rendszerek

Megújuló erőművek létesítése és üzeme

**Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar**

Név: Pokorádi Róbert

Neptun kód: [REDACTED]

Napelemes rendszerek létesítése Szakirányú Továbbképzési Szak

Levelező tagozat

Zárávizsga tervezett időpontja: 2021/2022

SZAKDOLGOZAT (Bsc)

Cím: HMKE tervezése

Cím angolul: Planning HMKE

FELADATOK:

1. Épület leírása, amire a napelemet telepítjük
2. Betartandó műszaki előírások
3. Villamosenergia-igény felmérése
4. Tervezés

Ipari konzulens: -

Egyetemi konzulens: Dr. Novothny Ferenc

Javasolt bíráló: Nagy Csaba, karbantartó mérnök, Continental Hungary Kft

csaba.nagy@continental.com

+36-20-9349425

.....

Dr. Novothny Ferenc

Címzetes egyetemi tanár

Dátum: 2021. 10. 05.



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021.

.....
hallgató aláírása



Tartalom

1. HMKE (HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰ).....	6
1.1. Háztartási méretű kiserőmű fogalma:.....	6
1.2. Hálózatra tápláló és szigetüzemre alkalmas termelő berendezés közti különbségek:	6
1.3. Hálózatra termelő HMKE rendszer főbb elemei:.....	8
2. HMKE TELEPÍTÉS FELTÉTELEI.....	9
2.1. EON engedélyeztetési folyamata:	9
3. A TELEPÍTÉS HELYÉNEK SZÁNT ÉPÜLET JELLEMZŐI.....	12
3.1. Épület tájolása:	13
3.2. A napelemes rendszer mérete:	14
3.3. Árnyék hatása a napelemtáblára:	17
4. RENDSZER ELEMINEK KIVÁLASZTÁSA.....	19
4.1. Napelem kiválasztása:	19
4.1.1. Napelem, photovoltaikus elem.....	19
4.1.2. Napelem kiválasztása	21
4.2. Tartószerkezet kiválasztása	27
4.3. Invert kiválasztása	28
4.4. Kábelek kiválasztása	30
4.4.1. Egyenáramú oldali kábel méretezése:	30
4.4.2. Váltakozó oldali kábel méretezése.....	32
4.4.3. Védővezető kiválasztása:	34
4.5. A napelemes rendszer védelmi berendezései	34
4.5.1. AC és DC oldali leválasztó kapcsoló	34
4.5.2. AC és DC oldali túláram védelem	35
4.5.3. AC és DC oldali túlfeszültség-védelem.....	36
4.5.4. AC és DC oldali hibavédelem.....	37
5. FELHASZNÁLT IRODALOM	40
6. ÁBRAJEGYZÉK	41
7. MELLÉKLETEK	42



BEVEZETÉS

Világunk egyik központi eleme az energia. Az utóbbi években egyre jobban előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások, legfőképpen a Nap éltető ereje. A Nap nem csak minden földi élet fenntartója, hanem egész naprendszerünk központi égiteste, melyben fúziós folyamatok zajlanak le. A hidrogén atomok egymással egyesülve válnak hélium atomokká, amely reakció során a fellépő tömegveszteség energiává alakul át.

A napenergia hasznosításának két fő irányvonalát különböztetjük meg. Ezek a passzív és aktív hasznosítási formák.

A passzív napenergia felhasználás az épületek energiamérlegének az energiafelhasználás szempontjából a legkedvezőbb irányba történő befolyásolása. Már az ókori időktől fogva megfigyelhető a tudatosság az épületek tájolásában és kialakításában azzal a céllal, hogy a napsugárzás pozitív hatásait kihasználják.

Az aktív napenergia hasznosítás eszköztára széles skálán mozog. Az erőművi célokra kifejlesztett módszerektől kezdve az egészen kicsi, lakossági felhasználókat kiszolgáló berendezésekig. E berendezések közül a napelem az, amely az energiatermelést a legnagyobb mértékben befolyásolja. [1]

A háztartási naperőművek terjedését nagyban segíti, hogy a napelemcellák elérhetőek a lakosság számára is megfizethető áron. Egyre több ember próbál környezet tudatosabb életmódot folytatni, óvják a környezetüket. A környezet védelme, hogy drasztikus mértékben csökkentsük a széndioxid kibocsátást az EU és Magyarország céljai közt is szerepel. Ennek egyik eleme a napelem, mivel üzem közben környezetbarát technológia. Ezért az országok támogatják a lakossági háztartási naperőművek telepítését és garantálják, hogy az általuk termelt villamos energiát a szolgáltatók megveszik. A kisméretű hálózathoz való csatlakozást minden egyes szolgáltatónál engedélyeztetni kell, mely folyamatok szolgáltatóként változnak.[2] A dolgozatomban további részeiben egy háztartási naperőmű tervezési folyamatát mutatom be.



1. HMKE (HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰ)

A dolgozatomban egy háztartási kiserőmű tervezését fogom bemutatni, ehhez először tisztázni kell mi is az a HMKE és milyen felhasználási módjai vannak, mi a különbség közöttük.

1.1. Háztartási méretű kiserőmű fogalma:

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

HMKE jellemzők:

- közcélú, kisfeszültségű hálózathoz, illetve kisfeszültségű magán- vagy összekötő vezeték hálózatra csatlakozik.
- erőművi névleges teljesítőképessége nem haladja meg a felhasználó rendelkezésére álló teljesítményének mértékét
- maximum 50kVA 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 kisfeszültségű magán- vagy összekötő vezeték hálózattal párhuzamosan nem üzemel (szigetüzem), a HMKE létesítését elegendő csak bejelenteni az elosztói engedélyesnek. [3]

1.2. Hálózatra tápláló és szigetüzemre alkalmas termelő berendezés közti különbségek:

Kétféle közcélú hálózatra kapcsolt termelőrendszer alakítható ki.

a) Hálózatra tápláló (szigetüzemre alkalmatlan) termelő berendezés

Nem képes üzemelni, ha a közcélú hálózaton megszakad az energiaszolgáltatás (üzemzavar vagy tervszerű kikapcsolás). Ez a legelterjedtebb, legegyszerűbb, legtakarékosabb kialakítás. Ilyen a normál (szigetüzemre alkalmatlan) inverteres és a teljesítményszabályzásra alkalmatlan, közvetlennváltakozó áramú generátoros rendszer.



b) Szigetüzemre alkalmas termelő berendezés

Inverteres rendszer: tárolókapacitással (akkumulátortelep), speciális szigetüzemre alkalmas, inverterrel felépített rendszer, amely a közcélú hálózaton bekövetkezett áramkimaradás esetén a közcélú hálózatról lekapcsolódik és az akkumulátortelepből – annak kapacitásáig – biztosítja a felhasználó villamos berendezéseinek működéséhez szükséges energiát. Az áramkimaradás megszűnése után visszaáll közcélú hálózati táplálásra.

Közvetlen váltakozó áramú generátoros rendszer: teljesítményszabályozásra alkalmas rendszer, a közcélú hálózaton bekövetkező áramkimaradás esetén a közcélú hálózatról lekapcsolódik, és a generátor kapacitásáig biztosítja a felhasználó villamos berendezéseinek működéséhez szükséges energiát. Az áramkimaradás megszűnése után visszaáll közcélú hálózati táplálásra.

A szigetüzemre alkalmas rendszerek: jóval drágábbak (akkumulátortelep, töltésvezérlő, speciális inverter, szabályozás) alkalmazásuk közcélú hálózati kapcsolattal rendelkező felhasználók esetén csak gyakori hálózati zavarok, illetve speciális (szünetmentes) táplálási igény esetén megtérülő. Ezért továbbiakban a dolgozatomban a hálózatra termelő berendezéssel foglalkozom, annak tervezését mutatom be. [3]

1.3. Hálózatra termelő HMKE rendszer főbb elemei:

- Napelem:

A rendszer egyik legfontosabb eleme napelem modul, ami a napból jövő elektromágneses sugárzás energiáját alakítja át villamos energiává. A táblák a legtöbb esetben a tetőre helyezik fel.



1.3-1. ábra

- Tartószerkezet:

A napelem táblákat fém tartószerkezetekkel lehet rögzíteni, stabil kapcsolatot teremteni a tartó felületek között. Ezeknek az elemeknek időjárás és idő állónak kell lenniük, mivel egy napelem modul élettartam több mint 25 év. Ezen időtartam alatt ellenállónak kell lenniük a természeti hatásokkal szemben (szél, eső, hideg, meleg stb.).

Általában ezen elemek anyaga alumínium alapú. Telepítéskor és tervezéskor a gyártó előírásokat be kell tartani.

- Szerelvények, vezetékek:

Az elektromos összeköttetést valósítják az egyes elemek között. A vezetékek különböző méretűek, színűek lehetnek. A csatlakozók IP66 védettségűek legyenek.

- Inverter:

A napelemes oldal egyenáramát alakítja át váltakozó árammá, amely alkalmas a fogyasztóink üzemeltetéséhez, illetve a „felesleges” energiát betáplálja a hálózatba. Fontos feladata, hogy a váltakozó oldali hálózati hiba esetén leválasztja a napelemes rendszert a hálózatról, a hiba megszűnéséig.

- Ad/Vesz mérő:

Az általunk a hálózatba betermelt villamos energia és a hálózatról felvett villamos energiát méri.



2. HMKE TELEPÍTÉS FELTÉTELEI

Miután megszületett a gondolat, hogy a Napelemes rendszert szeretnénk pontosabban HMKE telepíteni a házunkra, abban a szerencsés helyzetben vagyunk, hogy csak a hálózati engedély köteles engedélye szükséges a rendszer kivitelezéséhez. Jelen pillanatban ez a területi szolgáltató az EON, ahova az általam tervezet rendszert létesítjük.

A következőben az EON engedélyeztetési folyamatát mutatom be.

2.1. EON engedélyeztetési folyamata:

a) HMKE igénybejelentés:

- Írásbeli igénybejelentést kell benyújtania az elosztói engedélyeshez az eddig a hálózathoz nem csatlakozó rendszerhasználónak, illetve minden, a rendszer használatra vonatkozó új, vagy meglévő műszaki kialakítástól eltérő igény esetén. Igénybejelentést a meghatalmazás birtokában rendszerhasználók nevében eljáró képviselők is tehetnek
- Felhasználói adatok
- Felhasználás helye
- Meglévő csatlakozás adatai
- Igényelt csatlakozás adatai

b) Válasz az igény bejelentésre, tájékoztató küldése:

A Műszaki és Gazdasági tájékoztató megküldése, melynek tartalmaznia kell:

- szükség van- e csatlakozó berendezés létesítésére vagy bővítésére
- szükség van- e közcélú hálózat létesítésére vagy bővítésére
- a 15/2016 (XII.20.) MEKH rendelet a közcélú villamos hálózatra csatlakozás pénzügyi és műszaki feltételeiről,
- a javasolt csatlakozási pont feszültség szintje és megnevezése
- a rendelkezésre állás várható kezdő időpontja
- a fogyasztásmérőhely kialakítása, a mérőváltók szükségessége
- szükség van- e csatlakozási- illetve mérési terv készítésére és benyújtására,
- a kereskedelmi, illetve hálózathasználati díj elszámolásának típusa (idősoros vagy profilos)
- várható elosztói árszabás



- a távleolvasás szükségessége
- a hálózatra csatlakozáshoz szükséges dokumentumok
- a tájékoztatóban foglalt ajánlat érvényességi ideje

c) Csatlakozási dokumentáció benyújtása:

Ebben a dokumentumban a következők vannak meghatározva

- a termelő egység általános jellemzői
- a csatlakozás villamos jellemzői
- a termelő egység villamos jellemzői
- a termelő egység hibavédelme:
 - a) kettős szigetelés DC oldalon
 - b) AC oldalon TN- S
- a termelő egység túlfeszültség védelme:

Hálózat kimaradása esetén az inverter azonnal leválik a hálózatról, zárlatra nem táplál, szigetüzemben nem képes működni.
- a termelő egység hálózati visszahatása.

Az inverter által a hálózatba visszatáplált áram alakja szinuszos, nagyon alacsony harmonikus torzítással.
- a termelő egység galvanikus leválasztásának biztosítása
- az inverter konkrét beállításai
- a mérőrendszer, mérőhely kialakítása
- termelő rendszer kialakítása

d) Csatlakozási dokumentáció elbírálása:

- A csatlakozási dokumentáció kivonat jóváhagyása után telepíthető a HMKE rendszer.

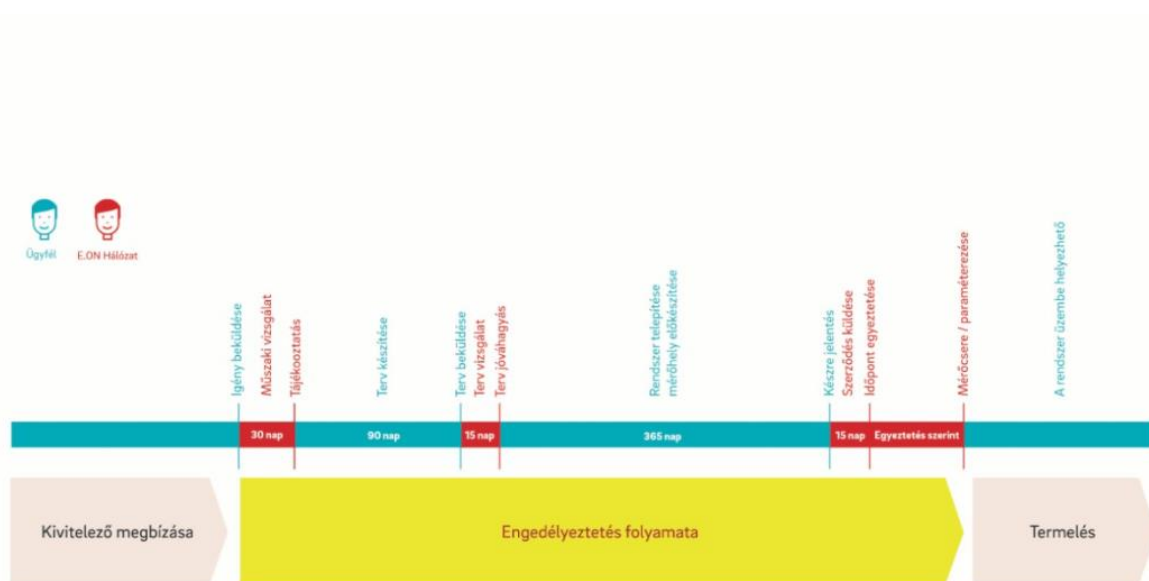
e) HMKE telepítése, készre jelentése:

- A szolgáltatónál bejelenti, hogy a jogszabályoknak és a csatlakozási dokumentációban szereplő feltételeknek megfelelően lett a rendszer kivitelezve.

f) Szerződés küldése, üzembe helyezést megelőző ellenőrzés

- Ad/vesz mérőóra beüzemelése a szolgáltató által.

g) Számlázási és a termelt/fogyasztott energia elszámolása



2.1-1. ábra

Az 2.1-1 ábrán látható a folyamat és az egyes lépések közötti eltelt időt és a teljes idő is mutatja. Legrosszabb esetben több mint egy évig is lehet várni mire a napelemes rendszerünk termelni kezd. A valóságban ez jóval kevesebb időt igényel mert nem 365 nap alatt kivitelezik ki a rendszert, körülbelül 3 hónap alatt kész lehet.[5]



3. A TELEPÍTÉS HELYÉNEK SZÁNT ÉPÜLET JELLEMZŐI

A családi ház, amelyre a napelemes rendszert tervezem emeletes, a 80- as évek végén téglából épült. A tető égetett, mázas cseréppel borított, melyre a napelem-táblákat tervezem rakni. A családi ház észak kelet-dél nyugat fekvésű, a tető dőlés szöge 40° . A hasznos beépíthető tetőfelület a déli oldalon 70m².

A ház két fele el van egymástól csúsztatva és az egyik oldalt egy kiugró ablak van, a tetőn egyéb építmények (pl. kémény), amelyek árnyékot vetnek a tetőre.

A házban 2 él személy életvitelszerűen, de időnként pár napra a létszám 8 főre is emelkedhet. Általánosságban 2 db tv, számítógép, mosógép, villanybojler (éjszakai kedvezményes tarifa), keringtető szivattyú (fűtés) a ház legnagyobb fogyasztói. Ugyanerre a villamos hálózatra van kötve a műhely, ahol lehetséges műszerészszterga, levegő kompresszor, ívhegesztő, tápegység, asztali számítógép és egyéb kéziszerszámok működése. Természetesen ezek nem egyszerre működnek. Ez a helység egy igazi ezermester területe.

A hálózati csatlakozás légkábellel történik meg a tetőn keresztül. Az elosztó szekrény az épület bal (nyugati) oldalán található.

A villamos energiaellátás 1 fázis, 32A, 230V, 50Hz-ről történik.

A napelemes rendszer telepítésével a villamos hálózat is átalakításra kerül, a villamos energiaellátás 3 fázis, 400/230V, 25A betáplálást fog kapni, hogy későbbiekben több elektromos eszköz is probléma mentesen csatlakoztatható legyen a villamoshálózatra (elektromosautó töltőállomása, hőszivattyús fűtőrendszer stb).

Az éves összesített villamosenergia fogyasztás 2020.03.12 és 2021.03.16. közötti időszakban:

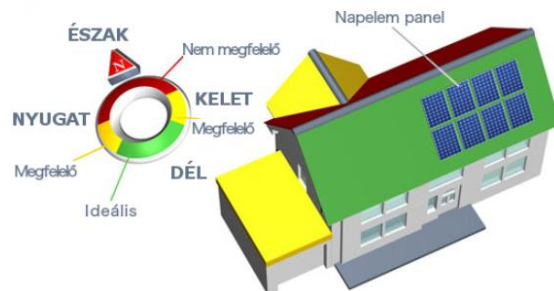
$$2024 \text{ kWh} + 795 \text{ kWh} = 2819 \text{ kWh.}$$

Körülbelül az éves fogyasztás 3000kWh, továbbiakban a rendszert erre fogom méretezni.

3.1. Épület tájolása:

Ideális telepítésű napelem elhelyezése a tetőn fix telepítésnél (3.1-1 ábra):

- Tető dőlés szöge, állapota, kialakítása. Magyarországon az ideális napsugárzás beesési szöge $30-35^\circ$
- A tető tájolása. Lehetőleg déli tájra érdemes telepíteni.



3.1-1. ábra



3.1-2. ábra

Látjuk (3.1-2 ábra), hogy a családi ház tájolása Dél Nyugati az azimut szöge $+15^\circ$, a tető dőlés szöge 40° ami eltér az ideális 35° -től, ezért a nap besugárzási szöge nagyobb és a napelem felületére jutó besugárzási teljesítmény csökken.

A következő táblázat megmutatja a várható veszteséget. Ez alapján megállapítható, hogy a veszteség körülbelül 1% lesz, tehát a termelés az elérhető maximumnak a 99%- a lesz. (3.1-3 ábra)



		Tájolás																
		Ny 90°	Ny 80°	Ny 70°	Ny 60°	Ny 50°	Ny 40°	Ny 30°	Ny 20°	Ny 10°	0	K 10°	K 20°	K 30°	K 40°	K 50°	K 60°	K 70°
Dőlés szög	0°	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%	86,2%
	5°	86,2%	86,9%	87,7%	87,7%	88,5%	89,2%	89,2%	89,2%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	89,2%	88,5%	87,7%	87,7%	86,9%
	10°	85,4%	86,9%	87,7%	89,2%	90,0%	90,8%	91,5%	92,3%	92,3%	93,1%	93,1%	92,3%	91,5%	91,5%	90,0%	89,2%	88,5%
	15°	84,6%	86,9%	88,5%	90,0%	91,5%	93,1%	93,8%	94,6%	95,4%	95,4%	95,4%	94,6%	93,8%	93,1%	91,5%	90,0%	88,5%
	20°	83,8%	86,2%	88,5%	90,8%	92,3%	93,8%	95,4%	96,2%	96,9%	96,9%	96,9%	96,2%	95,4%	94,6%	93,1%	90,8%	88,5%
	25°	82,3%	85,4%	88,5%	90,8%	93,1%	94,6%	96,2%	97,7%	98,5%	98,5%	98,5%	97,7%	96,9%	95,4%	93,1%	90,8%	88,5%
	30°	81,5%	84,6%	87,7%	90,8%	93,1%	95,4%	96,9%	98,5%	99,2%	99,2%	99,2%	98,5%	96,9%	95,4%	93,8%	90,8%	88,5%
	35°	80,0%	83,8%	86,9%	90,0%	93,1%	95,4%	96,9%	98,5%	99,2%	100,0%	99,2%	98,5%	97,7%	95,4%	93,1%	90,8%	87,7%
	40°	78,5%	82,3%	86,2%	89,2%	92,3%	94,6%	96,9%	98,5%	99,2%	99,2%	99,2%	98,5%	96,9%	95,4%	92,3%	90,0%	86,2%
	45°	76,2%	80,8%	84,6%	87,7%	90,8%	93,8%	96,2%	97,7%	98,5%	98,5%	98,5%	97,7%	96,2%	93,8%	91,5%	88,5%	84,6%
	50°	74,0%	78,5%	82,3%	86,2%	89,2%	92,3%	94,6%	96,2%	96,9%	97,7%	96,9%	96,2%	94,6%	92,3%	90,0%	86,9%	83,1%
	55°	71,5%	76,0%	80,0%	83,8%	87,7%	90,0%	92,3%	93,8%	95,4%	95,4%	95,4%	94,6%	93,1%	90,8%	87,7%	84,6%	80,8%
	60°	68,8%	73,4%	77,7%	81,5%	84,6%	87,7%	90,0%	91,5%	93,1%	93,1%	93,1%	92,3%	90,8%	88,5%	85,4%	82,3%	78,5%
	65°	65,8%	70,5%	74,7%	78,5%	82,3%	84,6%	86,9%	88,5%	90,0%	90,0%	90,0%	89,2%	87,7%	85,4%	82,3%	79,2%	75,3%
	70°	62,5%	67,2%	71,5%	75,3%	78,5%	81,5%	83,8%	85,4%	86,2%	86,9%	86,2%	85,4%	83,8%	82,3%	79,2%	75,9%	72,1%
	75°	59,2%	63,7%	67,9%	71,7%	74,9%	77,7%	80,0%	81,5%	82,3%	82,3%	82,3%	81,5%	80,0%	78,5%	75,5%	72,3%	68,5%
	80°	55,5%	60,1%	64,1%	67,7%	70,8%	73,5%	75,5%	76,9%	77,7%	77,7%	77,7%	76,9%	75,9%	74,0%	71,5%	68,3%	64,7%
	85°	51,8%	56,2%	60,0%	63,5%	66,5%	68,8%	70,8%	72,0%	72,6%	72,8%	72,8%	72,2%	71,2%	69,4%	67,0%	64,1%	60,6%
	90°	47,8%	52,0%	55,7%	58,9%	61,7%	63,9%	65,5%	66,5%	67,1%	67,2%	67,2%	66,8%	65,9%	64,4%	62,2%	59,5%	56,3%
		← Nyugat			Dél ↓			Kelet →										

3.1-3. ábra

3.2. A napelemes rendszer mérete:

A következőkben megvizsgálom, hogy ha egy 1 kWp (kiló Watt peak) teljesítményű napelemes rendszert telepítenek az adott épületre, akkor az mennyi villamos energiát termel 1 év alatt. Ehhez a PVGIS-5 online szoftvert használtam. Elsőként beállítottam a földrajzi helyet. Megadtam a melyik adatbázis alapján készítse el a kalkulációt, ami a PVGIS-SARAH. Ez az adatbázis a napsugárzási adatokat az EUMETSAT Climate Monitoring Satellite Application Facility (CM SAF) által biztosított. Kiválasztottam a napelem típusát, ami kristályos szilícium. Továbbiakban a meghatároztam, hogy a napelem táblákat épületre fogom elhelyezni. Meg kellett adni a tető, ami a napelem dőlés szöge = 40° , majd az épület tájolását azimut szögét 15° . (1. számú melléklet Éves energiatermelés 1kWp esetén). 3.2-1 ábra



Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 47.215, 20.763 Elevation (m): 85

Use terrain shadows: ☒ Calculated horizon ☐ Upload horizon file

Download CSV Download JSON

Fájl kiválasztása Nincs fájl kiválasztva

GRID CONNECTED

TRACKING PV OFF-GRID MONTHLY DATA DAILY DATA HOURLY DATA TMY

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Solar radiation database* PVGIS-SARAH

PV technology* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]* 1

System loss [%]* 1

Fixed mounting options

Mounting position* Building integrated

Slope [°] 40

Azimuth [°] 15

☐ PV electricity price

PV system cost (your currency)

Interest [%/year]

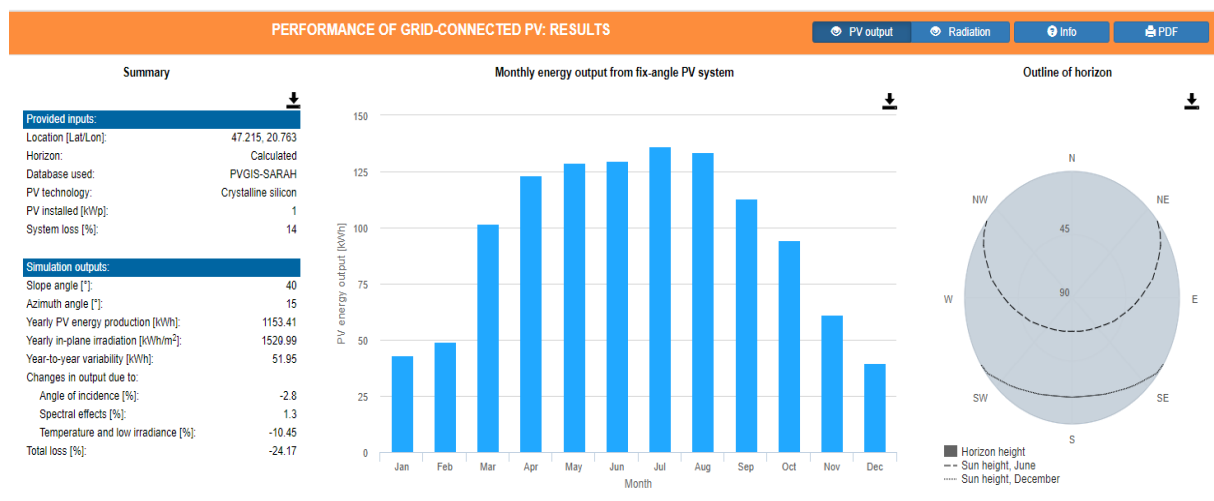
Lifetime [years]

Visualize results

Download CSV Download JSON

3.2-1. ábra

A visualize results gomb megnyomása után megmutatja az eredményeket.



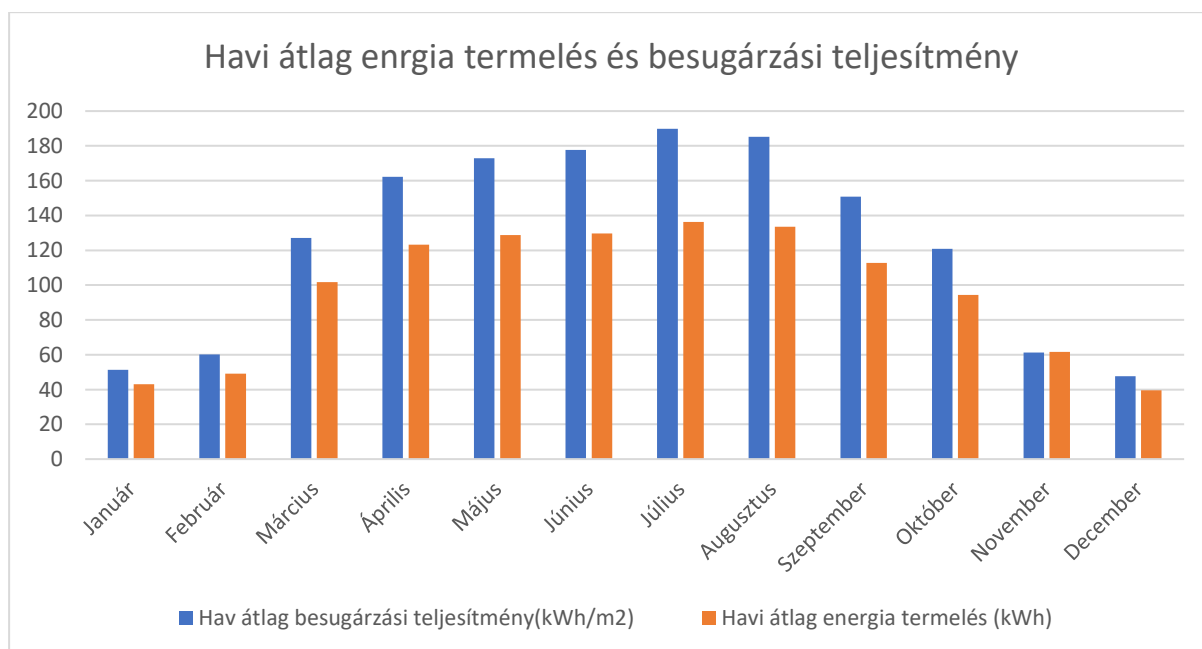
3.2-2. ábra

A szoftver megmutatja a napi, havi átlag villamosenergia termelést, és még a besugárzási energia átlag mennyiségét is. Táblázatos és grafikonos megjelenítésben is. Ezen adatokat ki lehet exportálni .csv formátumba.



Hónapok	Havi átlag besugárzási teljesítmény(kWh/m ²)	Havi átlag energia-termelés (kWh)
Január	51.41	43.0
Február	60.2	49.17
Március	127.1	101.63
Április	162.3	123.32
Május	172.9	128.68
Június	177.7	129.76
Július	189.9	136.38
Augusztus	185.3	133.6
Szeptember	150.8	112.75
Október	120.8	94.41
November	61.2	61.21
December	47,7	39.51
Éves	1520.99	1153.41

3.2-3. ábra



3.2-4. ábra

Az éves energiatermelés 1153,41 KWh lehet ezen a földrajzi helyen, ha 1 kWp teljesítményű rendszert telepítünk. [4] [5]



3.3. Árnyék hatása a napelemtáblára:

A napelemes rendszerek működését nagyban befolyásolják az egyéb tárgyak árnyékai, amik a táblákra vetülnek, vetülhetnek. Ezek lehetnek tartós és részleges árnyékok.

*„Az **árnyék** egy megvilágított, át nem látszó test mögött a fény egyenes vonalú terjedése miatt keletkező fénymentes, sötét térrész. Alakja és nagysága függ a megvilágított test és a fényforrás alakjától. Amennyiben a fényforrás nem pontszerű, az árnyék nem egyenletes: magjába továbbra sem jut fény, míg máshová a fényforrás felületének egy részéről érkeznek fénysugarak.”¹*

A szabadlevegőn lévő objektumok árnyék helyzete a Nap állásától függ. A besugárzás irányból nézve a napelem táblák előtt lévő tárgyak árnyéka a napelemekre vetődnek le. A napelemes rendszerek soros és párhuzamos csatlakozásokkal, sőt az egyes napelem táblákban lévő cellák is, ezért fontos, hogy a tárgy mekkora részre vetít árnyékot. Az árnyék megváltoztatja akár teljesen vagy időszakosan az általa felépített rendszer szimmetriáját.

Árnyék hatása:

a) Kedvező hatások:

- Hőmérséklet terhelés csökkenti
- Negatív hőmérsékleti együttható miatt hozamnövekedést okozhat alacsonyabb hőmérsékleten, különleges esetekben

b) Hátrányos hatások:

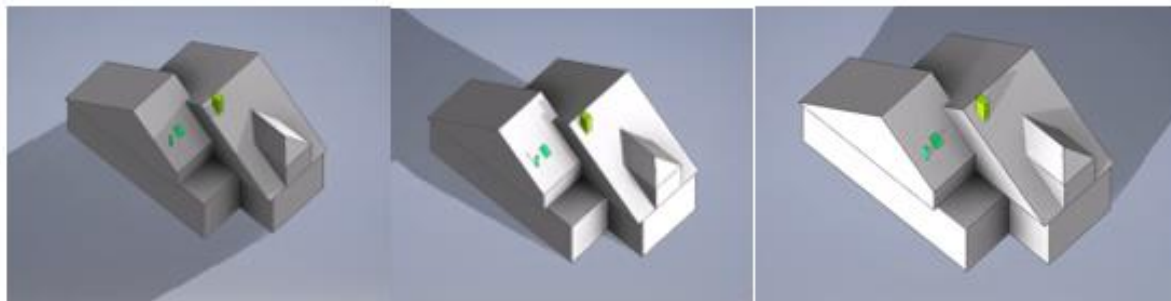
- Energiahozam csökkenés, mert a besugárzási energia csökken
- A napelemekre vetülő árnyék villamos aszimmetriát okoz

Az árnyék negatív hatásai miatt fontos megvizsgálni, hogy napelemekre vetül-e árnyék. [7]

Ezért 3D tervező szoftverben (inventor) a házat lemodelleztem és megnéztem, hogy milyen árnyékoló hatások vannak a tetőszerkezeten és ezek a

¹ [https://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81rny%C3%A9k_\(optikai_jel%C3%A9s%C3%A9s\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81rny%C3%A9k_(optikai_jel%C3%A9s%C3%A9s))

nap mozgásából hogyan mozognak, hogyan árnyékolják be a tetőszerkezetet. (3.3-1 ábra)



3.3-1. ábra

Árnyékot képző tárgyak a tervezet rendszer építményén (3.3-1. ábra):

- Kémény
- az „eltolt” tetőszerkezet
- Áramszolgáltató légkabel bevezetésére szolgáló rúd
- Kiugró ablak szerkezet

Az ábrán meg van jelenítve, reggeli, déli és esti napsütésben az árnyékok vetülése a tetőre. Ahogy a nap bejárja égi útját keletről nyugatra, lehet látni a szimuláción, hogy szinte mindig van árnyékos terület a tetőn. Körülbelül a délután egy órakor van a legkevesebb árnyékos rész.

Átgondolandó, hogy milyen megoldásokkal tudnánk a maximális hozamot kinyerni a rendszerből.

Lehetséges megoldások:

- Több string, inverter alkalmazása, mikro inverterek. Minden napelem modul saját invertet használna
- Osztott napelem modul alkalmazása, 2 független részre van osztva a tábla
- Teljesítményoptimalizáló használata, lényegében egy lebutított inverter, a napelemtáblával sorban van kötve és az optimalizálók vannak sorba kötve.
- Smart napelem használata, a cellasor optimalizálás amikor a napelemtáblába van építve több, 3 db optimalizáló, ami a cellasorokat külön-külön a maximum MPPT-re állítja be. [8]



4. RENDSZER ELEMEINEK KIVÁLASZTÁSA

Továbbikában szeretném bemutatni az általam tervezendő rendszer egyes elemeinek kiválasztását, méretezését.

4.1. Napelem kiválasztása:

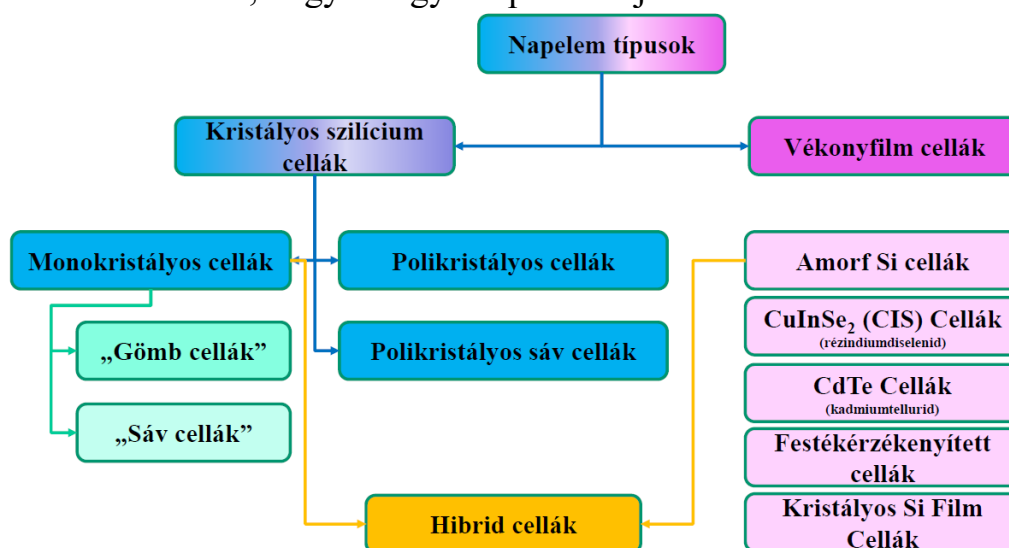
4.1.1. Napelem, photovoltaikus elem

Olyan szilárd test eszköz, amely az elektromágneses sugárzást (napenergiát) közvetlenül villamos energiává alakítja.

Lényegében ez egy p-n átmenet, egy olyan dióda melyben n- típusú és egy p- típusú félvezetőből áll. Az elektromágneses sugárzás fotonjai az energia átadás folyamán az elektronokat a vezetési sávba „ugrasztja”, és ezen elektronok szabad elektronokká válnak, amelyek rendezett mozgása az elektromos áram. Különböző szennyezésekkel a kristályokat elektron többlet (n-típus), vagy elektron hiányt (p-típus) idézhetünk elő. [9]

Alapanyag, és gyártási technológia tekintetében rengeteg típust tudunk a napelem elemekből megkülönböztetni. Egyik legfontosabb jellemzőjük a hatásfok, amely alapján osztályozzák őket. Jelen pillanatban ez az érték típusonként eltérő és 5%- 50% között mozognak. A magas hatásfokú napelemeket főként az űrtechnológiában használják 40% felet pl. GaAs.

Az 4.1-1 ábrán látunk egy Napelem típus felosztást típus szerint. A 2 mellékletben látható, hogy az egyes típusok fejlődését a hatásfok tekintetében.



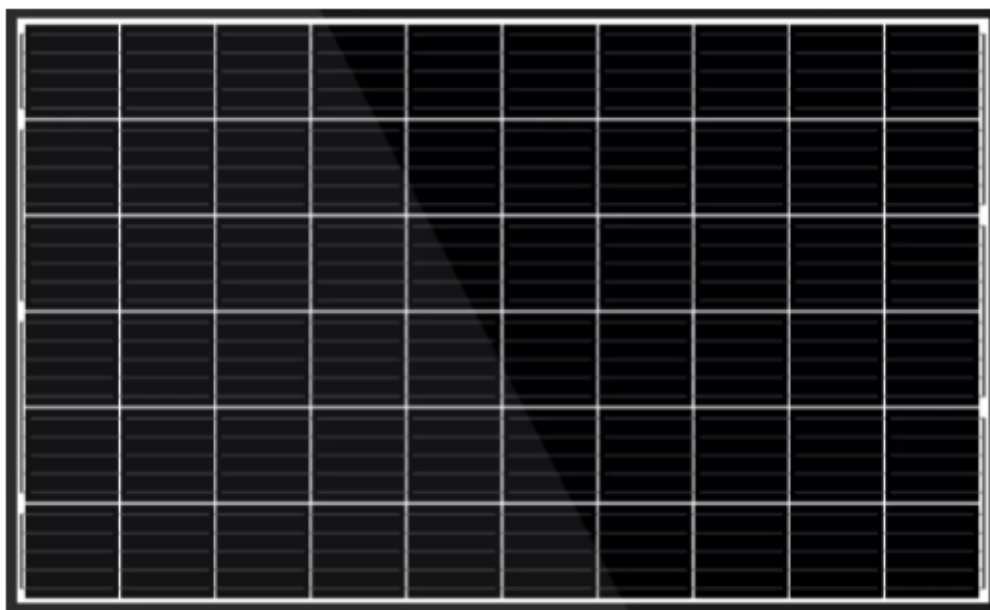
4.1-1. ábra



Az egyes technológiákat folyamatosan fejlesztik a jobb hatásfok elérése érdekében, és a területen folyamatos kutatás van új anyagok létrehozására. A közéletben legjobban elterjed napelem típus a szilícium alapú. Vegyjele az SI. Ezek közül is a monokristályos és a polykristályos technológia a legelterjedtebb. Ennek az oka, hogy a félvezető gyártásban a szilícium alapú technológia több évtizedes múltra tekint vissza és a gyártás technológiája sok esetben nagyon hasonló. Nem kellett új dolgokat kifejleszteni, hanem a meglévő technológiákba beilleszthető.

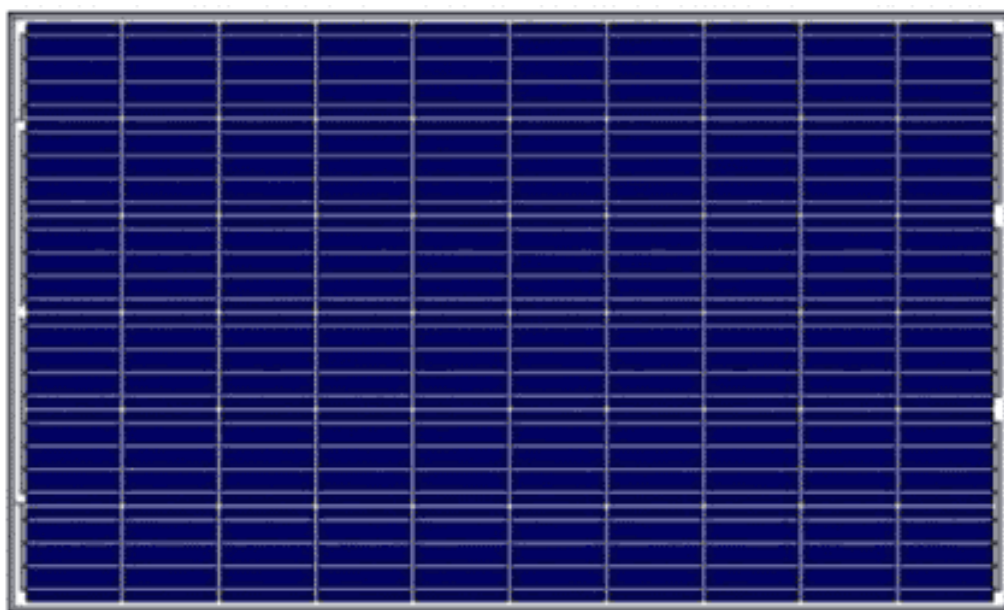
Az egyes napelemtípusok már a megjelenésükben is megkülönböztethetőek.

A monokristályos napelemek (4.1-2 ábra) hatásfoka 14%-20% között mozog, az értékük az egyes gyártóktól függ. Teljesítményben magasabbak, mint a polykristályos napelemeké. A folyamatos fejlesztésnek köszönhetően az egyes modulok teljesítménye már az 500 W_p közelíti. Erre a napelem fajtára jellemző, hogy érzékenyebb a tájolásra és a dőlésszögre. A legjobb teljesítmény tiszta napfényes időben tudja leadni. A cellák elkészítéséhez a az monokristályt olvadt szilícium folyadékból egy henger alakú tömböt húznak. Színe fekete.



4.1-2. ábra

A ploykristályos napelemek (4.1-3 ábra) hatásfoka 13-18% körül mozog. Kevésbé érzékeny a tiszta napsütésre, szórt napfényben is kiválóan működik. A szilíciumot egy négyzet alakú tömbbe öntik ki, és a szilícium több kristályban dermed meg. Színe kékes, és az egyes cellák négyzet alakúak.



4.1-3. ábra

4.1.2. Napelem kiválasztása

A piacon jelen pillanatban több száz napelemtípus található meg. A kiválasztásuk elég nehézkes és ezért szabályokat kell hoznunk, hogy mi alapján választjuk ki az egyes elemeket, annak érdekében hogy a projekt a lehető legsikeresebb legyen.

Ezek szempontok lehetnek:

- egységnyi területre a legnagyobb teljesítmény
- beruházási költség
- esztétikai szempont
- fény viszonyok
- megrendelő egyedi igénye
- stb.



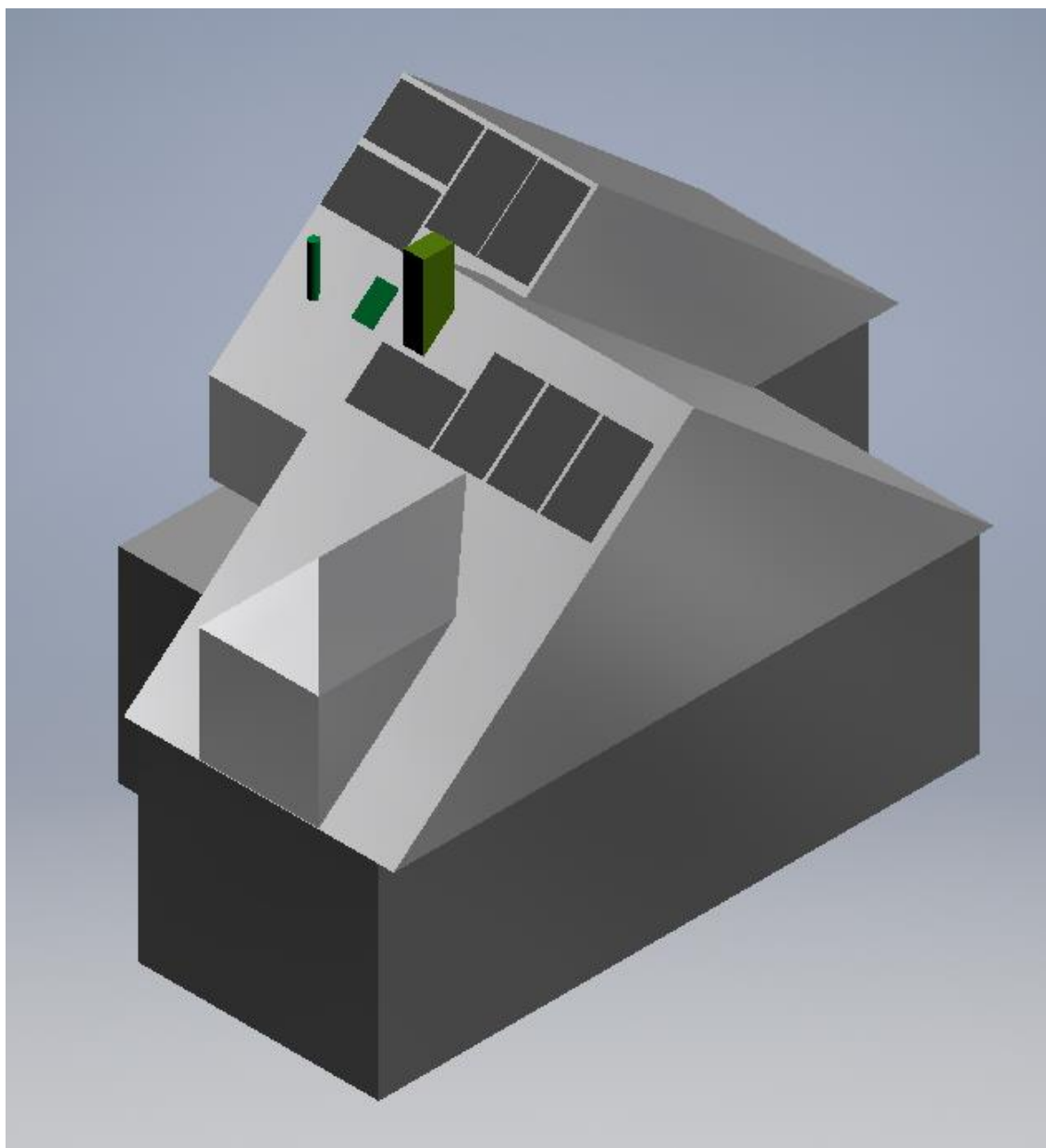
A választásom a Serphim Maxim Smart 310W monokristályos napelemre esett. (A teljes adatlap a 3. számú mellékletben megtalálható.)

Legfontosabb adatok:

<i>Névleges teljesítmény</i>	310 W (STC)
<i>Teljesítmény tolerancia</i>	-0/+5 W (pozitív teljesítménygarancia)
<i>Általános termékgarancia</i>	15 év
<i>Teljesítménygarancia</i>	25 év/83,1%, lineáris
<i>Üresjáratú feszültség (V_{oc})</i>	40,2 V
<i>Névleges feszültség (V_{mp})</i>	32,6 V
<i>Rövidzárási áram (I_{cs})</i>	9,82 A
<i>Névleges áramerősség (I_{mp})</i>	9,51 A
<i>Modul hatásfok</i>	18,94%
<i>I_{sc} hőmérsékleti együttható</i>	+0,05 %/°C
<i>V_{oc} hőmérsékleti együttható</i>	-0,28 %/°C
<i>P_{mp} hőmérsékleti együttható</i>	-0,36 %/°C
<i>Üzemi hőmérséklet</i>	-40 C-tól +85 C-ig
<i>Maximális rendszer feszültség</i>	1500 V DC
<i>Maximális terhelhetőség előlről</i>	5400 Pa (hó)
<i>Cellák száma</i>	60 db (6×20)
<i>Méret</i>	1665 x 1002 x 35 mm
<i>Súly</i>	18,5 kg
<i>Kábel</i>	4 mm ² , hossza 1000 mm
<i>Csatlakozó</i>	MC4 kompatibilis

Indokaim között a legerősebben a családi ház felépítéséből adódó és a 3.3 fejezetben kifejtett árnyék hatás teljesítmény csökkenés kiküszöbölése a legfőbb érvem.

Megpróbáltam a napelemmodulokat a tetőre úgy elhelyezni, hogy minél kevesebb árnyék vetüljön rá tetőn lévő tárgyakról. Egy lehetséges elosztás 4.1. -4 ábra:



4.1-4. ábra



Napelem darabszám meghatározása a 3.2 fejezetben kiszámolt 1 kW rendszer éves energiatermelés és az éves felhasznált energia hányadosából számítható a következő képen.

Először meghatározzuk mekkora rendszerre van szükségünk, hogy a felhasznált energiát meg tudjuk termelni:

$$\text{Rendszer teljesítmény} = \frac{\text{Fogyasztott energia}}{\text{Energia termelés}} * 1\text{kWp}$$

Adatokat behelyettesítve:

$$1\text{kWp} * \frac{3000\text{kWh}}{1153,41\text{ KWh}} = 2,6\text{ kWp}$$

A szükséges rendszer teljesítménye 2,6 kWp lett. [5]
Ebből az adatból kiszámítható és a napelem maximális teljesítményéből ki-számolható mennyi napelem modulra van szükségünk.

$$\frac{2,6\text{kWp}}{310\text{Wp}} = 8,38\text{ db}$$

Összesen 8.38 db napelem modulra lenne szükségünk, hogy a megtermelt energia 100%-ban fedezze az általunk elfogyasztott energiát. Sajnos csak egész napelemeket gyártanak és árulnak. A továbbiakban a darabszámot lefele kerekítem és 8 db modullal fogok számolni. [5]

A napelem modulok szervezése, elektromos kötése a kiválasztott inverter tulajdonságaitól függ. A modulokat lehet sorba és párhuzamosan felfűzni egymáshoz képest. ezek egy modulsort (stringet) alkotnak. A stringeket is lehet sorba és párhuzamosan kötni.

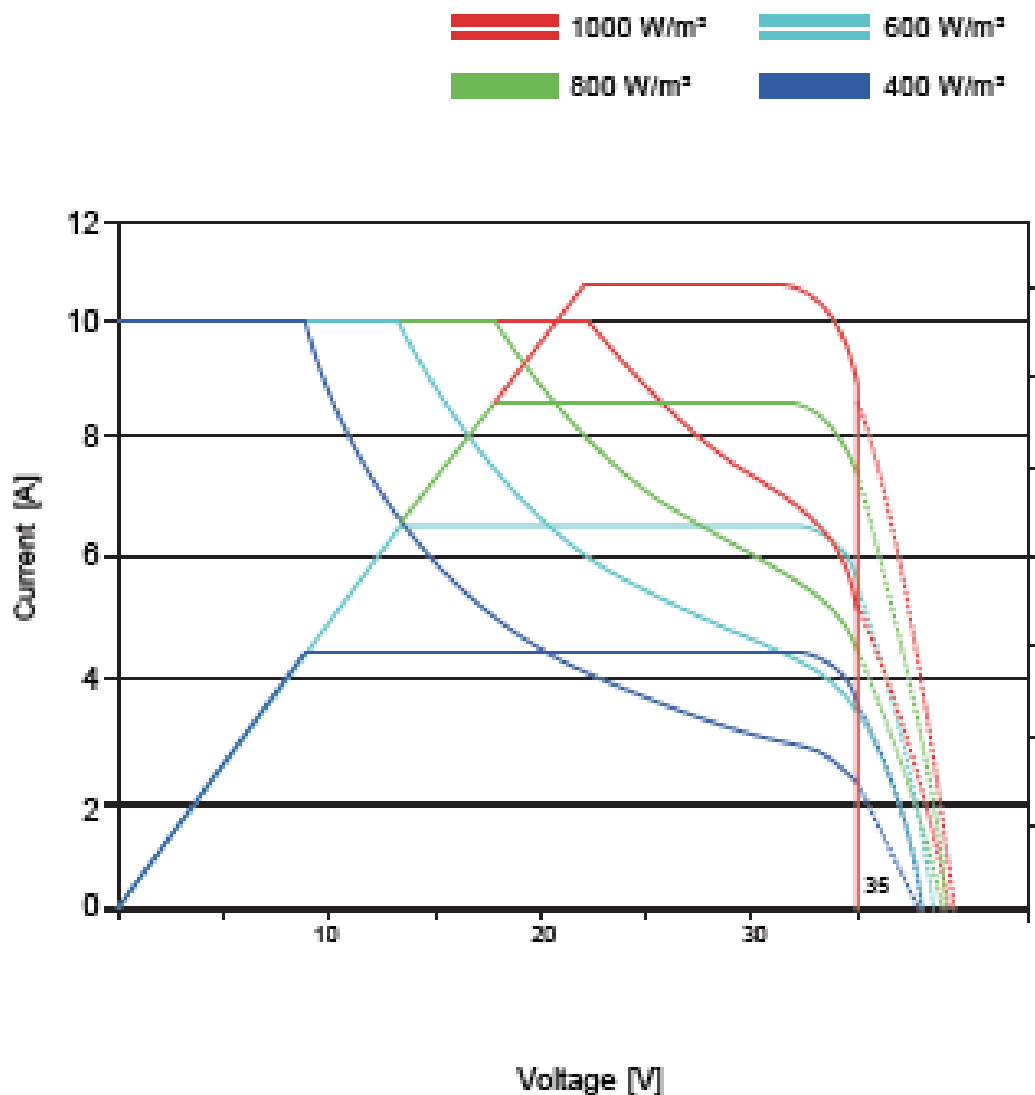


Jelen helyzetben az egyes modulokat sorba kötjük és így alkotnak egy modulsort. A soros kötés miatt a névleges áram és a rövidzárási áram nem változik, az üresjárási és a névleges (munkaponti) feszültségek összeadódnak.

String üresjárási feszültsége: $U_{oc} = 8 \cdot 40,2V = 321,6V$

String névleges feszültsége: $U_{mp} = 8 \cdot 32,6V = 260,8V$

A napelemeket különböző helyekre telepítik, és ezért különböző környezeti hatások érik. Ezen hatások nagyban befolyásolják a modul működési paramétereit. (4.1. -5 ábra megtalálható a 3. mellékletben megtalálható)



4.1-5. ábra



A tervezés folyamán, ezért erre figyelniünk kell és számolnunk kell ezen változásokkal.

Minden gyártó cég az IEC 61215 szabvány szerint teszteli az eszközeit.

E szabvány megmondja milyen, hogy milyen környezeti paraméterek között, hogyan kell mérni a napelem modulokat.

A villamos paramétereket, az STC (Standart Test Conditions – Szabványos vizsgálati feltételek) szerint adják meg a gyártók.

Ezen teszt adatok:

- Hőmérséklet $T_{\text{modul}} = 25^{\circ}\text{C}$,
- Besugárzási teljesítmény $I_{\text{rr}} = 1000\text{W/m}^2$
- Légtér tisztasági tényező $\text{AM}=1.5$

Magyarországon a földfelszint elérő a besugárzott teljesítmény $I_{\text{rr}} = 800\text{W/m}^2$. [14], így a napelem modul soha nem tudja az adatlapon meghatározott teljesítményt leadni. Normál üzemi hőmérséklete a maximum teljesítmény, amit a modul le tud adni:

$$P_{\text{max}}^{\text{NOTC}} = P_{\text{mp}} + (P_{\text{mp}} * TC_{P_{\text{mp}}} * \Delta T)$$

$$P_{\text{max}}^{\text{NOTC}} = 310 + (310 * -0,0036 * 20) = 287,78\text{W}$$

A rendszerünk megtervezéséhez szükséges számolni a hőmérsékleti együtthatóval, amit a gyártó a napelem modul adattábláján megad.

Modul üresjáratú feszültsége -40°C -on:

$$U_{\text{oc}}^{T=-40^{\circ}\text{C}} = U_{\text{oc}} - (U_{\text{oc}} * T_{V_{\text{oc}}} * \Delta T)$$

$$U_{\text{oc}}^{T=-40^{\circ}\text{C}} = 40,2 - (40,2 * -0,0028 * -65) = 47,51\text{V}$$

String üresjáratú feszültsége -40°C -on:

$$U_{\text{oc}}^{T=-40^{\circ}\text{C}} = 8 * 47,51\text{V} = 380,13\text{V}$$

Modul üresjáratú feszültsége 85°C -on:

$$U_{\text{mp}}^{T=85^{\circ}\text{C}} = U_{\text{oc}} + (U_{\text{oc}} * T_{V_{\text{oc}}} * \Delta T)$$



$$U_{mp}^{T=85^{\circ}\text{C}} = 32,6 + (32,6 * -0,0028 * 60) = 27,12\text{V}$$

String üresjáratú feszültsége 85 °C-on:

$$U_{mp}^{T=85^{\circ}\text{C}} = 8 * 27,12\text{V} = 216,985\text{V}$$

Modul rövidzárási árama 85 °C-on:

$$I_{sc}^{T=85^{\circ}\text{C}} = I_{sc} + (I_{sc} * TC_{Isc} * \Delta T)$$

$$I_{sc}^{T=85^{\circ}\text{C}} = 9,82 + (9,82 * 0,0005 * 60) = 10,11\text{A}$$

Modul rövidzárási árama -40°C-on:

$$I_{sc}^{T=85^{\circ}\text{C}} = I_{sc} + (I_{sc} * TC_{Isc} * \Delta T)$$

$$I_{sc}^{T=85^{\circ}\text{C}} = 9,82 + (9,82 * 0,0005 * -65) = 9,5\text{A}$$

A számításokból azt a következtetést lehet levonni, hogy az üresjárási és a munkaponti feszültség érzékenyebb a hőmérsékletváltozásra, mint a rövidzárási áram. [5]

4.2. Tartószerkezet kiválasztása

A napelemek modulok tetőhöz való rögzítéséhez én az S: FELX termékeit választom. Kifejezetten a napelem szereléséhez, rögzítéséhez vannak kifejlesztve ezek az elemek.

Többféle tetőszerkezethez is kínálnak megfelelő rögzítő elemeket.

A családi ház tetősszerkezetét cserép borítja, ezért az ehhez tartó rögzítő elemekre van szükség (5.melléklet).

Előnye [10]:

- Alacsony felületterhelés
- Rögzítés, a tető átfúrása nélkül is lehetséges
- Gyártói garancia 10 év
- Akadálymentes tudja az eső vizet elvezetni
- 100% alumínium anyagösszetétel



4.3. Invert kiválasztása

Az inverter az a része a rendszernek, amellyel a napelem modulok által megtermelt egyen áramot átalakítja a váltakozó árammá, mellyel az elektromos energiát használó tárgyainkat tudjuk üzemeltetni, és/vagy a megtermelt plusz energiát a hálózatra szinkronizálva tudunk termelni.

Az invertereknek van egy MPPT (Maximum Power Point Tracker) egysége, amely a napelemek munkapontját követi, szabályozza a maximum kinyerhető energiát.

A választott inverternek szerepelnie kell az E.ON által engedélyezett inverterek között.

Ezek az inverterek megfelelnek a következő szabványoknak [12]:

- MSZ-EN 62109-1: Fotovillamos (PV) energetikai rendszerek teljesítmény-átalakítóinak biztonsága. 1. rész
- MSZ-EN 62109-2: Fotovillamos (PV) energetikai rendszerek teljesítmény-átalakítóinak biztonsága. 2. rész:
- MSZ-EN 61000-6: Elektromágneses összeférhetőség (EMC).
- MSZ-EN 62116: Közcélú hálózatra kapcsolt fotovillamos átalakítók. Szigetképződés-gátló intézkedések vizsgálati eljárása
- MSZ-EN 50438 vagy MSZ-EN 50549 Kis áramfejlesztő telepek kisfeszültségű közcélú elosztó hálózatokra való párhuzamos csatlakoztatásának követelményei

Minden kisfeszültségű hálózatra csatlakozó elemnek teljesítenie kell a 23/2016. (VII.7.) NGM rendelet előírásait. [11]

2021.04.30. napja után a 2,5 kVA feletti HMKE igénybejelentés és csatlakozás kizárólag háromfázisú csatlakoztatással megengedett.

HMKE-nél a fázis aszimmetria maximum 2,5 kVA lehet, ha több inverterből van kialakítva a háromfázisú rendszer. [11]



Elosztó hálózati engedélyes (EON) által javasolt védelmi beállítások: [11]

- Feszültségcsökkenési védelem $U_n - 0,7U_n$
javasolt beállítás: $0,8 U_n/5 \text{ min}$
- Feszültségnövekedési védelem $U_n - 1,15U_n$
javasolt beállítás: $1,1 U_n/1 \text{ min}$
- Frekvencianövekedési védelem $50 \text{ Hz} - 52 \text{ Hz}$
javasolt beállítás: $50,2 \text{ Hz}/10 \text{ s}$
- Frekvenciacsökkenési védelem $48 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz}$
javasolt beállítás: $49,8 \text{ Hz}/10 \text{ s}$
- Hálózatra kapcsolódás késleltetése $30 \text{ s} - 300 \text{ s}$
javasolt beállítás: 300 s
- Egyenáramú védelem javasolt beállítás: $3 \text{ A}/5 \text{ s}$

Választásom a Fronius cég által forgalmazott Fronius Symo 3.0-3 M light típusára esett. A cég a 20. század vége óta a jelen van napelem piacon, ami számomra megnyugtató, mert ezek a termékek nagy valószínűséggel megfelelő a minőségűek. A választott típus adatlapját (6. melléklet) megnézve, az előző fejezetben számolt feszültség és áram értékeknek is megfelel. Legfontosabb inverter adatok (4.1.2-1. táblázat):

Maximális DC teljesítmény (W)	3125
Max. bemeneti áram (A)	16
Min. bemeneti feszültség (V)	150
Startfeszültség (V)	200
Névleges bemeneti feszültség (V)	595
Max. bemeneti feszültség (V)	1000
MPP feszültségtartomány (V)	150-800
MPP tracker szám (db)	2
DC bementek száma (db)	2+2
Névleges AC teljesítmény (W)	3000
Max. kimeneti áram (A)	4,8
Hálózatra kapcsolódás	3-NPE 400/230 V
Min. kimeneti feszültség (V)	184
Max. kimeneti feszültség (V)	264
Súly (kg)	19,9
Védettség	IP65
Inverter koncepció	transzformátor nélküli
Megengedett páratartalom (%)	0 - 100

4.1.2-2. táblázat



4.4. Kábelek kiválasztása

A napelemek megjelenésével egyidőben megjelentek a hozzávaló szolár kábelek, ezek a kötik össze villamosan a napelem modulokat és az invertert. A szolár kábeleknek gyártás technológiája nem igazán tér el a normál kábelgyártástól. Fontos, hogy szolár kábeleket kültéren használjuk, ezért a környezeti hatásoknak ellenállóknak kell lenniük.

Szolár kábelek legfőbb jellemzői [13]:

- Magas hőmérséklettűrési tartomány ($-40 \dots +90$ °C).
- UV állóság.
- $U_{\max}^{\text{DC}} = 1,8$ kV (kiviteltől függően), kiváló mechanikai szilárdság.
- Időjárás és vegyszer állóság (sós víz, pára, savas eső stb.).
- Kettős szigetelés.
- Lángállóság, amely megfelel a MSZ EN 60332-1-2:2004/A1:2016 szabványban leírtaknak.

A választásom a LAPP cég által gyártott H1Z2Z2-K, optimized version típusú kábelre esett (7. melléklet). Mivel a napelem modul gyártó cég 4 mm^2 keresztmetszetű kábelkivezetéssel gyártja a modulját, ezért én azt javaslom, hogy az egyenáramú keresztmetszete is ugyan ez legyen. Természetesen ellenőrizni kell, hogy megfelelő-e feszültség esésre és teljesítmény veszteségre a kiválasztott kábel típus.

4.4.1. Egyenáramú oldali kábel méretezése:

- Mértékadó feszültségesés az egyenáramú vezetőkben e_{DC}'
- Megengedett feszültségesés százalékos értéke $\varepsilon = 1\%$ határozom meg
- A napelem legnagyobb teljesítményéhez tartozó feszültsége $U_{mp} = 260,8\text{V}$
- Vezető hossza $l = 25\text{m}$
- Réz fajlagos ellenállása $\rho = \frac{1}{56} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$
- A napelem legnagyobb teljesítményéhez tartozó áram $I_{mp} = 9,51\text{A}$



Mértékadó feszültségesésre:

$$e'_{DC} = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_{mp}}{2}$$

$$e'_{DC} = \frac{1}{100} * \frac{260,8}{2} = 1,3V$$

DC kábel keresztmetszet számítás:

$$A = \frac{\rho}{e'_{DC}} I_{mp} * l$$

$$A = \frac{1}{56 * 1,3} 9,51 * 25 = 3,26 \text{ mm}^2$$

A DC oldali kábel keresztmetszete feszültség esésre 3,26 mm², az általunk választott 4 mm² kábel keresztmetszet megfelelő. Továbbiakban ellenőrzöm teljesítményvesztésre is a kábel kereszt metszetét.

- Maximum teljesítményvesztésre $\alpha = 1\%$ határozok meg.
- Maximális teljesítmény $P_{\max} = 2480W$

Mértékadó teljesítmény vesztesre:

$$v'_{DC} = \frac{\alpha}{100} * \frac{P_{\max}}{2}$$

$$v'_{DC} = \frac{1}{100} * \frac{2480}{2} = 12,4W$$

DC kábel keresztmetszet számítás:

$$A = \frac{\rho}{v'_{DC}} I_{mp}^2 * l$$

$$A = \frac{1}{56 * 12,4} 9,51^2 * 25 = 3,25 \text{ mm}^2$$



Teljesítmény veszteségre számolva a kábel keresztmetszetet $3,25\text{mm}^2$ jött ki, tehát az előzőekben meghatározott 4mm^2 keresztmetszetű kábel megfelelő választás.



4.4-1. ábra

4.4.2. Váltakozó oldali kábel méretezése

Természetes váltakozó oldalú kábel keresztmetszetét is szükséges méreteznem.

A következő adatokkal számolok:

- Mértékadó feszültségesés a váltakozóáramú vezetőkben $e_{AC'}$
- Megengedett feszültségesés százalékos értéke $\varepsilon = 1\%$ határozom meg
- A rendszer névleges feszültsége $U_n = 400\text{V}$
- Vezető hossza $l = 3\text{m}$
- Réz fajlagos ellenállása $\rho = \frac{1}{56} \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$
- A napelem legnagyobb teljesítményéhez tartozó áram $I_{\max} = 4,8\text{A}$
- Inverter maximális teljesítménye $P_{\max} = 3\text{kW}$



Mértékadó feszültségesésre:

$$e'_{AC} = \frac{\varepsilon}{100} * \frac{U_n}{\sqrt{3}}$$

$$e'_{AC} = \frac{1}{100} * \frac{400}{\sqrt{3}} = 2,1 \text{ V}$$

AC kábel keresztmetszet számítás:

$$A = \frac{\rho}{e'_{AC}} I_{mp} * l$$

$$A = \frac{1}{56 * 2,1} 4,8 * 3 = 0,122 \text{ mm}^2$$

Az eredményül kapott keresztmetszetet rendkívül kicsi, de nem is vártunk sokkal nagyobb, mert a távolság, amit át kell hidalni is rendkívül rövid, 3 méter. Ehhez a legközelebb eső szabványos méret az 1,5 mm² keresztmetszetű kábel. Mindenképpen szükséges teljesítmény veszteségre is ellenőrizni a kábelt, hogy megfelelő-e?!

- Maximum teljesítményvesztésre $\alpha = 1\%$ határozok meg.
- Maximális teljesítmény $P_{\max} = 3000 \text{ W}$

Mértékadó teljesítmény vesztesre:

$$v'_{DC} = \frac{\alpha}{100} * \frac{P_{\max}}{3}$$

$$v'_{DC} = \frac{1}{100} * \frac{3000}{3} = 10 \text{ W}$$



AC kábel keresztmetszet számítás:

$$A = \frac{\rho}{v'_{DC}} I_{mp}^2 * l$$

$$A = \frac{1}{56 * 10} 4,8^2 * 3 = 0,123 \text{ mm}^2$$

Teljesítmény veszteségre számolva a kábel keresztmetszetet 0,123 mm² számoltam ki, tehát a feszültségcsökkentésre méretezett kábel előzőekben meghatározott 1,5 mm² keresztmetszetű kábel megfelelő választás. Viszont az inverter gyártó előírja a lehetséges csatlakozást, ami 5x2,5mm² – 16 mm² között lehet. Ezért a választásom a FG7OR 5x2.5 típusra esett.

4.4.3. Védővezető kiválasztása:

A védővezetőt az MSZ HD 60364-5-54:2012 szabvány alapján választottam ki. Így DC oldali védővezető keresztmetszete 6 mm²-nél nem lehet kisebb, amit a ház főföldelőjéhez kell kötni.

4.5. A napelemes rendszer védelmi berendezései

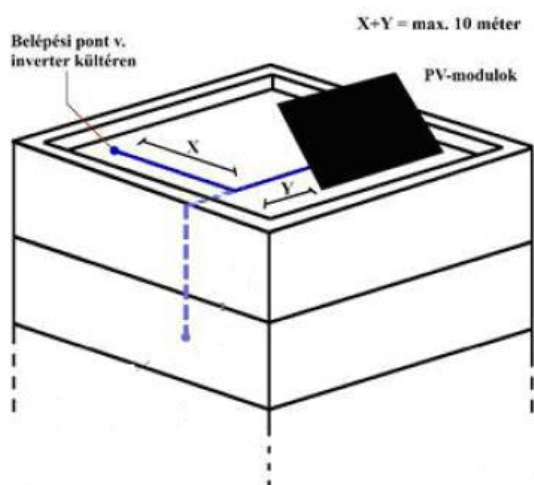
A napelemes rendszerek esetén kötelező védelmi berendezéseket telepíteni, külön az AC és külön a DC oldalra.

4.5.1.AC és DC oldali leválasztó kapcsoló

A DC oldalon a szükséges leválasztó alkalmazása, mert AC oldalon lévő hiba esetén az inverter lekapcsol, de a napelem továbbra is termel. Ezt a TvMI 6.2 fejezete is kitér. MSZ HD 60634-7-712 szabvány értelmében: „A PV-szerkezeteket az egyenáramú oldalon feszültség alatt állónak kell tekinteni még akkor is, ha a rendszer le van kapcsolva a váltakozó áramú oldalról.” Az ebből adódó kockázat csökkentése érdekében törekedni kell olyan rendszer kialakítására, melynél a DC-hálózatirész az épületen kívüli részekre korlátozódik. ² A legtöbb inverter már rendelkezik saját belső leválasztó kapcsolóval, amit a szabvány elfogad.

² TvMI 7.2:2016

DC leválasztó doboz elhelyezése szükséges, ha napelem modulok és a szabadban elhelyezett inverter két legközelebbi pontja közötti távolság a 10 métert meghaladja. Jelen esetben a távolság kisebb, mint 10 m, ezért nem szükséges egyenáramú leválasztót használni. Ettől függetlenül én a biztonság érdekében beterveztem egy Socomes Sirco MC PV 25A típusú kapcsolót.



4.5-1. ábra

AC oldalon kötelező leválasztó kapcsoló készülék beépítése, melynek feladata az üzemszerűen feszültség alatt álló berendezések leválasztása a hálózatról. Erre a feladatra az alábbi terméket egy ÁVK-val kombinált kis-megszakítót választottam a Schneider electric kínálatából ACTI9 iID B-SI osztály, 4P, 25A, 30mA

4.5.2. AC és DC oldali túláram védelem

Az AC oldalon a túláram védelmet olvadó biztosítékkal szokták megoldani, a modulsorok mind a két végén, hogy a rendszerünket megtudjuk védeni a napelem modulok meghibásodásából létrejövő zárlati áramoktól. Olvadóbiztosíték alkalmazását kettőnél több napelemmodul használatánál már kifejezetten ajánlott a beépíteni. Mivel az általam tervezett rendszer csak egy darab stringet használ, ezért nem szükséges az olvadó biztosíték beépítése. Ennek ellenére én beterveztem a rendszerbe az inverter elé telepítve. Ehhez a megfelelő biztosíték kiválasztásához tudnunk kell a rajta átfolyó áramot. A választott kábel maximum 55A-ig terhelhető. Szükséges megnézni, hogy ez kisebb zárlati áram folyik a vezetőn.



$$I_z = 1,25 * I_{sc} = 1,25 * 9,76A = 12,2A$$

DC oldalon a védelmet a következő képen kell méretezni, az olvadó biztosíték névleges áramát:

$$I_n = 1,25 * I_z = 1,25 * 12,2A = 15,25A$$

Így szükséges biztosítéknak 20A PV biztosítékot kell választani.

Az AC oldali túláram a védelemhez megnézem az inverter maximális áramát, ami 4,8 A így a Schneider electric ACTI9 iC60N, 3P, C, 6A kismegszakítóját választom.

4.5.3.AC és DC oldali túlfeszültség-védelem

„Túlfeszültség: a villamos elosztóhálózatokban, illetve berendezésekben a legnagyobb megengedett üzemi feszültség csúcsértékét meghaladó feszültség, amely nagyságától, jel alakjától vagy hullámformájától, frekvenciájától és fennállásának időtartamától függően igénybe veszi a berendezés szigetelését”³

A névleges szintet meghaladó feszültségek elvezetése a berendezésekről, eszközökről, amely lehet belső kapcsolási vagy légköri eredetű lehet, ez a túlfeszültség-védelem feladata.

Az MSZ HD 60364-4-443 szabvány szerint kötelező túlfeszültségi védelmi készülék telepítése akkor is, ha az épület nincs ellátva külső villámvédelemmel. Ebben az esetben az AC és DC oldalon is T2 típusú túlfeszültségvédelmi eszköz beépítése szükséges. AC és DC oldalra is a Phoenix Contact kínálatából választottam ki a túlfeszültség levezető eszközt.

A DC oldali kifejezetten a napelemes rendszerekhez van tervezve típusa VAL-MS 600DC-PV/2+V, az AC oldali eszköz pedig a VAL-SEC-T2-4+0-440-FM.

³ <https://www.muszeroldal.hu/measurenotes/Tulfesz.pdf>



4.5.4.AC és DC oldali hibavédelem

Az MSZ HD 60364-7-712 szabvány szerint a rendszer egyenáramú oldala folyamatosan feszültség alatt van, még készülék lekapcsolása után is. Ezért II. érintésvédelmi osztály, vagy ezzel egyenértékű szigetelés kiépítése, kialakítása szükséges. Földeletlen helyi egyenpotenciálú összekötésen alapuló védelem vagy környezet elszigetelése tilos. Mivel a modulsorok feszültsége 1000V körüli, ezért PELV és SELV védelmi mód sem alkalmazható. Az egyenáramú oldal IT rendszerű, mivel nincs közvetlenül földelt pontja és a napelemek testek védőföldeléssel vannak ellátva. Az invertebe épített szigetelési ellenállásmérő funkció a földzárlatos hibaállapotot érzékeli és lekapcsol.

A rendszer váltakozó oldalon a már kiépített érintésvédelmi módot használom, amely TN-C-S védővezetős érintésvédelmi mód.



ÖSSZEFOGLALÁS

A világunkban egyre nagyobb szerepet játszik a megújuló energiák iránti kereslet. Ezek közül is az egyik legnagyobb fejlődést az utóbbi években a napelemek területén érték el, és mind e közben a telepítésük, beruházási költségük rohamosan csökken, ezért az átlagemberek számára is elérhetővé vált. Úgy gondolom, hogy mindenkinek el kell gondolkoznia, hogy a lehetőségeihez mértén, saját megújuló energiaforrásra tegyen szert.

A dolgozatom témájának ezért választottam a HMKE tervezését. Erre az édesapám tulajdonomban lévő ingatlanra esett a választásom, ahol remélhetőleg mielőbb megvalósítható lesz az általam tervezett naperőmű.

Az első részben bemutattam a létesítendő objektumot, és a felhasznált éves villamos energiából meghatároztam, hogy minimum mekkora erőműre lenne szükség.

A következő fejezetben, egy szerintem elhanyagolt témát, az árnyékok a napelemekre gyakorolt negatív hatását vizsgáltam meg és kerestem rá használható, megfizethető megoldást.

Végezetül a rendszer védelmi berendezéseit méreteztem a szabványok szerint, hogy hiba esetén a rendszert és embereket ne érhesse végzetes kár.



SUMMARY

The demand for renewable energy is playing an increasing role in our world. One of the biggest developments in the field of solar panels has been achieved in recent years, and in the meantime their installation and investment costs are rapidly decreasing, so it has become available to the average person as well. I believe that everyone needs to think about getting their own renewable energy source to the best of their ability.

That is why I chose the design of HMKE as the topic of my dissertation. I chose this property owned by my father, where I hope the solar power plant I am planning will be feasible as soon as possible.

In the first part, I presented the object to be built and determined the minimum amount of power plant that would be needed from the annual electricity used.

In the next chapter, I examined a neglected topic, the negative effects of shadows on solar panels, and looked for a usable, affordable solution to it.

Finally, I scaled the protection equipment of the system according to the standards so that the system and people would not be fatally damaged in the event of a fault.



5. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] http://acta.bibl.u-szeged.hu/54752/1/jelenkori_012_004.pdf
Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok, (2017) XII. évfolyam, 4. szám, pp. 195-191. NAPELEM HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSÉNEK KÍSÉRLETEN ÉS SZIMULÁCIÓN ALAPULÓ VIZSGÁLATA
- [2] http://acta.bibl.u-szeged.hu/54752/1/jelenkori_012_004.pdf
- [3] <https://elmuhalozat.hu/>
- [4] https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP
- [5] <https://docplayer.hu/808728-Megujulo-energiatermelo-rendszerek-napelemes-eromuvek.html>
- [6] <https://www.eon.hu/hu/hmke/folyamat.html>
- [7] <https://www.eu-solar.hu/blog/napelemek-es-napelemes-arnyekhata-sok-eseteben/>
- [8] <http://smarnapelem.hu/maxim-solaredge-osszehasonlitas/>
- [9] Dr. Rácz Ervin Ph.D: A napelemek fizikai alapjai
- [10] <https://energo-investment.hu/napelem-tartoszerkezetek/>
- [11] <https://www.eon.hu/hu/hmke/hmke-hirek/2021-04/modosult-az-el-osztoi-szabalyzat.html>
- [12] <http://www.mszt.hu/>
- [13] <https://www.villanylap.hu/lapszamok/2013/oktober/2586-a-szolar-kabelekr>
- [14] <http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/KorFiz-II-4-napsugarzas.pdf>



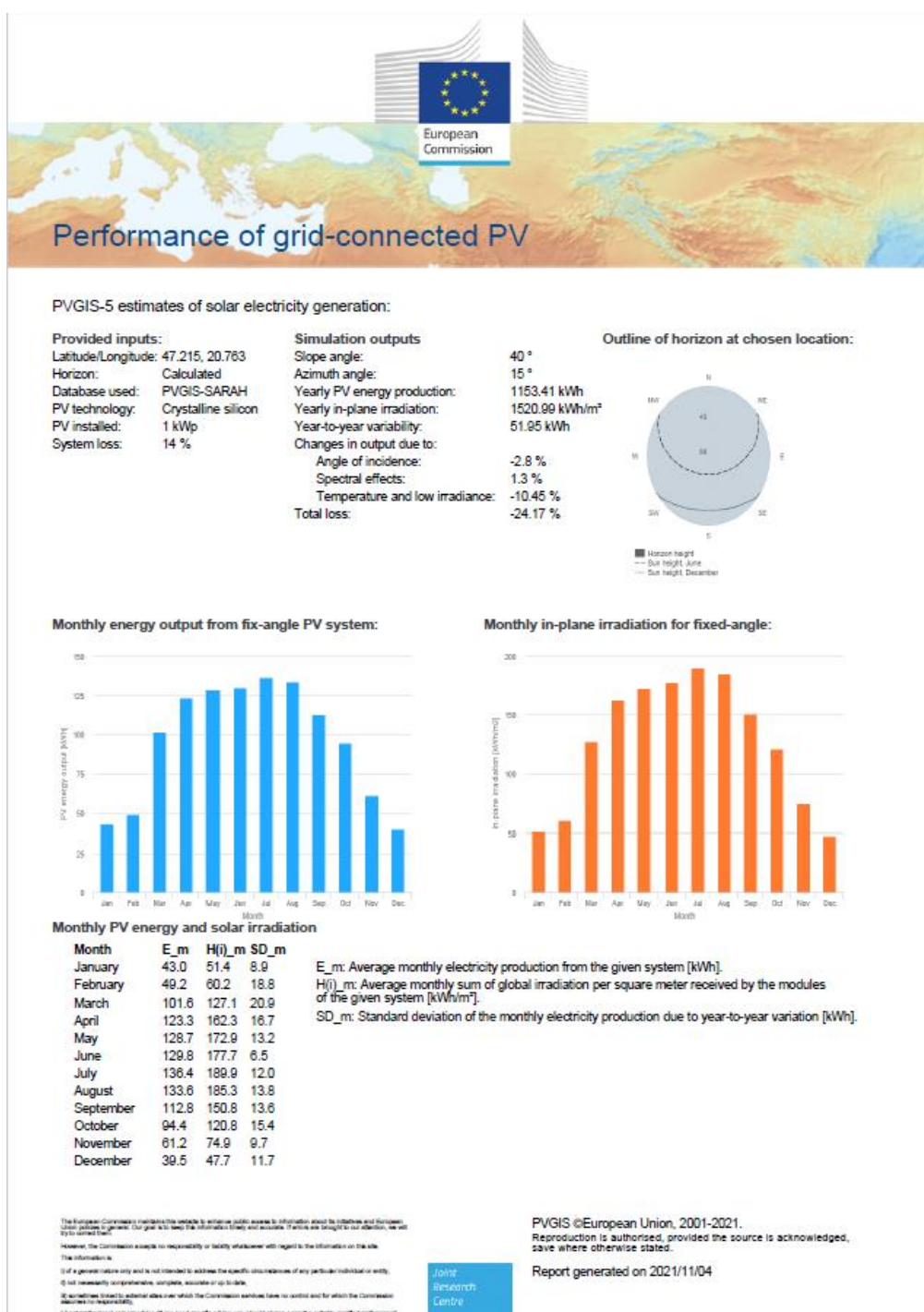
6. ÁBRAJEGYZÉK

- 1.3-1. <https://napelem.blog.hu/2017/10/20/napel>
- 2.1-1. <https://www.eon.hu/hu/hmke/tudnivalok.html>
- 3.1-1. <https://www.eu-solar.hu/blog/mennyire-szamit-hogy-milyen-tajolasu-a-hazam/>
- 3.1.2. <https://www.google.de/maps/place/Kis%C3%BAjsz%C3%A1ll%C3%A1s,+Vas+u.,+5310/@47.2155334,20.7624372,273m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x4746ceb5f2a57657:0xdc9a4bfa022ed9e!8m2!3d47.2141937!4d20.7643939?hl=hu>
- 3.1-3. <http://www.solar360.hu/napelemes-aramtermeles/>
- 4.5-1. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en
- 3.2.2. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en
- 3.2-3. Havi Energia termelés és besugárzási energia táblázat, saját táblázat
- 3.2-4. Havi Energia termelés és besugárzási energia grafikon, saját grafikon
- 3.3-1. Saját ábra
- 4.1.1-1. Dr. Rácz Ervin Ph.D: A napelemek fizikai alapjai
- 4.1.1-2 <https://nvsolar.hu/a-napelemekrol/>
- 4.1.1-3 <https://nvsolar.hu/a-napelemekrol/>
- 4.1.2-1 Saját ábra
- 4.1.2-2 https://www.tiszaenergiak.hu/letoltes/SRP-305-320-6MB_MX_EN.pdf
- 4.5-1. <https://products.lappgroup.com/online-ca>
- 4.5.4-1. TvMI



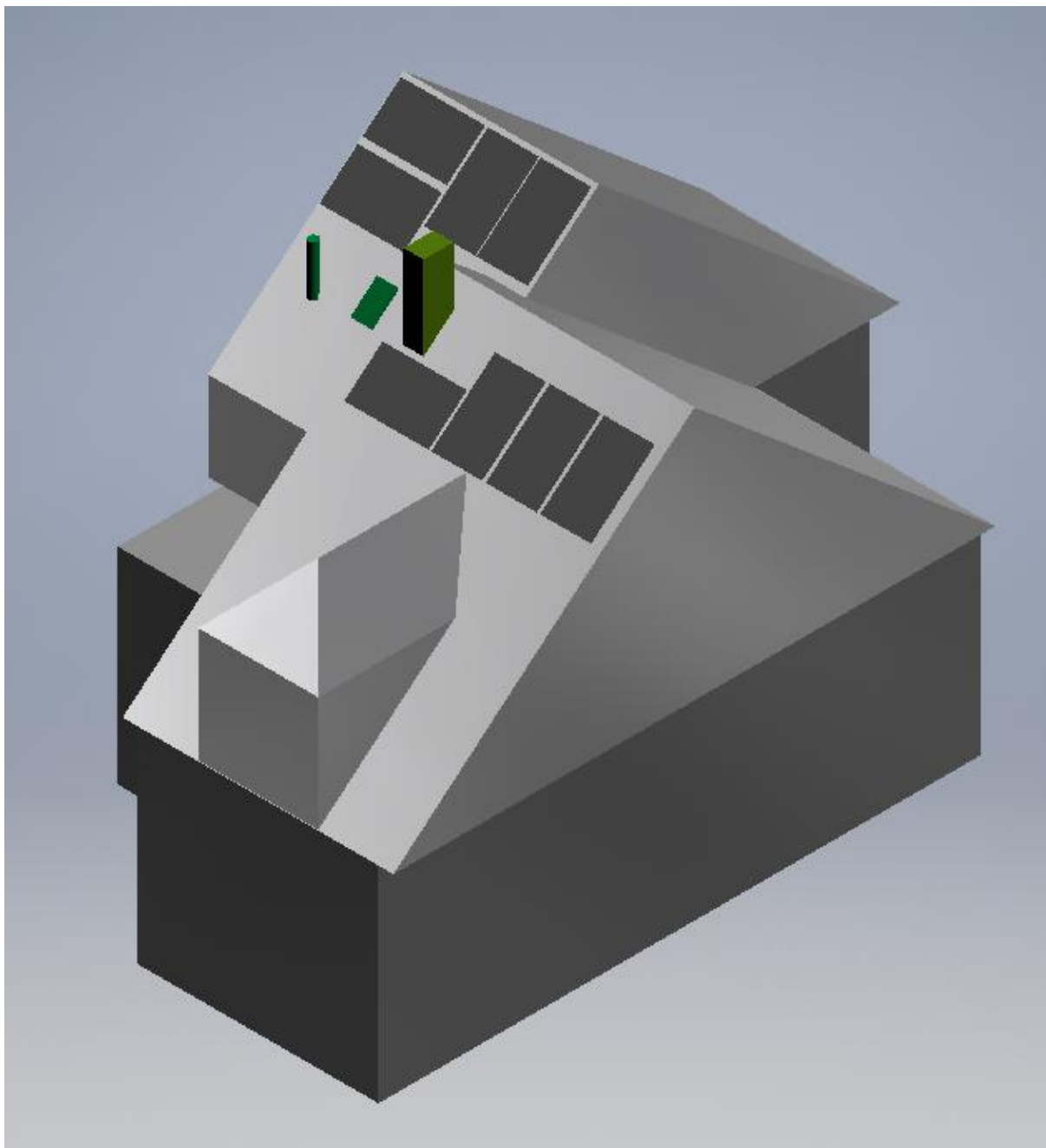
7. MELLÉKLETEK

1. melléklet: Éves energiatermelés 1kWp esetén: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP





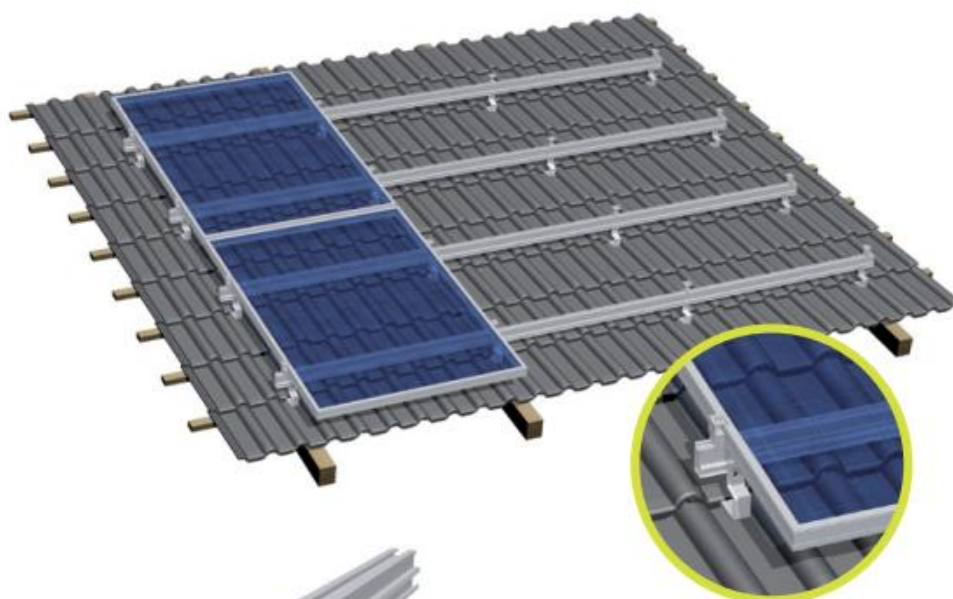
4. melléklet: napelem modulok elhelyezése a tetőn
Saját ábra.



5. melléklet: S:Flex rendszer cseréptetőhöz

https://szalontai.co.hu/actual/export/image/SFlex_Rendszermegoldasok_HU.pdf

Rendszer cseréptetőhöz
Rögzítés tetőkampóval



Szerelősin ST-AK 7/47



Síntoldó 7 SP

Végleszorító
EH AK II Klick 30-50 A



Középlezorító
MH AK II Klick 30-50 A

Tetőkampó DH Alu 93-7-45

**Felhasználás:**

Ferdetető cserépfedéssel

Rögzítés:

tetőkampóval szarufára

Tető dőlésszög:

60°-ig

Modul típusa:

keretes és keret nélküli modulok

Modul elrendezés:

álló / fekvő

Szerelősinlagen:

egyrétegű / kétrétegű, keresztín összekötéssel

Előnyök:

- napelem mező mérete szabadon választható
- állítható magasságkiegymelés: 40–58 mm tetőhéjazat szinten, 21 mm a szerelősinnél
- bármilyen szarufa távolság esetén szerelhető



6. melléklet

https://www.napelemmarket.hu/fronius_symo_3_0_3_m_light

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

FRONIUS

SHIFTING THE LIMITS

/ Maximum flexibility for the applications of tomorrow.

Icons: / FC board replacement process, / SnapInverter technology, / Integrated data communication, / SuperFlex Design, / Dynamic Peak Manager, / Smart Grid Ready

/ Boasting power categories ranging from 3.0 to 20.0 kW, the transformerless Fronius Symo is the three-phase inverter for systems of every size. Owing to the SuperFlex Design, the Fronius Symo is the perfect answer to irregularly shaped or multi-oriented roofs. The standard interface to the internet via WLAN or Ethernet and the ease of integration of third-party components make the Fronius Symo one of the most communicative inverters on the market. Furthermore, the meter interface permits dynamic feed-in management and a clear visualisation of the consumption overview.

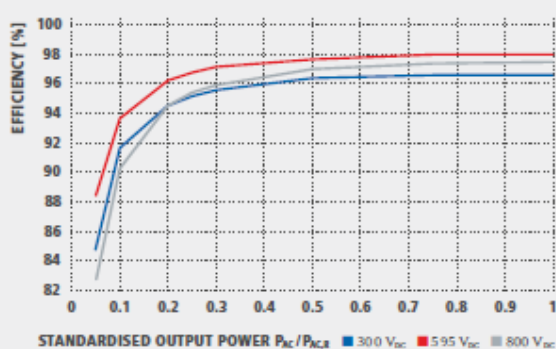
TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

INPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. input current ($I_{di \max 1} / I_{di \max 2}^{1)}$			16.0 A / 16.0 A			
Max. array short circuit current (MPP ₁ /MPP ₂ ¹⁾			24.0 A / 24.0 A			
Min. input voltage ($U_{di \min}$)			150 V			
Feed-in start voltage ($U_{di \text{ start}}$)			200 V			
Nominal input voltage ($U_{di N}$)			595 V			
Max. input voltage ($U_{di \max}$)			1,000 V			
MPP voltage range ($U_{MPP \min} - U_{MPP \max}$)	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Number MPP trackers		1			2	
Number of DC connections		3			2+2	
OUTPUT DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
AC nominal output (P_{ACN})	3,000 W	3,700 W	4,500 W	3,000 W	3,700 W	4,500 W
Max. output power	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA	3,000 VA	3,700 VA	4,500 VA
Max. output current ($I_{AC \max}$)	4.8 A	5.9 A	7.2 A	4.8 A	5.9 A	7.2 A
Grid connection (voltage range)			3-NPE 400 V / 230 V or 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frequency (Frequency range)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Total harmonic distortion			< 3 %			
Power factor ($\cos \varphi_{ACN}$)		0.70 - 1 ind. / cap.			0.85 - 1 ind. / cap.	
GENERAL DATA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensions (height x width x depth)			645 x 431 x 204 mm			
Weight		16.0 kg			19.9 kg	
Degree of protection			IP 65			
Protection class			1			
Overvoltage category (DC / AC) ²⁾			2 / 3			
Night time consumption			< 1 W			
Inverter design			Transformerless			
Cooling			Regulated air cooling			
Installation			Indoor and outdoor installation			
Ambient temperature range			-25 - +60 °C			
Permitted humidity			0 - 100 %			
Max. altitude			2,000 m / 3,400 m (unrestricted / restricted voltage range)			
DC connection technology		3x DC+ and 3x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²		4x DC+ and 4x DC- screw terminals 2.5 - 16mm ² ³⁾		
Mains connection technology		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16mm ² ³⁾		
Certificates and compliance with standards			OVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, GB3/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ¹⁾			

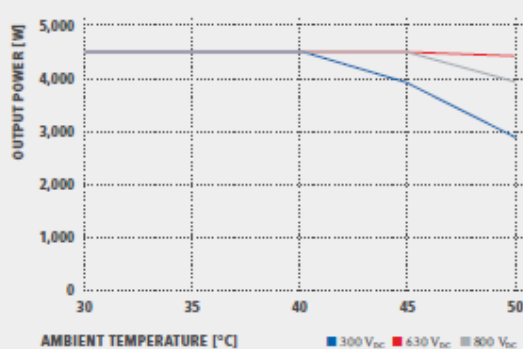
¹⁾ This applies to Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M and 4.5-3-M.
²⁾ According to IEC 62109-1.
³⁾ 16 mm² without wire end ferrules. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at www.fronius.com.



FRONIUS SYMO 4.5-3-S EFFICIENCY CURVE



FRONIUS SYMO 4.5-3-S TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

EFFICIENCY	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. efficiency	98.0 %					
European efficiency (η_{EU})	96.2 %	96.7 %	97.0 %	96.5 %	96.9 %	97.2 %
η at 5 % $P_{dca}^{1)}$	80.3 / 83.6 / 79.1 %	83.4 / 86.4 / 80.6 %	84.8 / 88.5 / 82.8 %	79.8 / 85.1 / 80.8 %	81.6 / 87.8 / 82.8 %	83.4 / 90.3 / 85.0 %
η at 10 % $P_{dca}^{1)}$	87.8 / 91.0 / 86.2 %	90.1 / 92.5 / 88.7 %	91.7 / 93.7 / 90.3 %	86.5 / 91.6 / 87.7 %	87.9 / 93.6 / 90.5 %	89.2 / 94.1 / 91.2 %
η at 20 % $P_{dca}^{1)}$	92.6 / 95.0 / 92.6 %	93.7 / 95.7 / 93.6 %	94.6 / 96.3 / 94.5 %	90.8 / 95.3 / 93.0 %	91.9 / 96.0 / 94.1 %	92.8 / 96.5 / 95.1 %
η at 25 % $P_{dca}^{1)}$	93.4 / 95.6 / 93.8 %	94.5 / 96.4 / 94.7 %	95.2 / 96.8 / 95.4 %	91.9 / 96.0 / 94.2 %	92.9 / 96.6 / 95.2 %	93.5 / 97.0 / 95.8 %
η at 30 % $P_{dca}^{1)}$	94.0 / 96.3 / 94.5 %	95.0 / 96.7 / 95.4 %	95.6 / 97.2 / 95.9 %	92.8 / 96.5 / 95.1 %	93.5 / 97.0 / 95.8 %	94.2 / 97.3 / 96.3 %
η at 50 % $P_{dca}^{1)}$	95.2 / 97.3 / 96.3 %	96.9 / 97.6 / 96.7 %	96.4 / 97.7 / 97.0 %	94.3 / 97.5 / 96.5 %	94.6 / 97.7 / 96.8 %	94.9 / 97.8 / 97.2 %
η at 75 % $P_{dca}^{1)}$	95.6 / 97.7 / 97.0 %	96.2 / 97.8 / 97.3 %	96.6 / 98.0 / 97.4 %	94.9 / 97.8 / 97.2 %	95.0 / 97.9 / 97.4 %	95.1 / 98.0 / 97.5 %
η at 100 % $P_{dca}^{1)}$	95.6 / 97.9 / 97.3 %	96.2 / 98.0 / 97.5 %	96.6 / 98.0 / 97.5 %	95.0 / 98.0 / 97.4 %	95.1 / 98.0 / 97.5 %	95.0 / 98.0 / 97.6 %
MPP adaptation efficiency	≥ 99.5 %					

¹⁾ And at $U_{mpptmin} / U_{dca} / U_{mpptmax}$

PROTECTIVE DEVICES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
DC insulation measurement	Yes					
Overload behaviour	Operating point shift, power limitation					
DC disconnect	Yes					
INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API ([JSON])					
6 inputs and 4 digital in/out	Interface to ripple control receiver					
USB (A socket) ²⁾	Datalogging, inverter update via USB flash drive					
2x RS422 (RJ45 socket) ²⁾	Fronius Solar Net, interface protocol					
Signalling output ³⁾	Energy management (potential-free relay output)					
Datalogger and Webserver	Included					
External input	SO-Meter Interface / Input for overvoltage protection					
RS485 ²⁾	Modbus RTU SunSpec or meter connection					

²⁾ Also available in the light version. ³⁾ Available from autumn 2014.



7. melléklet

<https://products.lappgroup.com/online-catalogue/power-and-control-cables/special-applications/photovoltaic/h1z2z2-k-optimized-version.html>



PRODUCT INFORMATION

H1Z2Z2-K, optimized version

Conductor stranding:	Fine wire according to VDE 0295, class 5/IEC 60228 class 5
Minimum bending radius:	4 x OD
Nominal voltage:	AC U_0/U : 1.0/1.0 kV DC U_0/U : 1.5/1.5 kV Max. permissible DC operating voltage: 1.8 kV
Test voltage:	AC 6500 V DC 15000 V
Current rating:	Im compliance with EN 50618, Table A.3 Acc. to EN 50618, reduction factors for clustered wiring per... HD 60364-5-52
Temperature range:	>Conductor..., max., per EN 60216-1: 120°C; >Conductor..., max., short-circuit/ earth fault (period of max. 5 s): 250°C; >Ambient..., min., stationary use: -40°C; >Ambient..., min., flexible use or during installation: -25°C; >Ambient..., max., in conjunction with EN 60216-1: 90°C; >Ambient..., constant, in conjunction with HD 60364-7-712: 70°C to 90°C; >Ambient..., ambient temp. related reduction factor 1.00: 60°C; >Ambient..., max., storage: 40°C

Note

Unless specified otherwise, the shown product values are nominal values. Detailed values (e.g. tolerances) are available upon request.

Copper price basis: EUR 150/100 kg. Refer to catalogue appendix T17 for the definition and calculation of copper-related surcharges.

Please find our standard lengths at: www.lappkabel.de/en/cable-standardlengths

Photographs and graphics are not to scale and do not represent detailed images of the respective products.

Prices are net prices without VAT and surcharges. Sale to business customers only.



8. melléklet:

<https://www.celon.hu/kabelek-es-vezetek-1450/eroatviteli-kabelek-8244/fg7or-9189/>

ALACSONY FESZÜLTSGŰ KÁBELEK

**FG7(O)R 0,6/1 kV**

hajlékony erőátviteli és vezérlő kábel fix telepítésre, a lángot nem továbbítja és alacsony korrozív gáz kibocsátású. G7 minőségű HEPR érszigetelés



Felépítése:

Vezető: hajlékony órozott rézvezeték
Szigetelés: HEPR szigetelés G7 minőségű
Tartóító: nem rostos és nem higroszkóp kitöltő anyag
Külső köpeny: világos szürke (RAL 7035), PVC köpeny RZ minőségű

Kitűnő jellemzők:

CEI 20/13 / 20-22II / 20-35 (EN 60332-1)
20-37 part. 2 (EN 50267) / 20-52
UNEL TABLES 35357 - 35376 - 35377

Alkalmazások:

Erőátviteli és vezérlés továbbításra kültérben és beltérben, akár nedves környezetben megfelelő fix telepítésre, szabadon levőben, csatlakozókban, falban, fém szerkezetben, légvezetőkben és közvetlenül vagy közvetve földalatti vezetőkben.

Műszaki adatok:

Hőmérséklet tartomány: - 0°C + 90°C
Névleges feszültség: Uo/U 0,6/1 kV
Max. feszültség Um: 1200 V
Max. rövidzárlati hőmérséklet: + 250°C
Áramerősség: 240 mm²-ig
Áramerősség: 240 mm² felett
Min. hajlítási sugár: hajlékony erőátviteli kábel, 5-ös osztály: 4 x D
hajlékony vezérlőkábel, 5-ös osztály: 6 x D
Max. húzó igénybevétel: 50 N/mm²
statikus igénybe vétel: 15 N/mm²

Áramerősség	Szálak
1	1 szál
2	2 szál
3	3 szál, fakó, szálak (vagy 4 szál, fakó, szálak)
4	4 szál, fakó, szálak (vagy 5 szál, fakó, szálak)
5	5 szál, fakó, szálak (vagy 6 szál, fakó, szálak)

ERŐÁTVITELI

Áramerősség	Áramerősség	Vezető	Szigetelés	Külső	RZ	Kábel	AWG
Áramerősség	Áramerősség	Áramerősség	Áramerősség	Áramerősség	Áramerősség	Áramerősség	Áramerősség
0,000115F	1x1,5	1,6	0,7	6,05	14,4	51	16
0,000125F	1x2,5	2,0	0,7	6,5	24,0	63	14
0,000140F	1x4	2,6	0,7	7,15	36,4	84	12
0,000160F	1x6	3,4	0,7	7,5	57,6	104	10
0,000161F	1x10	4,4	0,7	7,99	96,0	152	8
0,000162F	1x16	5,7	0,7	8,1	135,6	211	6
0,000163F	1x25	6,9	0,9	10,4	240,0	301	4
0,000164F	1x35	8,1	0,9	11,7	336,0	396	2
0,000165F	1x50	9,8	1,0	14,05	480,0	556	1
0,000166F	1x70	11,6	1,1	15,9	672,0	761	2/0
0,000167F	1x95	13,3	1,1	17,39	912,0	991	3/0
0,000168F	1x120	15,1	1,2	19,9	1152,0	1219	4/0
0,000169F	1x150	16,8	1,4	22,01	1440,0	1517	250 MCM
0,000170F	1x185	18,6	1,6	24,2	1776,0	1821	350 MCM
0,000171F	1x240	21,4	1,7	26,86	2304,0	2366	450 MCM
0,000172F	1x300	23,9	1,8	31,7	2880,0	2947	550 MCM
0,000173F	1x400	27,5	2,0	35,1	3840,0	3870	750 MCM
0,000174F	1x500	-	-	38,0	4800,0	-	950 MCM
0,000175F	1x630	-	-	43,0	6480,0	-	1250 MCM
0,000215F	2x1,5	1,6	0,7	9,6	28,8	125	16
0,000225F	2x2,5	2,0	0,7	10,1	48,0	151	14
0,000240F	2x4	2,6	0,7	11,9	76,8	210	12
0,000250F	2x6	3,4	0,7	12,7	115,2	260	10
0,000261F	2x10	4,4	0,7	14,2	192,0	395	8
0,000262F	2x16	5,7	0,7	16,3	307,2	576	6
0,000263F	2x25	6,9	0,9	19,0	480,0	806	4
0,000264F	2x35	8,1	0,9	21,4	672,0	1052	2
0,000265F	2x50	9,8	1,0	25,5	960,0	1465	1
0,000266F	2x70	11,6	1,1	30,8	1344,0	2282	2/0
0,000267F	2x95	13,3	1,1	33,9	1824,0	2917	3/0
0,000268F	2x120	15,1	1,2	37,9	2304,0	3878	4/0
0,000269F	2x150	16,8	1,4	42,0	2880,0	4928	250 MCM
0,000315F	3x1,5	1,6	0,7	9,9	43,2	142	16
0,000325F	3x2,5	2,0	0,7	11,0	72,0	185	14
0,000340F	3x4	2,6	0,7	12,5	115,2	246	12
0,000350F	3x6	3,4	0,7	13,5	172,8	317	10
0,000361F	3x10	4,4	0,7	16,5	288,0	503	8
0,000362F	3x16	5,7	0,7	18,5	460,8	690	6
0,000363F	3x25	6,9	0,9	21,9	720,0	991	4
0,000364F	3x35	8,1	0,9	23,99	1008,0	1370	2
0,000365F	3x50	9,8	1,0	29,5	1440,0	1941	1
0,000366F	3x70	11,6	1,1	33,9	2016,0	2680	2/0
0,000367F	3x95	13,3	1,1	37,9	2736,0	3487	3/0
0,000368F	3x120	15,1	1,2	42,06	3456,0	4406	4/0
0,000369F	3x150	16,8	1,4	46,87	4320,0	5440	250 MCM
0,000370F	3x185	18,6	1,6	53,5	5328,0	6750	350 MCM
0,000371F	3x240	21,4	1,7	60,65	6912,0	8778	450 MCM
0,000315F	3x1,5	1,6	0,7	9,9	43,2	142	16
0,000325F	3x2,5	2,0	0,7	11,0	72,0	185	14
0,000340F	3x4	2,6	0,7	12,5	115,2	246	12
0,000350F	3x6	3,4	0,7	13,5	172,8	317	10
0,000361F	3x10	4,4	0,7	16,5	288,0	503	8
0,000362F	3x16	5,7	0,7	18,5	460,8	690	6
0,000363F	3x25	6,9	0,9	21,9	720,0	991	4
0,000364F	3x35	8,1	0,9	23,99	1008,0	1370	2
0,000365F	3x50	9,8	1,0	29,5	1440,0	1941	1
0,000366F	3x70	11,6	1,1	33,9	2016,0	2680	2/0
0,000367F	3x95	13,3	1,1	37,9	2736,0	3487	3/0
0,000368F	3x120	15,1	1,2	42,06	3456,0	4406	4/0
0,000369F	3x150	16,8	1,4	46,87	4320,0	5440	250 MCM
0,000370F	3x185	18,6	1,6	53,5	5328,0	6750	350 MCM
0,000371F	3x240	21,4	1,7	60,65	6912,0	8778	450 MCM

BestOfKft TEL : +36 1 200 2822 - FAX: +36 1 398 7340 - www.BestOfKft.com

