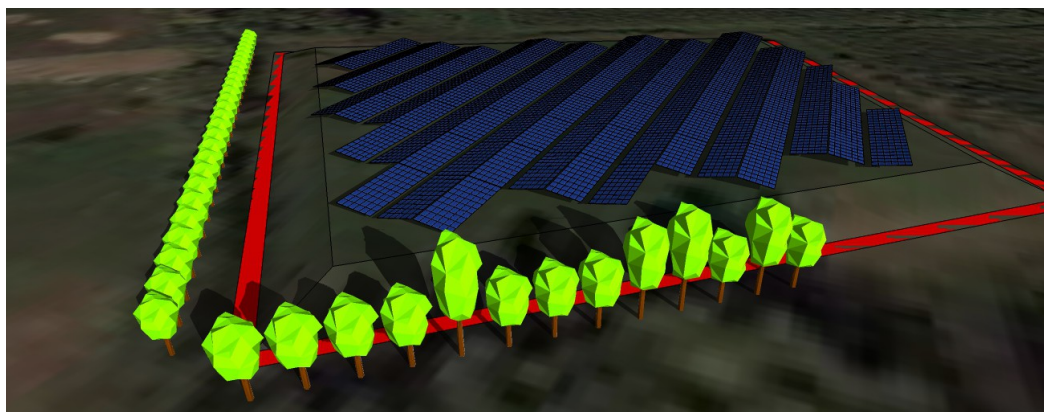


Napelemes erőmű koncepcióterv Derekegyház és Újhartyán számára

Előkészítő tanulmány naperőmű megvalósításához
és finanszírozhatóságához



2016. április

Megrendelő:

Magyar Természetvédők Szövetsége



Készítő:

LARINEA Nonprofit Kft.



Napelemes erőmű koncepcióterv Derekegyház és Újhartyán számára

Előkészítő tanulmány naperőmű megvalósításához
és finanszírozhatóságához

Megbízó:

Magyar Természetvédők Szövetsége



Készítették:

Baranyák Zoltán
Energetikai mérnök

Zalai Norbert
Energetikai mérnök



LARINEA Független Regionális Energia Ügynökség Nonprofit Kft.
2131 Göd, Rómaiak útja 8.
www.seap.hu

Tartalomjegyzék

1	Háttér és bevezetés.....	5
2	Napelemek áttekintése.....	5
2.1	Napelem technológiák.....	5
2.2	Napelem modulok mérete.....	5
2.3	Napelem modulok hőmérsékletfüggő teljesítmény változása.....	6
2.4	Napelemek belső kapcsolása, gyűjtősínek.....	6
2.5	Napelem modulokra szerelt csatlakozók.....	7
2.6	Napelem modulok költsége.....	8
2.7	Napelem gyártó (körültekintő) megválasztása.....	8
2.8	Napelemek fenntarthatósági szempontjai, hulladékkezelés, karbonlábnyom.....	9
2.9	Napelemek jégeső állósága.....	9
2.10	Napelemek hó- és szélterhelés állósága.....	10
2.11	Napelem modulok tűzállósága és villamos alapkövetelményei.....	10
2.12	Napelem modulok minőséget igazoló vizsgálatok.....	10
2.13	Napelemek modulok garanciája, meghibásodási rátája.....	11
2.14	Napelemek éves ellenőrzése.....	11
3	Transzformátorok.....	12
3.1	Transzformátor kiválasztásának szempontjai a közép feszültségű hálózathoz.....	12
3.1.1	A transzformátor energiafogyasztása.....	12
3.1.2	Transzformátor olajok.....	13
4	Inverterek.....	14
4.1	Inverterek hűtése.....	14
4.2	Kültéren történő elhelyezhetőség.....	14
4.3	Inverterek méretgazdaságossága.....	14
4.4	Vezetékezés és DC elosztó doboz, költségcsökkentési lehetőségek.....	14
4.5	Mikro-inverterek.....	15
4.6	Inverterek összehasonlítása.....	15
4.6.1	Centrális vagy központi inverterek.....	15
4.6.2	Inverterek, független külső minősítései.....	15
4.6.3	Inverterek garanciája.....	16
5	Tartószerkezetek és egyéb kiszolgáló berendezések.....	17
5.1	Naperóművek kivitelezési munkáinak megosztása.....	17
5.2	Helyi munkavégzési lehetőségek, mint költségcsökkentés.....	17
5.3	Tartószerkezet árjábanlatok összehasonlíthatósága.....	17
5.3.1	Tartószerkezet telepítési munkadíjak.....	18
6	Derekegyház HRSZ 015/8 terület hasznosítása, kelet-nyugati tájolású napelemes erőművel.....	19
6.1	Példák hulladéklerakóra telepített naperóművekre Németországban.....	19
6.2	Készen kapható, földre telepíthető, kelet-nyugati tájoláshoz tervezett tartószerkezetek.....	20
6.2.1	Többféle leterheléssel kombinálható tartószerkezet, kelet-nyugati tájolású változathoz.....	20
6.2.2	További leterheléses tartószerkezetek.....	20
6.2.3	Helyszínen betonozott, zsalus „kadas” tartószerkezet.....	21
6.3	Talajcsavaros rögzítés.....	21
6.4	Földcsavaros rögzítési-módok hulladék lerakókon.....	21
7	Finanszírozási megoldások napelemes erőművekhez.....	23
7.1	Kupon vásárlási utalvány (Ausztria).....	23

7.1.1 Hazai megvalósíthatóság.....	23
7.2 Energia szövetkezet (Spanyolország).....	24
7.2.1 Hazai megvalósíthatóság.....	24
7.3 Ipari fogyasztókkal való együttműködés (Németország).....	24
7.3.1 Hazai megvalósíthatóság.....	25
7.4 Prémium típusú támogatás.....	26
7.5 Társasági adó levonás (TAO) mint lehetőség a közösségi naperőmű támogatására.....	26
7.6 További példák közösségi napelemes erőművekre Németországban.....	27
7.7 Napelemes erőművek földre történő telepítéséhez kapcsolódó egyéb költségek.....	27
8 Kelet-nyugati tájolású napelemes erőművek gazdasági előnyei és hátrányai.....	28
8.1 Éves hozam mértéke területegységre vetítve.....	28
8.2 A K-NY-i tájolású napelemes erőművek éves hozama teljesítményre vetítve.....	28
8.3 A K-NY-i tájolású napelemes erőmű rendszer ára.....	28
8.4 A K-NY-i tájolású napelemes erőmű karbantartása.....	28
8.5 A K-NY-i tájolású napelemes erőművek hátrányai.....	28
9 Levelized Cost of Electricity (LCoE) számítás.....	29
9.1 Az LCoE számításához használt pénzügyi bemeneti adatok.....	29
9.2 Az LCoE számításban figyelembe vett, műszaki tartalom.....	30
10 Látványtervek, napelem-kiosztási tervek, és Cash Flow ábrák.....	31
10.1 Az Újhartyánba javasolt erőmű szemléltetése.....	31
10.2 A Derekegyházra javasolt erőművek szemléltetése.....	33
10.2.1 Potenciális úszó naperőmű tartószerkezet beszállítók.....	34
10.2.2 Az úszó napelemes erőmű várható energiatermelése.....	34
10.3 Havi energiatermelés és készpénzáram (Cash Flow) szemléltetése.....	39
11 Mellékletek.....	41

A leggyakrabban alkalmazott rövidítések:

LCoE	Levelised Cost of Electricity, azaz a villamos energia – adott paraméterek mellett fennálló – önköltségi ára (pl. €/MWh).
PV PV erőmű	PhotoVoltaic (PV) szó rövidítéséből adódóan napelem illetve napelemes erőmű. Elterjedtsége miatt esetenként PV vagy PV erőmű rövidítést használjuk a napelemre illetve a napelemes erőműre.
W _p , kW _p	Watt-peak (vagy kilowatt-peak), a napelemek jellemzésére használt, szokásos teljesítmény adat, amelyet meghatározott referencia feltételek (pl. besugárzás intenzitás) esetén képes biztosítani a napelem.

1 Háttér és bevezetés

Jelen dokumentum célja, hogy Újhartyán és Derekegyház települések számára elősegítse a rendelkezésükre álló területeken leginkább gazdaságos napelemes (PV) erőmű, mint közösségi megújuló energiaforrás megvalósítását. Ezt a célt a bemutatott helyszíneken lehetséges műszaki és technológiai megoldások közötti választás és elemzés segítségével, valamint az esetleges finanszírozó és a biztosító pénzintézetek kockázat-csökkentési lehetőségeinek bemutatásával, és a nemzetközi jó gyakorlatok ismertetésével törekszik segíteni.

Egy olyan döntés-előkészítő dokumentum, amely számba veszi a műszaki, technikai és természeti adottságokat, a jelenleg elérhető finanszírozási lehetőségeket, segíti a későbbi beszállítók és technológiák kiválasztását, valamint áttekintést ad ezek finanszírozásának néhány lehetséges módjáról.

A számba vehető területi, domborzati és műszaki adottságokat megoldásokat méretarányos 3D modelleken és térinformatikai szoftverrel készült térképeken keresztül szemléltetjük. A pénzügyi modellszámítások is a térbeli modellek input adatain alapulnak.

2 Napelemek áttekintése

2.1 Napelem technológiák

Földfelszínre telepített napelemes (PV) erőműveknél Magyarországon alapvetően két típusú (technológiájú) napelem közül lehet a legtöbb esetben gazdasági szempontok szerint választani. A polikristályos (vagy néha multi kristályos néven említett) napelemek és a monokristályos napelemek. Az utóbbi elsősorban a magasabb hatásfokával (~18-22%) hívja fel magára a figyelmet. Azonban a legtöbb esetben polikristályos napelemek adják a legjobb ár-érték arányt. Az ennél magasabb hatásfokú PV modulok földre telepített rendszereknél nem jellemzőek, hanem esetleg az ún. kéttengelyes, napkövető, mozgó tartószerkezeteken, de területhasználat és gazdaságossági szempontból ezt a megoldást nem javasoljuk a most vizsgált helyszínekre. (Elsősorban a nehezebben megvalósítható tartószerkezet miatt.)

2.2 Napelem modulok mérete

Jelenleg a piacon leggyakoribbak az ún. 60 cellás napelem modulok. A 60 cellás modulok szokásos mérete: 1650 mm × 990 mm; ettől gyártónként ± 15 mm eltérés előfordulhat. A cellák mérete minden esetben 156 mm × 156 mm. Jellemző keret vastagság 30-50 mm. A később leírt hő- és szélterhelés szempontjából a 40 mm keretvastagságú modulok beszerzését javasoljuk. FONTOS, hogy kelet-nyugati elrendezésű napelemes erőmű esetén mindenképp a 40 mm keretvastagságú napelem javasolt.

Ebből a modulméretből több száz beszállító érhető el a piacon.

Beszállítói versenynövelési, karbantartási és beszerzési szempontokból - amelyek általában egyaránt költségcsökkentést is jelentenek - a 60 cellás, polikristályos napelemek beszerzését javasoljuk.

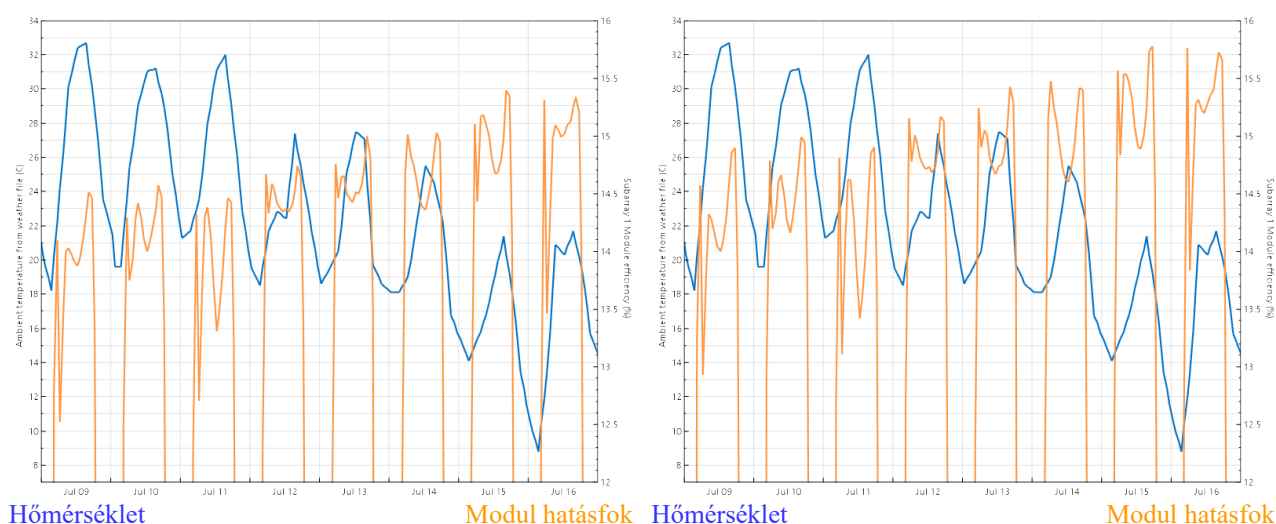
A 72 cellás napelem modulok még előfordulnak, ~1950 mm × 990 mm jellemző mérettel. Földre telepített PV erőműveknél azonban ezek piaci kínálata szűkös a 60 cellás modulokhoz képest.

2.3 Napelem modulok hőmérsékletfüggő teljesítmény változása

A napelem modulok tényleges teljesítménye azonos napsugárzás intenzitás mellett, 25 °C környezeti hőmérséklet felett csökken, míg ennél alacsonyabb hőmérséklet esetén növekszik a napelem névleges teljesítményéhez képest.

Az egyes gyártók napelem moduljai – azonos névleges teljesítmény mellett is – eltérnek azon tulajdonságukat tekintve, hogy egységnyi hőmérsékletnövekedés hány százalékos teljesítménycsökkenést okoz.

A javasolt polikristályos modulok esetében az általános és elfogadható érték: 0,45%/°C vagy kisebb.



0,450%/°C modul hatásfokának változása
LCoE = 0,0664 €/kWh

0,437%/°C modul hatásfokának változása
LCoE = 0,0648 €/kWh

1. ábra: modul hatásfok és környezeti hőmérséklet összefüggése, valamint ezek hatása a termelt villamos energia LCoE értékére

Látszik, hogy ennek az egy paraméternek a megválasztása is érezhető hatással van a projekt legfontosabb mérőszámára, vagyis a termelt villamos energia önköltségi árára (LCoE). A diagramokon ugyanazok a napokra számított modul hatásfokai látszanak. Megfigyelhető, hogy a jobb oldali ábrán kisebb a hőmérséklet veszteség, magasabb az átlagos hatásfok.

2.4 Napelemek belső kapcsolása, gyűjtősínek

A napelem modulokon található cellák – általában 60db – egymáshoz kapcsolása is befolyásolja a napelemek teljesítményét és élettartamát. A számunkra fontos polikristályos napelemeknél az egyes cellákon található gyűjtősínek (busbar) száma alapján szokás emlegetni két, három, négy vagy multi-busbar cellákat. 2016-ban csak a három vagy több gyűjtősínes cellákkal szerelt napelemek tekinthetők korszerűnek a polikristályos cellák között.



2. ábra: különböző számú gyűjtősínekkel (busbar) rendelkező napelemek

A sorba kapcsolt cellákat minimum 3, de egyes típusoknál több diózával részekre osztják így csökkentve a részleges árnyékhataásokból következő veszteségeket. A cellák soros kapcsolása miatt egy-egy modul árnyékolása (részleges árnyékolás is) komoly visszaesést, azaz veszteséget eredményezhet a napelemes termelésben. Emiatt fontos a diózá beépítése.

A tárgyi projekt keretében javasoljuk a minimum 3 diózával szerelt napelem modulok beszerzését.

2.5 Napelem modulokra szerelt csatlakozók

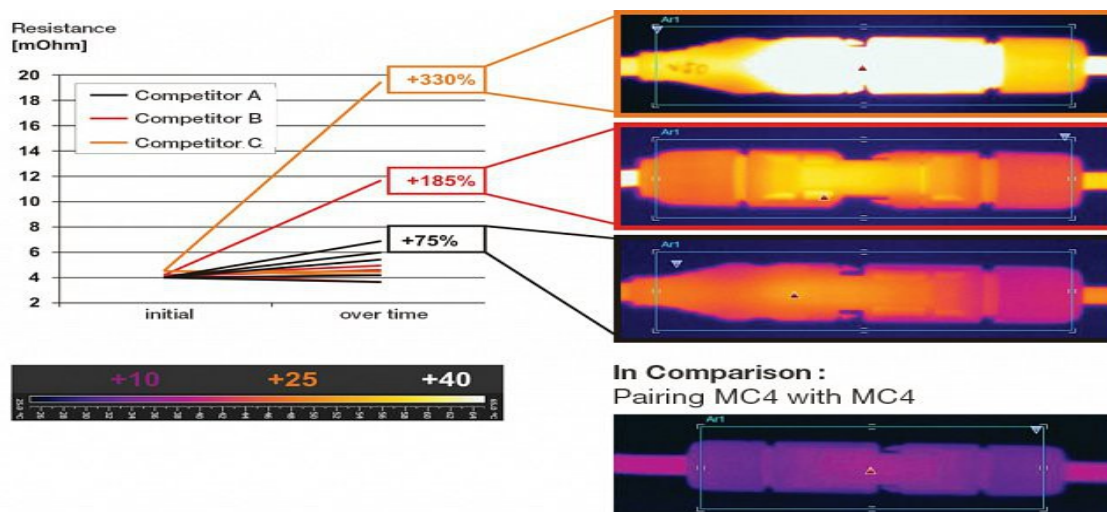
Több gyártó készít napelem csatlakozókat, azonban a tesztek szerint a csatlakozó fajtát eredetileg kifejlesztő (MultiContact) svájci cég MC4 jelű csatlakozója okozza a legkisebb ellenállást, azaz a legkisebb villamos veszteséget, és így a legkisebb tűzveszélyességi kockázatot. Nagyon sok modul érhető el a piacon ilyen csatlakozóval. (Lásd pl.: <http://goo.gl/NJFONV>). Az MC4 csatlakozók most már 1500 V feszültségre is tanúsítvánnyal rendelkeznek, vagyis az 1000 V DC körüli fűzereknek sincs technikai akadálya. A magas, 750 V és a feletti string feszültségekkel beruházási költségeket lehet leszorítani¹.

Ugyanakkor az 1500 V DC feszültségű rendszerek gazdasági előnyei Magyarországon jelenleg még - véleményünk szerint - nem használhatóak ki, a kevés versengő 1500 V DC berendezést kínáló gyártó miatt².

A napelemes csatlakozók minőségére vonatkozó szabvány az IEC 62852, azaz ennek való megfelelést lehet illetve célszerű megkérni a szállítóktól.

¹ <http://goo.gl/uvh0rX>

² <http://goo.gl/dBDY2B>



3. ábra: a javasolt MC4 csatlakozó és a versenytárs termékek melegedése terhelés alatt.

Forrás: <http://goo.gl/Fiam0a>

2.6 Napelem modulok költsége

A napelemek költségét ebben az iparágban 1 Watt csúcsteljesítményre vetítve, €/W_p vagy ct/W_p („Eurocent per Wattpeak”) mértékegységben, azaz fajlagos árként szokás megadni. Vagyis nem egy 60 cellás modul ára alapján hasonlítjuk össze a napelemeket, hiszen ezek teljesítménye erősen eltérhet, hanem egy fajlagos ár alapján.

Az önkormányzati napelemes erőművek esetében javasolható polikristályos napelem fajlagos ára, 60 cellás moduloknál 0,45-0,60 ct/W_p, a minőségtől és a teljesítménytől függően. Megawatt (MW) nagyságrendű PV erőmű szinten a kb. ~0,48 ct/W_p körüli fajlagos modul árak tekinthetők reálisnak, bank által finanszírozható napelem minőséget feltételezve.

A fent említett árak csak a napelemek árát jelentik; nem tartalmazzák az inverter, kábelezés vagy egyéb komponens árát. Fontos kiemelni, hogy a napelemek technológiai fejlődésből adódó éves árcsökkenése nem haladja meg az éves szinten velük megtermelhető energia értékét, azaz gazdasági szempontból nem jelent előnyt a beruházások elhalasztása.

2.7 Napelem gyártó (körültekintő) megválasztása

A részletezett műszaki követelményeken túl a napelemek területén is érdemes olyan beszállítót választani, aki a garanciális időtartamok idejéig várhatóan a piacon elérhető. Ha felszámolásra kerül az adott cég, akkor a napelemre vonatkozó garancia sem lesz érvényesíthető. Ezért emiatt sem szabad automatikusan a legolcsóbb beszállító mellett dönteni, hanem a gyártó körültekintő megválasztása szükséges.

Az európai, több 10 MW-os léptékű tenderekben, a közelmúltban, a következő beszállítók fordultak elő jellemzően: Trina, Jinko Solar, Suntech Power Holdings, Yingli Solar. Irányadó még banki finanszírozhatóság szempontjából a Bloomberg New Energy Finance ún. Tier 1 negyedévenként megjelenő PV modul gyártók listája, amelyen csak a pénzügyileg stabil, jelentős megrendeléseket teljesíteni tudó gyártók kapnak helyet.³

³ <http://goo.gl/QxbKk3>

2.8 Napelemek fenntarthatósági szempontjai, hulladékkezelés, karbonlábnyom

A franciaországi napenergia pályázati gyakorlatban elvárás, hogy a beszerzett napelemek teljesítsék az elvárt „Termék Karbonlábnyom” mutatókat. Ezek a részleges életciklus analízisen alapuló mutatók, és az ún. „bölcstől a kapuig” (azaz a termék gyártásától, leszállításig) szemléletben végzett vizsgálat szerint kerülnek meghatározásra. (ennél részletesebb az ún. bölcstől a bölcsoig szemlélet azaz az újrahasznosítást is figyelembe vevő életciklus analízis) Ilyen mutató például a napelem (vagy napelemes erőmű) egységnyi teljesítményű részéhez kapcsolódó, teljes életciklusra vetített üvegházhatású gáz kibocsátás, szén-dioxid egyenértékben kifejezve: kg CO_{2eq}/kW_p.

Ma már több távol-keleti napelem gyártó is képes teljesíteni ezeket az elvárásokat. Ilyen termékek gyártói várhatóan hosszabb távon a piacon maradnak, hiszen a minősíték megszerzése is ezt a szándékukat mutatja. Illetve a francia példát követve, feltételezhető ennek a gyakorlatnak az európai szintű bevezetése. Független harmadik félként a TÜV is végez ilyen megfelelőségi tanúsításokat⁴.

Néhány, a fentebb említett francia elvárásoknak megfelelő távol-keleti napelem gyártó: Yingli Solar, Suntech Power Holdings (STP), CNPV, Jinko Solar, BenQ⁵.

A legtöbb napelem gyártó tagja a „PV Cycle” nevű szervezetnek is, amely a napelemek életciklus végi, azaz a napelem hulladék újhasznosításával foglalkozik. Magyarországhoz legközelebb Csehországban van telephelye PC Cycle-nek⁶, bár idehaza még hosszú évek után fognak csak elérni tömegesen a napelemek életciklusuk végére, amikor is hulladékkezelésükről (lehetőség szerint) hasznosítással) gondoskodni kell majd.

2.9 Napelemek jégeső állósága

Ma már (szinte) minden napelem megfelel az IEC 61215 számú, jégeső állósági tesztnek. Ez a megfelelés röviden a 23 m/s (82,8 km/h) sebességű 25 mm átmérőjű 7,2 g tömegű jég becsapódását elviselő napelemek minőségét garantálja. (Az ilyen becsapódások kinetikus energiája 2 J). Ezt a – minimális - minőséget mindenképp javasoljuk bekért tanúsítvánnyal megkövetelni a beszállítóktól.

Svájcban a biztosítók szövetsége a 40 mm átmérőjű, 27,7 m/s (100 km/h) sebességgel érkező jégesőnek való ellenállóságot írja elő a “Hail Stone Impact Test Level 4” (HW4). Ilyen megfeleléssel rendelkező napelem gyártó pl. a Hanwa solar⁷.

Elérhető a piacon olyan napelemek is amelyek 55 mm átmérőjű 80 gramm tömegű, 33,9 m/s (122 km/h) sebességű jég becsapódását is elviselik. (Ennek kinetikus energiája már 46 J). Ilyen gyártó a piacon a KIOTO solar.⁸

⁴ <http://goo.gl/f4M4Lo>

⁵ <http://goo.gl/RcmyYs>

⁶ www.pvcycle.org

⁷ <http://goo.gl/oMtYSy>

⁸ <http://goo.gl/TuK4YW>

2.10 Napelemek hó- és szélterhelés állósága

A szokásos napelem hőteher és szélnyomás állóságot is az IEC 61215 teszt garantálja. Ezt ma már minden napelem beszállítótól érdemes bekérni, mint minimális követelményt.

Ez a szabvány a szélterhelés tekintetében, az alap megfelelést 2400 Pa (vagyis 245 kg/m²) terhelés elviselését jelenti. Ez körülbelül 130 km/h sebességű szél nyomása (terhelése).⁹ A piacon elérhető olyan modulok is, amelyek az 5400 Pa nyomás, vagyis 550 kg/m² terhelés elviseléséről is minősítéssel rendelkeznek. Ennél nagyobb követelményeknek is megfelelő napelemek is vannak, azonban azokat csak hegyvidékes területeken érdemes beépíteni.

Jelenleg az 5400 Pa hó- és szélterhelés előírása is tekinthető általánosnak és elvárhatónak.

2.11 Napelem modulok tűzállósága és villamos alapkövetelményei

Az IEC 61730 szabványnak történő megfelelés tanúsítványát minden napelem beszállítótól javasoljuk bekérni. Ez a teszt igazolja az alapvető tűzállósági tulajdonságokat, valamint az alapvető villamos biztonsági tulajdonságokat.

Napelemek érvényes TÜV tanúsítványai például a következő weboldalon ellenőrizhetők:
<https://www.certipedia.com/>

Így kiszűrhetőek a meghamisított vagy hamis (képszerkesztővel készített) tanúsítványok, amelyek sajnos időnként előfordulhatnak a piacon, emiatt nem árt a körültekintés.

2.12 Napelem modulok minőséget igazoló vizsgálatok

A minőségükkel versenyképes napelem modulokon számos minőségellenőrzési tesztet hajtanak végre a gyártók. Ezek közül a legfontosabb az ún. EL teszt (elektro-lumineszcencia teszt), ami - a részletek magyarázata nélkül - a gyártáskor keletkező mikrorepedéseket képes kimutatni. E mikrorepedések hosszú távon lecsökkentik a napelemek teljesítményét. Ezt a gyártók az adatlapokon „100% EL teszt OK” vagy hasonló felirattal jelzik. Banki finanszírozás esetén javasolt bekérni ezt a tesztet igazoló gyártói dokumentumot.

A másik teszt ma már szinte alapkövetelmény, a potenciál-különbségből adódó degradáció vagy leromlás ez az ún. PID teszt (Potential Induced Degradation). Ez szintén - a részletesebb kifejtést elkerülve - a napelemek huzamos használat után szökőáram és így teljesítmény veszteséget jelenti. Ennek a tesztnek elsősorban nedves és forró időjárásban való használat esetén van jelentősége, magas fűzér feszültségek (500 VDC¹⁰ ; több mint tizenöt darab, sorba kapcsolt modul) esetén. Tisztán tartott moduloknál a jelenség elenyésző. A szakirodalom szerint a kelet-nyugati tájolással telepített, kis lejtésű erőműveknél gyakrabban előfordulhat. Banki finanszírozás esetén szintén javasoljuk a PID teszt gyártói igazoltatását.

A gyártók a gyártói adatlapokon „100% PID Free” vagy hasonló feliratokkal jelzik az ilyen teszten megfelelt modulokat.

⁹ <http://goo.gl/J561YY>

¹⁰ <http://goo.gl/8FnleF>

2.13 Napelemek modulok garanciája, meghibásodási rátája

Ma a napelemek teljesítmény garancia időszakaként a legtöbb gyártó 25 évre ad meg. Vagyis azt garantálják, hogy egy-egy napelem az első, a 10. és a 25. évben mekkora teljesítményt fog biztosítani a névleges értékhez képest. A leggyakoribb az ún. pozitív teljesítmény garancia, ami azt jelenti, hogy a napelem névleges teljesítményéhez képest az új bekapcsoláskor mekkora teljesítményt fog leadni ún. szabványos teszt körülmények (STC¹¹) között.

Javasoljuk olyan napelem modulok beszerzését, amelyek gyártója 1,5-5% pozitív teljesítmény garanciát kínál, és a 25. évben garantálja a napelem 80%-os teljesítményét a névleges teljesítményhez képest.

Elfogadható éves átlagos degradáció, legfeljebb 0,8%/év. Több, nem prémium kategóriás gyártó is kínál 0,7%/év degradációs értékkel napelemet.

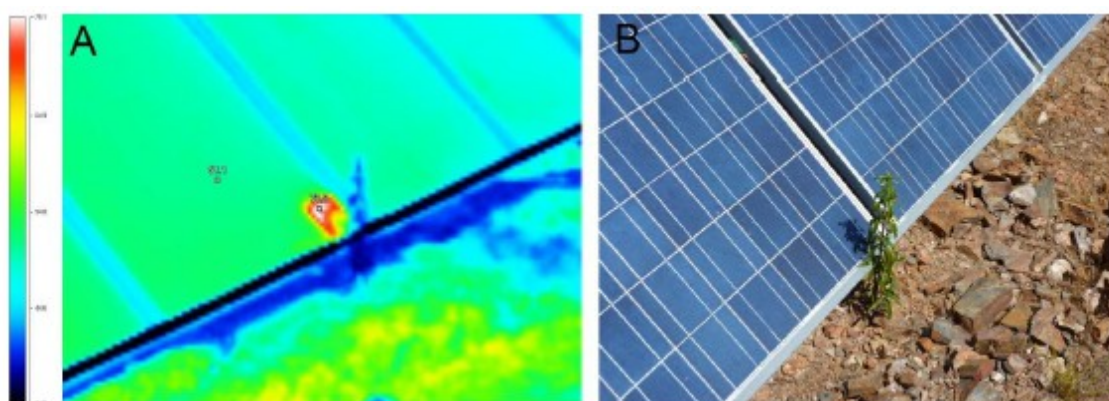
A tárgyi projekthez megalkotott modellünkben 0,5%/év degradáció esetén az előállított villamos energia fajlagos önköltségi ár 0,0633 €/kWh-ra adódik. Míg 0,8%/év degradáció esetén a fajlagos önköltségi ár 0,0654 €/kWh-ra adódik.

Szakirodalmi adatok alapján a jó minőségű napelemek valós degradációja 25 év alatt 0,5%/év mérsékelt övű klímán; míg forró, trópusi klímán az 1%/év értéket is meghaladta¹².

Napelem modulok éves meghibásodási rátája átlagban 0,025%/év és 0,1%/év között változik. Vagyis például egy 10000 db napelem modulból álló PV erőműben ~2,5 – 10 db/év modul hibásodik meg évente átlagosan¹³. Ilyen esetben a gyártói garanciát lehet érvényesíteni, ha az éves felülvizsgálatok alkalmával észlelik a hibát.

2.14 Napelemek éves ellenőrzése

Javasoljuk az elvárt gazdasági mutatók és az esetleges banki finanszírozás valamint biztosítások elvárásai miatt, évente legalább egyszer, működés közben szabad szemmel és termovíziós kamerával átvizsgálgatni a napelemeket és a csatlakozásokat. Így felismerhetőek a kisebb hibák és érvényesíthető a berendezések garanciája; valamint a várt éves átlagos hozam is csak így érhető el. Természetesen ezen kívül más átvizsgálási módok is alkalmasak lehetnek a hibák feltárására.



4. ábra: napelem felmelegedése egyetlen szál gyom árnyékának hatására, és ennek termovíziós felvétele (bal) valamint fényképe (jobb)¹⁴

¹¹ STC – Standard Test Conditions

¹² <http://goo.gl/B7lqP1>

¹³ <http://goo.gl/yi8Fi5>

¹⁴ <http://goo.gl/8NG4Cy>

3 Transzformátorok

3.1 Transzformátor kiválasztásának szempontjai a középvezettségű hálózathoz

A napelemes erőművet a középvezettségű (20 kV) hálózathoz transzformátoron keresztül lehet csatlakoztatni.

A legkisebb költséget általában a hálózat üzemeltető által elfogadott transzformátor listáról választott transzformátor és transzformátor ház, kapcsolószekrény együttese jelenti. A transzformátor ház feladata, hogy az esetleges transzformátor meghibásodásából adódó tűzkárt vagy olajfolyásból adódó környezeti kárt megakadályozza, illetve nem utolsósorban a transzformátor lopás elleni védelmét is szolgálja. A transzformátor ház általában a középvezettségű hálózatról való leválasztó és kapcsoló berendezéseknek is helyet ad.

A leválasztó kapcsolók távolról működtethetőek a villamos elosztóhálózat üzemeltetője által; ezekben a tokozott zárt kapcsolókban sok esetben a klímára veszélyes (erősen üvegház hatású) kénhexafluorid (SF₆) gáz van, villamos szigetelési céllal.

Javasoljuk nem SF₆-ot tartalmazó, tokozott kapcsolóberendezést választani, mivel ezek esetében feltételezhető, hogy közép távon az éves központi nyilvántartási adminisztráció kötelezettséget kiterjesztik a kisebb gáz tömegekre is, ami költséggel járhat¹⁵ az üzemeltetés során¹⁶. Illetve a piacon elérhető olyan tokozott kapcsolótípusok is, amelyek belső villamos szigetelése vákuummal vagy szén-dioxiddal megoldott, azonban ezek hálózati szolgáltatók általi elfogadottsága nem ismert.

3.1.1 A transzformátor energiafogyasztása

A napelemes erőműveknél használt, jellemzően 630 kVA teljesítményű középvezettségű transzformátorok is 1-2% villamos veszteséggel működnek, ami hővé alakul. A jelentős villamos ipari gyártók (pl. ABB, Schneider Electric, Siemens) kínálnak olyan transzformátorokat, amelyek vesztesége alacsonyabb. Mivel a napelemes erőművekben használt transzformátorok csak világosan működnek terhelve, ezért számunkra elsősorban az ún. üresjáratú veszteségek, másodsorban a részterhelésen jelentkező veszteségek a fontosak. Mindhárom említett gyártó beszámol arról¹⁷, hogy az ún. amorf vasmagos típusok akár 60%-kal kisebb üresjáratú veszteséggel képesek működni; igaz, ez a technológia ma még magasabb beruházási költséggel jár, de a teljes élettartamra vetített költség így is kisebbre adódik. Azaz ilyen transzformátorokkal a napelemes LCoE (Levelized Cost of Electricity - kiegyenlített villamos energia önköltség.) vagyis a termelt villamos energia, a rendszer élettartamára vetített kilowattóránkénti átlagos önköltségi ára alacsonyabb lesz.

Jelenleg már több gyártó is kínál kifejezetten napelemes erőművekhez ajánlott transzformátorokat¹⁸. A transzformátorok teljes élettartamra vetített költségeinek (TCO) számítását segítő eszköz például a következő honlapon található: <http://tcocalculator.abb.com>.

¹⁵ <http://goo.gl/AeS5my>

¹⁶ <http://goo.gl/JB9AN1>

¹⁷ <http://goo.gl/AO1acx>

¹⁸ <http://goo.gl/aZWnn1>

3.1.2 Transzformátor olajok

Léteznek a piacon olyan transzformátor olajok is, amelyek a környezetbe kerülve szinte teljes egészében lebomlanak. Ezek növényi olaj és nem ásványolaj alapúak, kevésbé tűzveszélyesek, valamint hosszabb élettartamúak.¹⁹

¹⁹ <http://goo.gl/ABXFYr> és <http://goo.gl/UiL1rg>

4 Inverterek

4.1 Inverterek hűtése

A piacon elérhető és engedélyes háromfázisú fűzér (string) inverterek közül olyat javasolunk amely vagy ún. passzív hűtésű (pl Huawei Sun2000 sorozat), azaz nincs benne mozgó ventilátor; vagy olyat, aminek a külső ventilátora szakszerviz és garanciavesztés nélkül cserélhető. Így is csökkenthetőek a karbantartási és az üzemeltetési költségek, végső soron pedig a termelt energia önköltségi ára.

4.2 Kültéren történő elhelyezhetőség

Az inverterek közül olyan típust szabad kültéren is beépíteni, amelyek ún. IP védeltsége ezt megengedi. Az IP védeltség elsősorban a víz és por valamint az érintés elleni védeltséget írja le. Földre telepített naperóműveknél a javasolt, elvárt IP védeltségi szint IP65 vagy ennél jobb.

Fontos, hogy az inverterek közvetlen napsugárzás ne érje. Földre telepített rendszereknél a szokásos helyük a napelem alatt van, a napelem tartószerkezetéhez rögzítve. Az inverter alja a talajtól minimum 80 cm-re kell, hogy legyen. Így kevésbé jelent rá nézve kockázatot a téli hó, a felferődő eső, a gépi kaszáláskor felszálló por, és a kaszáláskor szintén előforduló növényi részek beszívása szintén kisebb valószínűséggel történik az inverterbe.

A napelem sorok végénél a keleti és a nyugati irányban is az inverterek ne kerüljenek a sor közvetlen szélére, mert a nyári napsugárzás elég erős lehet ahhoz, hogy a csupán reggel és este benapozott inverterek túlmelegedjenek ami idő előtti tönkremenetelt okozhat.

4.3 Inverterek méretgazdaságossága

Az ún. fűzér vagy string invertereknél amelyeket gyakran alkalmaznak a földre telepített rendszereknél is, akkor lehet elérni a legkedvezőbb ár-érték arányt, ha egy-egy szomszédos tartószerkezeten elhelyezett napelem modulok minél kevesebb inverterrel vannak kiszolgálva.

Előnyösek az 50 kW körüli típusok, hiszen ezekre megvan a hálózat üzemeltető szolgáltatók által kiadott jóváhagyás.

4.4 Vezetékezés és DC elosztó doboz, költségcsökkentési lehetőségek

A vezetékezési költségeken magas fűzér (string) feszültségekkel lehet elérni megtakarítást. Számos helyen használnak 1 kV-ra minősített DC elosztó szekrényeket is, hiszen a magasabb feszültséghez elegendő kisebb keresztmetszetű réz vezeték, így anyagköltségen is lehet megtakarítást elérni. Ilyen termék például az Atersa CSP-12, 1 kV-ra minősített terméke²⁰, amely az elosztó és DC biztosító szekrény távfelügyeletére is megoldást kínál, azaz információt kaphatunk, hogy hol van hibás működés, még az inverterek előlőről. Hosszú fűzerek esetén ez karbantartási előnyt jelent. Azonban ezt csak ún. „100% PID free” napelemeknél javasoljuk alkalmazni. Igazoló

²⁰ <http://goo.gl/JfbOEo>

teszt a PID mentességre (az IEC 62804 szabványnak való megfeleléssel) egyelőre kevés modul rendelkezik. Amennyiben a napelemek DC vezetékeit kábelkötegelővel szerelik, minősített UV-álló kötegelőt javasolunk alkalmazni.²¹

4.5 Mikro-inverterek

Ma már léteznek egy-egy napelem modulhoz kapcsolható, ún. mikro-inverterek is, azonban ezek ára magasabb.

4.6 Inverterek összehasonlítása

Az inverterek közül közismert, hogy a magasabb hatásfokúak a jobb energiatermelési célokra, hiszen így az inverterben kevesebb energia alakul veszteséggé, azaz hővé. Azonban a gyártók többféle hatásfokot is megadnak. Összehasonlításra véleményünk szerint elsősorban az ún. európai hatásfok alkalmas, ami egy súlyozottan számított hatásfokot jelent, vagyis figyelembe veszi az inverterek terhelésfüggő hatásfok változását és a leggyakrabban előforduló terhelés szerint súlyozva ad egyetlen értéket. Ma már minden gyártó megadja az adatlapjában az európai hatásfok értékét. Elvárható, és javasolt minimális európai inverter hatásfok 97,6%.

A fűzér inverterek fajlagos ára: 0,09-0,2 €/W_p (azaz 9-20 ct/W_p). Napelemes erőmű szinten a ~10 ct/W_p körüli inverter ár tekinthető reálisnak. Ezen fajlagos adatok csak magára az inverterre vonatkoznak; kábel, munkadíj vagy egyéb költség nem értendő bele.

4.6.1 Centrális vagy központi inverterek

Megawatt teljesítményű nagyságrendben felmerül a központi inverterek használatának lehetősége. Ezek olyan inverterek, amelyeket egy vagy néhány központi helyen telepítenek a napelem mezőre, nem pedig füzérenként. Előnyük, hogy 1500 V típusok is elérhetők, fajlagosan kedvező áron képesek az AC / DC konverziót elvégezni. Hátrányuk, hogy meghibásodás esetén a teljes erőmű leáll, és az általában garantált szerviz szolgáltatást nem Magyarországról végzik, azaz hosszabb időt vesz igénybe, amíg kiérnek a hiba helyszíni elhárítására. Egy-egy nap is jelentős bevétel kiesést eredményez a nyári félévben. Nyáron Magyarországon 1 kW_p napelem hozama ~7-7,5 kWh is lehet naponta. Egy 2000 kW_p-es naperőmű park egy napos állása ezért ~14000-15000 kWh energiahozam kiesést jelent, ami ~1400-1500 €/nap bevételkiesést jelenthet. A leírt okok miatt nem javasoljuk jelenleg a centrális inverterek alkalmazását.

4.6.2 Inverterek, független külső minősítései

Független, külső, mértékadó minősítésnek tekinthető például a Photon Magazin által adott értékelés, amely jellemzően A+, A, B, stb. kategóriába sorolja a vizsgált invertereket. Ettől függetlenül Photon ingyenes adatbázisában lekérdezhető az egyes inverter típusok európai hatásfoka a következő weboldalon: http://ws.photon.info/public/app_old/database/inverter_en.aspx

²¹ Például <http://goo.gl/y6GKSt> vagy <http://goo.gl/swJY12>

4.6.3 Inverterek garanciája

A mai, jó minőségű inverterek elvárható garancia ideje 3 év. A legtöbb gyártónál ez kiterjeszhető 5-25 évre. Általánosságban elmondható, hogy a 15 éves garancia kiterjesztés általában nem gazdaságos. Van olyan gyártó aki 12 év garanciát biztosít, felár nélkül.²²

A garancia érvényesítése:

A garancia időszaka alatt esetlegesen meghibásodott inverterek cseréje a nagyobb gyártóknál zökkenőmentesnek nevezhető (pl. SMA, ABB). Az elküldött hibakód vagy akár telefonnal készített videóra válaszként futárral küldik az új csere invertert és elviszik a hibásat. Így minimalizálható az energiatermelés kiesésből adódó veszteség.

²² <http://goo.gl/iOHVY>

5 Tartószerkezetek és egyéb kiszolgáló berendezések

5.1 Naperőművek kivitelezési munkáinak megosztása

A naperőművek kivitelezése alapvetően két fő részre osztható: a napelemek inverterek és minden villamos energiával kapcsolatos rész kivitelezése, majd a tartószerkezetek valamint a kerítés kivitelezése.

A tartószerkezetet a napelem táblák rögzítéséig javasoljuk egy vállalkozói felelősségi körbe osztani, így minden, ami mechanikai és talajjal kapcsolatos rögzítési kérdés, egy felelősre jut.

Míg a villamos kérdések összességének felelőssége a napelemes rendszer szállítójára vonatkozik.

Természetesen lehet generálkivitelezőt is választani, aki egy személyben felel a teljes naperőmű kivitelezésért. Ebben az esetben is javasolt külön műszaki ellenőrzési mérföldkőként elkülöníteni a napelem tartószerkezet kialakítását.

A napelem tartószerkezet esetében a napelem modulokat tartó, egybefüggő szerkezetet asztalnak szokás hívni. Az egyes asztalok szokásos nagysága a felszerelhető modulok száma alapján 10-70 db. Vagyis kérhető 10 modulos asztal, vagy 20 modulos asztal, stb. Egy-egy asztal tekinthető a tartószerkezet egy egységének. Általában a kivitelezők szeretik az egységes, egyforma asztal méretből összeállított teljes naperőmű rendszert kialakítani. Viszont ez inkább munkaszervezési egyszerűsítés, mintsem műszaki követelmény. A területkihasználás szempontjából egyértelműen jobb eredmény érhető el – a vizsgált területeken – változó asztalmérettel. Egy modultartó asztalnak egy síkot kell meghatároznia, nem lehet hullámos. Hulladéklerakóra telepített rendszernél az egy sorban álló asztalok síkjainak nem kell pontosan egybevágnia; ez inkább esztétikai kérdés. Az asztalok síkjai közötti kisebb eltérések megengedettek, azonban a soroknak centiméter pontosságúan egybefüggőnek kell lenniük a karbantartási munkálatok miatt (pl: gépi kaszálás). A hulladéklerakó fedőtáblájának várható kisebb mozgásai, esetleges süllyedése miatt, hosszú távon is kézi vagy gépi tisztítást javasoljuk; itt a különböző robotizált automatikus tisztítási megoldások várhatóan nem járnak majd gazdasági előnyökkel. A külön-külön modul asztal szintű automatikus tisztító rendszerek pedig jelenleg még magas költségűek.

5.2 Helyi munkavégzési lehetőségek, mint költségcsökkentés

Elsősorban a napelem sorokat és asztalokat összekötő kábelárkok és a kerítés lehet a kivitelezés fázisában helyi munkaerővel és gépekkel megoldható. A minősített tartószerkezet tervezése és minőség-ellenőrzése és legyártása várhatóan magasabb költséggel megoldható, mint a piacon elérhető rendszerekből választani. Az üzemeltetés során megfelelő oktatás után az időszakos tisztítás és kaszálási karbantartási munkák szintén lehetnek helyiek által elvégzett munkálatok.

5.3 Tartószerkezet árajánlatok összehasonlíthatósága

A napelemes rendszereknél elterjedt, hogy az árakat a napelemek névleges teljesítménye alapján adják meg €/W_p vagy €/kW_(p) formában; esetleg ct/W_p (Eurocent per Wattpeak). Tartószerkezetnél ez az ár félrevezető lehet, mert a 60 és a 72 cellás modulok hatásfoka függvényében nagyon eltérő

fajlagos számot adnak ki a tartószerkezet árára. A legjobb hatásfokú modulokkal számolva akár 20%-kal olcsóbbnak is látszódhat egy-egy tartószerkezet ára. Javasoljuk minden esetben 60 cellás modul (azaz a legelterjedtebb PV modul) méretére megkérni az ajánlatot, és a felszerelhető modulszámot is megkérni az ajánlatban. Vagy 60 cellás és 250 W_p-es modul méretet és teljesítményt megadva kérni az ajánlatot. Leginkább a leszállítást, talajmechanikai vizsgálatot, kivitelezést, és ellenőrző visszamérést is tartalmazó ajánlatok hasonlíthatók össze egymással. Az interneten kínált kedvező árú tartószerkezet árelőnye néha elvész a szállítási, a magasabb kivitelezési és a minőségellenőrzési munkálatokkal együtt összehasonlítva.

5.3.1 Tartószerkezet telepítési munkadíjak

A legalacsonyabb munkadíjak vagy tartószerkezet árak, a jól gépesíthető és a gyorsan, kevés művelettel (ezért kevesebb munkaerő igényű) összeállítható, egyszerű tartószerkezetekkel érhető el. A legkorszerűbb tartószerkezetek ún. becsúsztható napelem rögzítésűek (slide in). Ilyen tartószerkezetet alkalmaztak a franciaországi, 300 MW-os Cestas PV erőműnél is. A napelemek telepítését a Cestas erőműnél a magyar OLP-TECH Kft. végezte.



5. ábra: becsúsztható (slide in) napelemes tartószerkezet. A gyorsabb munkavégzés, alacsonyabb költséget tesz lehetővé.

6 Derekegyház HRSZ 015/8 terület hasznosítása, kelet-nyugati tájolású napelemes erőművel

A felhagyott hulladéklerakóról azt az információt kaptuk, hogy a talajtakarás vastagsága 37 cm. Ez a vastagság nem elegendő a lesüllyesztett rögzítő rendszerek alkalmazásához. Ezért a leterheléses rögzítést javasoljuk. A szélterhelésre való statikai méretezés is a kelet-nyugati erőmű kialakításával biztosít kisebb költségeket.

A lesúlyozással rögzített naperőművek tartószerkezetének fajlagos ára MW_p nagyságrendnél: amennyiben használt, vagyis újrahasznosított vasúti beton sínaljakkal („talpfa”) végzik a leterhelést, úgy a fajlagos ár ~120-140 €/kW (250 W-os 60 cellás modulokkal), attól függően, hogy kelet-nyugati vagy déli tájolású a napelem tartó; valamint a sínaljak helyszínre szállítási költsége is befolyásolja az árat.

6.1 Példák hulladéklerakóra telepített naperőművekre Németországban

2013: 1,1 MW, 4488 db modul a Gröbern-i hulladéklerakón. Demonstrációs projekt, nagyon meredek területen (~20°) telepített naperőmű; egyedi tartószerkezettel: <http://goo.gl/beSMib>.

2012: 8,2 MW, 39400 db modul a Dreieich-Buchsschlag-i hulladéklerakón. Részben közösségi finanszírozás, ~7% éves hozammal, tájvédelmi körzet szomszédságában: <http://goo.gl/qP5dAA> és <http://goo.gl/Yi3i30>

2011: 1,711 MW, ~7390 db modul a Schwandorf-i hulladéklerakón. Beton tartószerkezettel: <http://goo.gl/7P9JKS> és <http://goo.gl/HFYeQo>.

2010: 1,2 MW, 6154 db modul a Solar Park Chüttilitz-i hulladéklerakón. Lesúlyozása használt vasúti aljakkal (talpfákkal), pontosabban talpfa párokkal történt: <http://goo.gl/jiyNEI>.



6. ábra: a használt vasúti talpfa alkalmazása környezeti előnnyel is jár, hiszen ez is egyfajta újrahasznosítás.

2011: 1,150 MW, 5112 db modul Solarpark Lunzenau-i, barna mezős területen. Lesúlyozása: használt vasúti aljakkal, talpfa párokkal: <http://goo.gl/kjcJHT> és <http://goo.gl/4VR17N> valamint <http://goo.gl/nYs7fS>

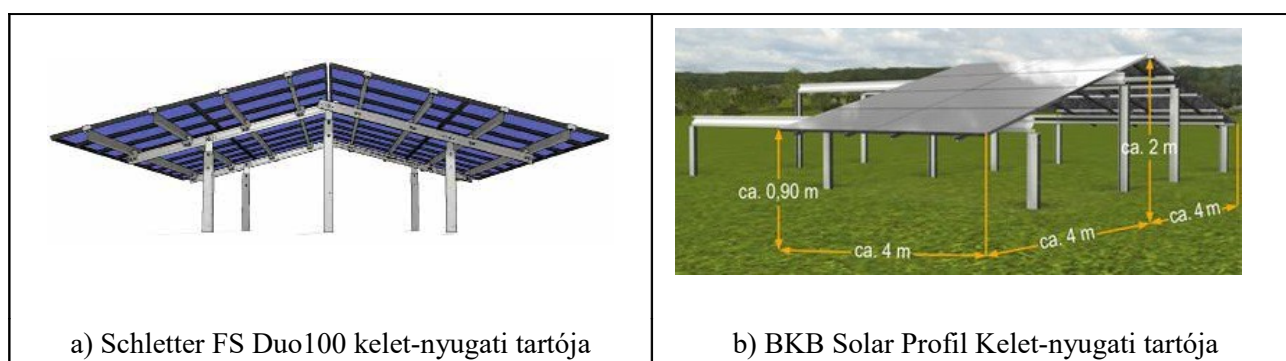
Hulladéklerakóra telepített napelemes erőművek telepítési ajánlása a következő honlapon látható: <http://goo.gl/7mQu3Y>.

6.2 Készen kapható, földre telepíthető, kelet-nyugati tájoláshoz tervezett tartószerkezetek

Az egyelőre ritkább, kelet-nyugati tájolású naperőművekhez is megtalálhatóak a piacon készen kapható tartószerkezetek:

- Schletter FS Duo100: <http://goo.gl/bfbZLH>
- BKB Solar Profil <http://goo.gl/9Cvymk>
- Krinner Flex V <http://goo.gl/tCIWpq>

Utóbbi fajlagos ára ~124 €/kW_p, 250 W_p-es (60 cellás) modulokkal számolva.



a) Schletter FS Duo100 kelet-nyugati tartója

b) BKB Solar Profil Kelet-nyugati tartója

7. ábra: különböző gyártók tartószerkezetei, kelet-nyugati tájolású napelemes rendszerekhez

6.2.1 Többféle leterheléssel kombinálható tartószerkezet, kelet-nyugati tájolású változathoz

Különböző leterhelési módokkal kombinálható tartószerkezetek gyártói például:

- Hill & Smith Holdings: <http://goo.gl/gqmCHT>
- PUK sSolar: <http://goo.gl/Pbv7YA>

6.2.2 További leterheléses tartószerkezetek

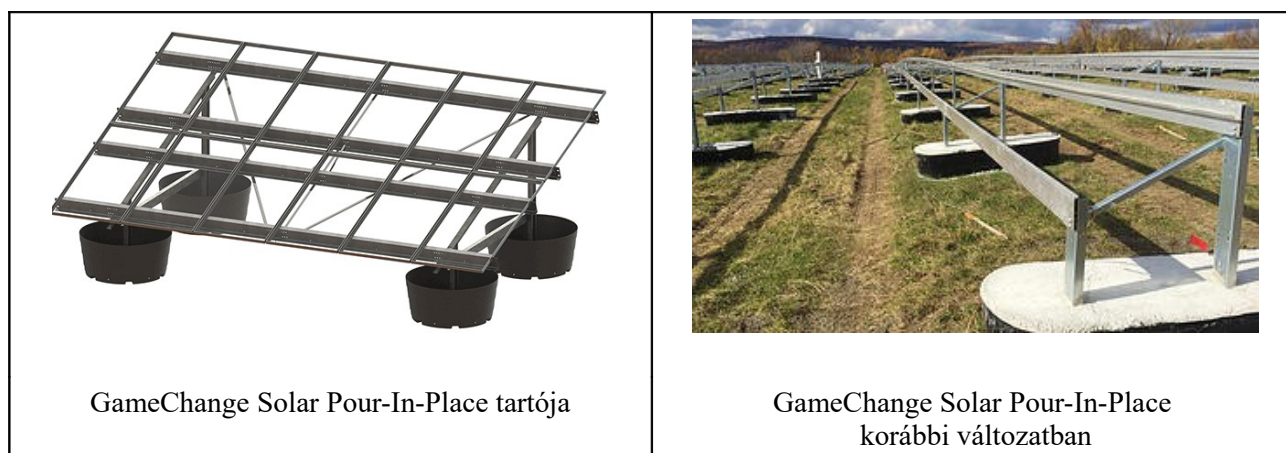
Gyártók, típusok és megvalósítási minták, további leterheléses tartószerkezetekre a következőkben gyártóknál és honlapokon található:

- Schletter PvCombi <http://goo.gl/yr9Qbg>
- S:FLEX Ground Mount System <http://goo.gl/rKa6OX>
- ZV mounting frame with concrete base <http://goo.gl/11uzDj>
- PanelClaw Panda Bear <http://goo.gl/xUBU2h> (nagyon alacsony megengedett talajterheléshez).

6.2.3 Helyszínen betonozott, zsalus „kádás” tartószerkezet

A címben megadott típusú tartószerkezetekre vonatkozó példák:

- GameChange Solar Pour-In-Place: <http://goo.gl/jyg7nD>. Sok hulladéklerakóra telepített rendszer referenciával. Fajlagos ára 10 MW_p nagyságrendnél ~135 €/kW_p.
- 5-Panel Ballasted Ground Mount: <http://goo.gl/1oyLwY>. Gyorsan szerelhető rendszer, galvanizált zsaluval. Fajlagos ára nem ismert, mivel új termék.



8. ábra: különböző gyártók Helyszínen betonozott, zsalus „kádás” tartószerkezetei

6.3 Talajcsavaros rögzítés

Ilyen rögzítési mód esetében a vonatkozó szabvány a galvanizálás minőségére az MSZ EN ISO 1461: 2009 szabvány Egyedi acél tartószerkezet esetében ennek a szabványnak való megfelelést is javasoljuk bekérni a beszállítótól.

További elvárás a talajcsavaros rögzítéssel szemben, hogy a csavar kapaszkodó körme végig hegesztett legyen; valamint a horganyozás igazolhatóan kiállja a köves talajok terhelését is. Ilyen gyártók például: Krinner, Powerscrew.

Elvárt minimális tűzi horgany vastagság talaj csavaroknál: >80 μm (mikrométer).

A talajcsavarok várható élettartama: 25-30 év, a talajminőségtől függően.

A talajcsavarokra vonatkozó, online méretező program²³ is elérhető az Interneten. A talajcsavarok minta minősítése a mellékletben található.

6.4 Földcsavaros rögzítési-módok hulladék lerakókon

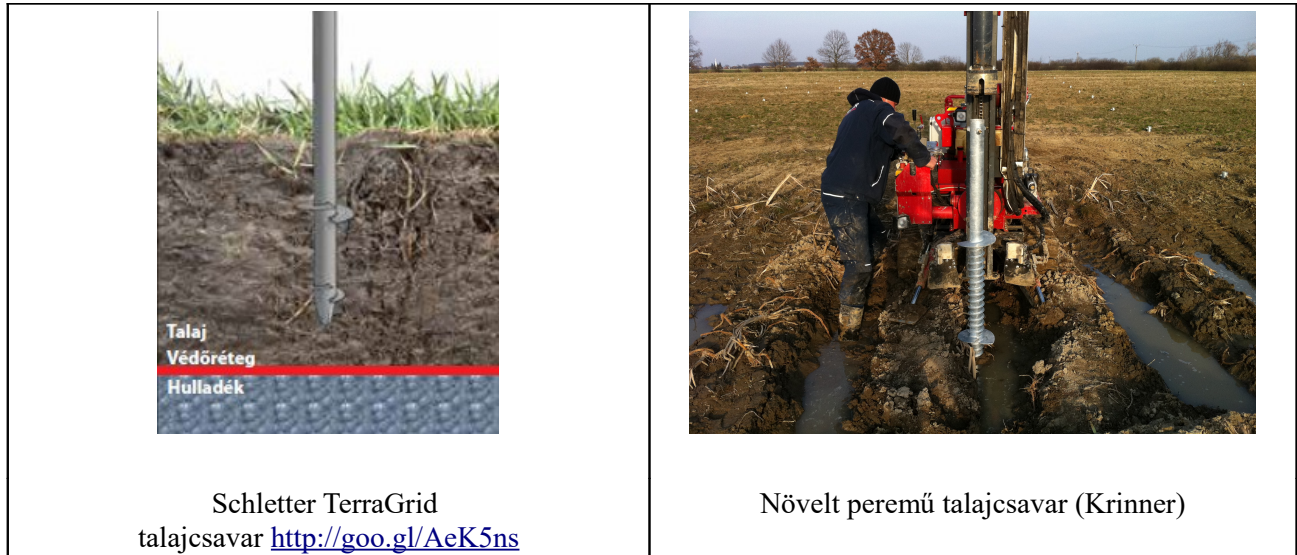
Ilyen típusú rögzítési módok főbb megoldásai például: Schletter TerraGrid és TerraGrid Light.

Fajlagos ár: 500 kW-os PV rendszer esetében 140 €/kW_p (250 W_p-es 60 cellás modulokkal számítva).

²³ <http://www.power-groundscrew.com/supports/simulator.html>

Fajlagos ár 2000 kW-os PV rendszer esetében 135 €/kW_p (250 W_p-es 60 cellás modulokkal számítva).

Földcsavaros rögzítési-módok 1,5 m vastagabb védőrétegű hulladék lerakókon: Schletter TerraGrid és TerraGrid Light.



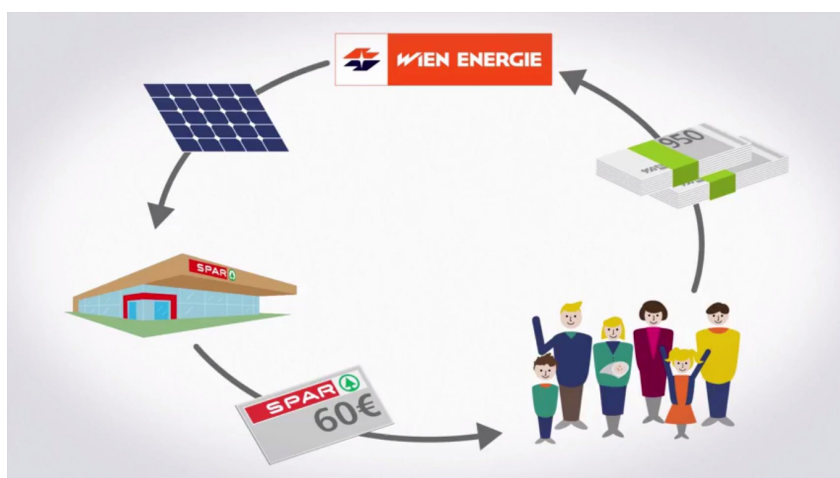
9. ábra: talajcsavar behelyezése hulladéklerakón: sematikus keresztmetszeti vázlat (bal), és valós körülmények között végzett munka (jobb)

7 Finanszírozási megoldások napelemes erőművekhez

7.1 Kupon vásárlási utalvány (Ausztria)

Ebben a modellben a magánszemély vásárlók megadott összegű (950 €) részeket vásárolnak, de legfeljebb 5 db-ot, azaz így áll elő a PV erőműhöz szükséges kezdő tőke („crowdfunding”). Az erőműveket bevásárló központok tetőzetére telepítik (pl. Spar), ami számukra marketing és a zöld villamos energia beszerzés előnyével, valamint hosszú távú vásárlói kapcsolat előnyével jár. Az erőmű-részesedést vásárló magánszemélyek éves bérleti díjat kapnak az egyes részvényekért, de ezt 60 € értékű Spar vásárlási kupon formájában kapják meg, 25 éven keresztül. Azaz a boltlánc garantált forgalommal is számolhat, hiszen a kuponokat csak náluk lehet beváltani. A tulajdonosok számára a felelős befektetésen túl, magasabb éves hozamot (~5%) biztosít ez a megoldás; magasabbat mint az elérhető banki hozamok. A szerződés felmondása legkorábban öt év után lehetséges az ügyfelek számára, 75 € eljárási díj levonása mellett.

Létezik ennek a bérleti modellnek egy kupon nélküli, készpénzes változata is, ahol az üzemeltető vagy telepítő cég (jelen példában a „Wien Energie”) fizeti meg az éves bérleti díjakat. Azonban itthon ez a modell vélhetően pénzügyi tevékenységnek számítana, ezért ehhez a modellhez nehezebbnek gondoljuk a megfelelő partnert megtalálni. Ugyanakkor nincs szükség a kupont kibocsátó szereplőre.



10. ábra: közösségi finanszírozási rendszer sematikus ábrája. Forrás: <https://goo.gl/yqzBMo>

7.1.1 Hazai megvalósíthatóság

Amennyiben egy energia kereskedésre feljogosított cég hajlandó lenne az erőművek telepítését lebonyolítani, megvalósítható lenne a projekt Magyarországon is, azonban mindez kisebb gazdasági hozammal, mert a garantált átvételi ár idehaza alacsonyabb, mint Ausztriában. Olyan országos kereskedelmi hálózattal bíró cég, aki vásárlási utalvány formájában juttatná hozzá az érdekelteket az éves bérleti díjhoz, minden bizonnyal nálunk is megtalálható. Előnye, hogy az energiakereskedésre feljogosított napelemes erőmű telepítő cégnek nem kell nagy számú lakossági ügyféllel tartania a kapcsolatot, ami költségmegtakarítást jelent és vélhetően ez a megoldás nem számít pénzügyi tevékenységnek sem.

E rendszerről további részletek itt érhetőek el: <https://goo.gl/38fmjS>.

7.2 Energia szövetkezet (Spanyolország)

Ebben a modellben a tagok 100 € kezdeti tőke-hozzájárulást fizetnek. A szövetkezet energiát termel napból, szélből, biogázból, biomasszából és értékesíti a tagjai számára. Spanyolországban ugyanazon az áron képesek szolgáltatni a megújuló alapú villamos energiát, mint a hálózati "szürke" energia ára. Ezt természetesen az is segíti, hogy Spanyolországban Madrid térségében a naperőművek fajlagos hozama $\sim 1600 \text{ kWh/kW}_p$, míg nálunk ez az érték $\sim 1150 \text{ kWh/kW}_p$.

7.2.1 Hazai megvalósíthatóság

Magyarországon ez a modell elméletileg megvalósítható. A részletes elemzés külön megvalósíthatósági tanulmányt igényelne, és jelen dokumentum terjedelmi kereteit meghaladná. A megvalósítás nagyon magas kezdeti beruházási igények mellett (cégalapítás, jogosultságok megszerzése) valósulhatna meg. Valamint jelenleg (2016-ban) csak magánszemélyek és néhány egyetemes díjszabáshoz tartozó közület árszintjén, az A1-II tömb és A2 díjszabás mellett lenne műszakilag lehetséges, azonos áron energiát szolgáltatni megújuló forrásokból, a közösségi léptékű erőművek szintjén. A szervezet felállítása Magyarországon években mérhető időt venne igénybe (Spanyolországban ez kb. ~ 3 év volt), valamint méretét tekintve a néhány ezres fizető ügyfélszám alatt szinte biztosan nem tudna gazdaságosan működni. A hazai működő energiaszolgáltató cégek közül ez a modell leginkább a VPP-re²⁴ (virtuális erőműre) hasonlít.

Vagyis az egyes erőműveket egy szervezet vonja össze, egy ún. virtuális erőművé, aminek beépített kapacitása, teljesítménye jóval meghaladja a kiszolgált fogyasztók igényeit, de így mindenkor, még ingadozóan elérhető (időjárásfüggő) megújuló energiaforrások alkalmazása esetén is képes energiát szolgáltatni. Jellemzője a virtuális erőműveknek az igen magas rendelkezésre állás. Ugyanakkor nem garantált, hogy termelők mindig értékesíteni tudják az energiájukat. Ilyen energiatermelő összeállításban biztosan szükség van vízenergia, biogáz és biomassza alapú kiserőművekre is, hiszen ezek szabályozhatósága könnyebben megvalósítható.

Spanyolországban ~ 33800 szerződött ügyfele van a nonprofit szervezetnek.

További részletek a következő honlapon érhetőek el: <https://www.somenergia.coop>.

7.3 Ipari fogyasztókkal való együttműködés (Németország)

Ebben az esetben a naperőmű fel van osztva részekre, és a termelt energia „önfogyasztás” kiváltására fordítódik. Vagyis a napelemes erőmű egy része egy konkrét vállalaté és a termelt villamos energia is hozzá kerül, de a nagyobb erőmű telepítését egybevonva végzik, így megoszlanak egyes költségek, olcsóbbá válik a termelt villany. A megosztható költségek, a kulturális örökségvédelmi vizsgálat (illetve régészet), a tűzvédelmi rendszer és szakvélemény. Egybevonható a vagyonvédelem a kamera rendszerrel és a kerítéssel. Együtt telepítve kisebbek lehetnek a tervezési, szállítási, felvonulási, kivitelezési díjak és költségek, stb. Vagyis az együttműködés gazdasági előnye a méretgazdaságosságból adódik. Az üzemeltetési költségek is megoszlanak, ami szintén javítja a megtermelt villamos energia önköltségi árát (LCoE).

²⁴ www.vpp.hu

7.3.1 Hazai megvalósíthatóság

Magyarországon e modell elméletileg megvalósítható. Amennyiben az ipari fogyasztó(k) fizikailag közel esik (esnek) az egyben letelepített, de különálló részekre osztható erőműhöz és az egyéb költségek (energia továbbítás, átíratási költségek, szolgalmi jogok, telekkönyvi díjak, ügyvédi díjak, stb.) nem haladják meg az elért megtakarításokat. A fentebbi, németországi példában említett „felosztott” PV erőművet az IBC Solar cég telepítette, amely egyébként a 16 MW_p teljesítményű mátrai naperőművet is²⁵.

Hazai megvalósíthatóságot valamelyest segítheti, hogy a hulladéklerakók az önkormányzat elidegeníthetetlen tulajdonát képezik, de bérbe lehet adni, azaz így ez a terület is termelhet valamennyi jövedelmet.

Ennek a finanszírozási formának elsősorban Újhartyánban lenne létjogosultsága.



11. ábra: a Hölzgraben-i napelemes erőmű távolsága a termelt villamos energia végfelhasználóitól.

Hölzengraben-i projekt együtt telepítve 6 360 kW_p teljesítményű, öt különböző tulajdonos között megosztva, amit a következő ábrán a színes feliratok jelölnek. Érdekesség, hogy két erőmű egység külön csatlakozik a 20 kV-os középvezetési villamos hálózathoz²⁶.

²⁵ <http://goo.gl/EwwF1M>

²⁶ <http://goo.gl/pyRqBW>



12. ábra: a Hölzgraben-i napelemes erőmű felosztása.

További részletek e megoldással kapcsolatosan a következő weboldalon érhetőek el:
http://www.wve-kl.de/wve_kl_de/regenerative_energien/Gesellschaft.html

7.4 Prémium típusú támogatás

T/10095. számú törvényjavaslat szerint a napelemekkel termelt villamos energia, energia tőzsdén értékesített ellenértékén felül ún. ártámogatásban lehet részesülni. Ennél a finanszírozási formánál is fontos a kedvező önköltségi ár, hiszen várhatóan csak a legkedvezőbb projektek számára lesz elérhető az ártámogatás. Az ártámogatással elért teljes ár vélhetően hasonló lesz a KÁT rendszerben elérhető árhoz²⁷.

7.5 Társasági adó levonás (TAO) mint lehetőség a közösségi naperőmű támogatására

Arra is találni példát, hogy a helyi vállalkozók az ún. TAO, vagyis „A társasági adó alanya a

²⁷ <http://goo.gl/uS25u>

jóváhagyott sportfejlesztési programmal rendelkező amatőr vagy hivatásos sportszervezet, közhasznú alapítvány, köztisztület, vagy a látvány-csapatsport országos sportági szakszövetsége (továbbiakban sportszervezetek) részére – a támogatási igazolás kézhezvételét követően – teljesített támogatás (juttatás) után jogosult a társasági adóról és az osztalékadóról szóló 1996. évi LXXXI. törvény (a továbbiakban: Tao. tv.) 22/C. §-ában rögzített adókedvezmény igénybevételére [Tao. tv. 22/C. § (3) bekezdés].” Ilyen módon került naperómű a gyömrői sportcsarnok tetőzetére is²⁸.

7.6 További példák közösségi napelemes erőművekre Németországban

A következő honlapon közel százas nagyságrendben találhatóak – fényképekkel is illusztrált – példák közösségi napelemes erőművekre:

<http://www.sonneninitiative.org/buergersonnenkraftwerke.html>

7.7 Napelemes erőművek földre történő telepítéséhez kapcsolódó egyéb költségek

A napelemes erőmű fizikai megvalósításán túl további, járulékos költségek merülhetnek fel, melyek az adott helyszíntől és projektől függenek.

- szükséges, a szomszédos ingatlan tulajdonosok hozzájárulása, és ehhez kapcsolódóan esetleges kártalanításuk merülhet fel,
- a 314/2005. (XII. 25.) kormányrendelet szerinti előzetes vizsgálati eljárás és/vagy környezeti hatásvizsgálat lehet szükséges, amely kidolgozása, hatósági eljárási díja növeli a beruházás költségét. Megemlítjük, hogy a környezetvédelmi jogszabályok szempontjából a PV erőműhöz egyes kapcsolódó létesítmények is engedélyezési eljárás hatálya alá eshetnek; így például villamos légvezeték létesítése (20 kV-tól),
- az igénybe vett termőföldek más célú hasznosításának díjai, és járulékai,
- áramszolgáltatói terv jóváhagyás díjai,
- földmérési díjak,
- esetleges egyéb szakhatóságok igazgatási szolgáltatási és eljárási díjai,
- termőföld piaci ára,
- stb.

Mindezek a díjak szintén a méretgazdaságosság irányába hatnak, azaz egy nagyobb teljesítményű erőmű esetén a felmerült költségek a fajlagos teljesítményre vetített árat (€/kW_p) kevésbé növelik.

²⁸ <http://goo.gl/xqveUw>

8 Kelet-nyugati tájolású napelemes erőművek gazdasági előnyei és hátrányai

8.1 Éves hozam mértéke területegységre vetítve

A derekegyházi 015/8 HRSZ területre vizsgálva a kelet-nyugati tájolású erőmű területére vetített hozama $\sim 108 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$, míg a megszokott déli telepítéssel ez a szám $\sim 69 \text{ kWh/m}^2 \text{ év}$, 265 W_p -es 60 cellás modulokkal számolva. Vagyis közel 60%-al több jövedelmet tudunk így ugyanarról a területről termelni, mivel a karbantartási költségek is alacsonyabbak.

8.2 A K-NY-i tájolású napelemes erőművek éves hozama teljesítményre vetítve

A kelet-nyugati tájolású erőművek fajlagos éves hozama (Derekegyházán) $\sim 1050 \text{ kWh/kW}_p/\text{év}$; míg a déli tájolóással telepített PV erőművéké $\sim 1170 \text{ kWh/kW}_p/\text{év}$. Ezek az értékek gyakorlatilag Újhartyánra is érvényesek.

8.3 A K-NY-i tájolású napelemes erőmű rendszer ára

A kelet-nyugati tájolású PV erőmű a vizsgált derekegyházi, 3,7 hektár nagyságú területen fajlagosan mintegy 10-13%-kal alacsonyabb költséggel megvalósítható. A fajlagosan kisebb szállítási költség, fajlagosan kevesebb kábelezés, fajlagosan kisebb költségű villám és vagyonvédelem és a kedvezőbb költségű tartószerkezet miatt.

8.4 A K-NY-i tájolású napelemes erőmű karbantartása

A kelet-nyugati erőművek karbantartási költsége mintegy 10-12%-kal alacsonyabb költséget jelentenek a beépített teljesítményre fajlagosítva. A kisebb kaszálási és széna elszállítási költségek, az egyszerűbb, integráltabb tisztítási és gazdaságosabb ellenőrzési időszakos átvizsgálási költségek miatt.

8.5 A K-NY-i tájolású napelemes erőművek hátrányai

Amennyiben a területi megtakarítási előnyök 25 év távlatában sem jelentkeznek, vagyis az önkormányzat számos, sem mezőgazdasági, sem ipari hasznosításra nem alkalmas, kis piaci értékű területtel rendelkezik, ugyanakkor az adott középvezetési hálózat nem képes befogadni a megtermelt villamos energiát, a kelet-nyugati erőművek fajlagos előnyei elvesznek.

Ha a 20 kV-os villamos hálózat képes fogadni a PV erőmű által termelt energiát, ilyen esetben érdemes a hatósági engedélyeztetési idők, és a tervezési idők veszteséget jelentő időszakát is mérlegelni (pl. régészeti feltárás), még kis piaci értékű területek esetében is. Hiszen fél év alatt is, 1 ha területen, egy kelet-nyugati telepítésű PV erőmű $\sim 500.000 \text{ kWh}$ energiát képes termelni. Tehát előfordulhat, hogy két külön helyszínen megvalósított 500 W_p -es, déli tájolású erőmű kevesebb gazdasági hasznot termel, még az első években is, mint az egyben telepített de gyakorlatilag az egyik erőmű helyén elférő kelet-nyugati tájolású erőmű.

9 Levelized Cost of Electricity (LCoE) számítás

Az „LCoE” mutató a napenergiából termelt villamos energia „önköltségi árát” hivatott kifejezni, azzal a céllal, hogy összehasonlítható legyen a piaci energia árakkal. Számítása a következő módon történik: minden, élettartam alatt jelentkező kiadási költség, elosztva az élettartam alatt megtermelt, minden értékesíthető energia mennyiségével.

A számítás figyelembe veszi a pénz jelenértékét is, valamint az inflációt is.

Kelet-nyugati tájolású napelemes erőművel termelt villamos energia „önköltségi” ára a helyszíni adottságok alapján: 0,0695 €/kWh.

Fontos, hogy e megállapítás csak a következőkben részletezett pénzügyi input paraméterek és műszaki tartalom mellett érvényes!

9.1 Az LCoE számításhoz használt pénzügyi bemeneti adatok

A megadott LCoE (kiegyenlített önköltség) 26 év élettartam mellett érvényes.

Alkalmazott leszámítolási kamatláb („discount rate”) 2016, 05 hónaptól: 2,37%.²⁹

Ennek az értéknek a további csökkenésére lehet számítani Magyarországon, a többi európai ország adatai alapján, ami a fajlagos önköltségi ár további csökkenését eredményezi. Például 2%-os leszámítolási kamatláb esetén az LCoE = 0,0682 €/kWh lenne.

A feltételezett, hosszú távú infláció: 2% (Az MNB stratégiai cél alsó sávja.)

Becsült fajlagos rendszer ár: 1130 €/kW (Minden felmerülő költséget beleértve, nem csak az erőmű költsége!) Stagnáló csak lassan csökkenő érték.

Becsült fajlagos éves karbantartási költség: 10 €/kW_p/év. (A helyi önkormányzat általi munkavégzéssel csökkenthető érték.) Például 5 €/kW_p év karbantartási költség esetén az LCoE = 0,0645 €/kWh-ra csökkenhet.

Hitel: MNB Növekedési Hitelprogram 100%.

Futamidő: 10 év.

Kamat: 2,5% (amíg elérhető).

Feltételezett támogatott átvételi villamos energia átlagár: 0,1025 €/kWh³⁰.

Megjegyzés: Az új METÁR rendszerben (megújuló energia támogatási rendszerben) is ilyen árat feltételezünk, a piaci ár feletti kiegészítő támogatással (prémiummal) együtt.

Éves biztosítás a beruházási érték százalékában: 0,5%.

Nyereség adóval modellünk nem számol.

²⁹ Forrás: http://ec.europa.eu/competition/state_aid/legislation/base_rates_eu28tris_en.pdf

³⁰ <http://goo.gl/3xedy5>

Hálózati áramkimaradásokkal (a szolgáltató hibájából) és ebből adódó veszteségekkel a modellünk nem számol.

9.2 Az LCoE számításban figyelembe vett, műszaki tartalom

Az önköltségi ár számításához a következő műszaki paraméterekkel számoltunk:

- transzformátor átlagos vesztesége: 0,5% (optimista érték),
- AC veszteség: 1% (optimista érték),
- DC vezeték veszteség: 1,5% (optimista, szokásos érték),
- napelem éves degradációja: 0,6% (optimista, szokásos érték),
- napelem hőmérsékletfüggő teljesítmény vesztesége: $-0,431\%/^{\circ}\text{C}$ (optimista, szokásos érték),
- napelem modul illesztetlenség veszteség (mismatch): 1,5%,
- napelem modul pozitív teljesítmény tolerancia: 1,5% (ma már szokásos érték),
- inverter európai súlyozott hatásfoka: 98,003% (ma már szokásos érték),
- inverter és napelem cserével nem számolunk az élettartam alatt,
- DC túlméretezés: 1,14 (kelet-nyugati naperőmnél megengedett),
- dióda és csatlakozási veszteségek: 0,5% (szokásos érték),
- tartószerkezet iránya: $\pm 90^{\circ}$ (kelet-nyugati),
- tartószerkezet lejtésszöge: 15° ,
- sorok közötti szabad út: ~ 2 m.

Mint látható, a napelemmel előállított villamos energia árát a meteorológiai és domborzati adottságokon kívül, ~ 24 tényező befolyásolja, változó mértékben. Ezért a feladat összetettsége miatt a számításhoz számítógépes szoftvert használunk, ami az év minden órájára elvégzi a számítást, és figyelembe veszi a 26 év alatt lezajló pénzügyi és műszaki változásokat is.

Ezek közül négyet nem tudunk befolyásolni, vagy megválasztani:

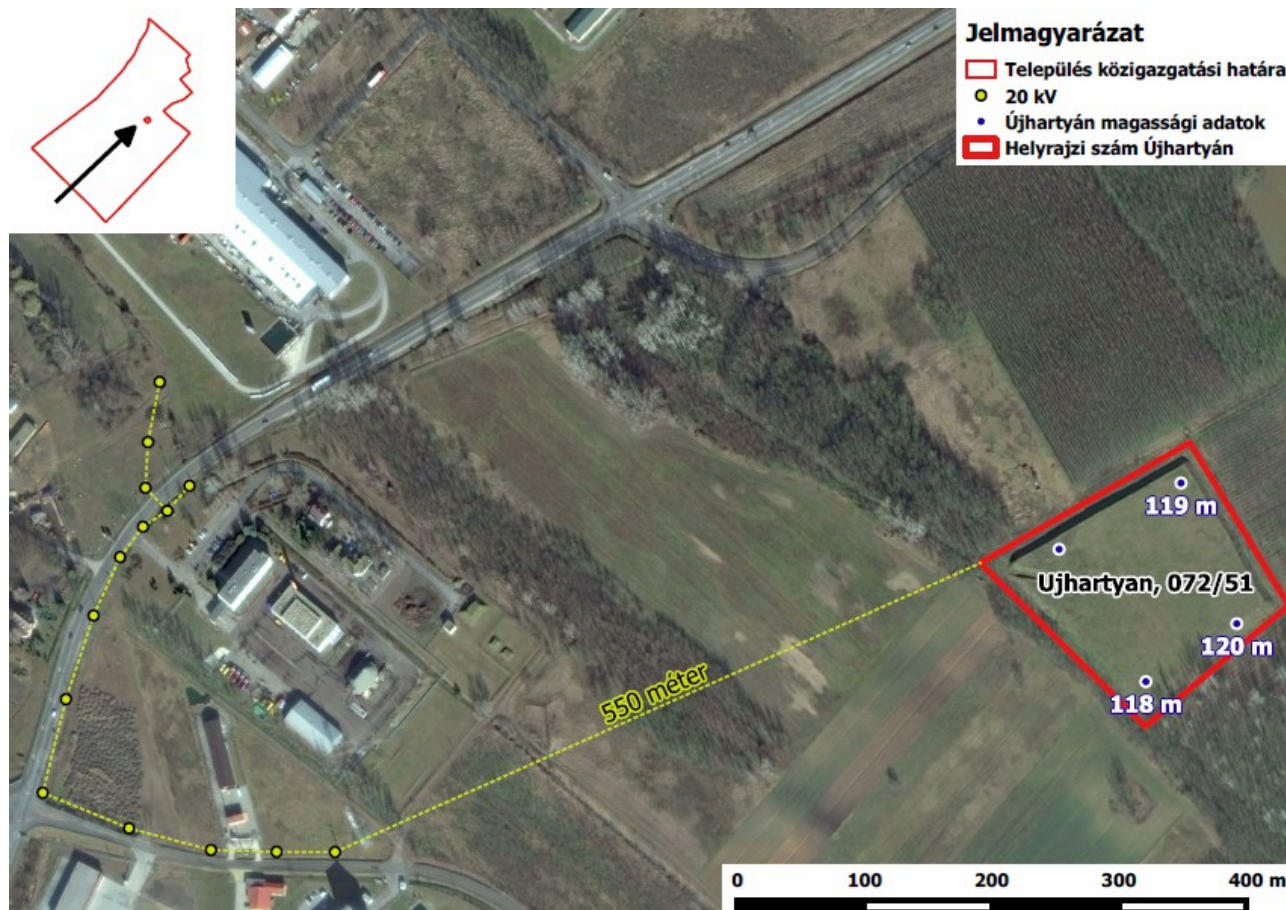
- az inflációt,
- az átvételi árat,
- a meteorológiát,
- illetve a domborzat vagyis a táj árnyékhatását.

Topográfiai adottságok:

A modell figyelembe veszi még a domborzat vagyis a környező táj árnyékhatását is, mint veszteséget. Esetünkben (a konkrét helyszínre) ez a hatás elhanyagolható.

10 Látványtervek, napelem-kiosztási tervek, és Cash Flow ábrák

10.1 Az Újhartyánba javasolt erőmű szemléltetése



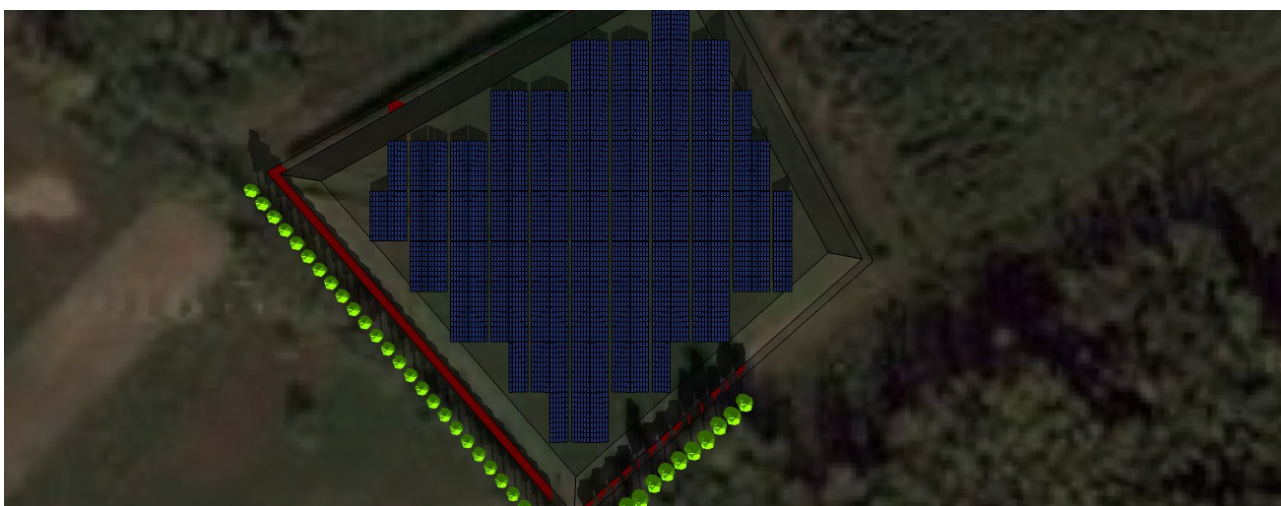
13. ábra: a kijelölt terület elhelyezkedése Újhartyánban.

A 20 kV-os közepfeszültségű hálózat bővítésének fajlagos ára kb. ~25000 €/km, azaz a hiányzó távvezeték szakasz megközelítőleg ~15000 € költséget jelent a szolgalmi jogok megszerzésének díjai nélkül.

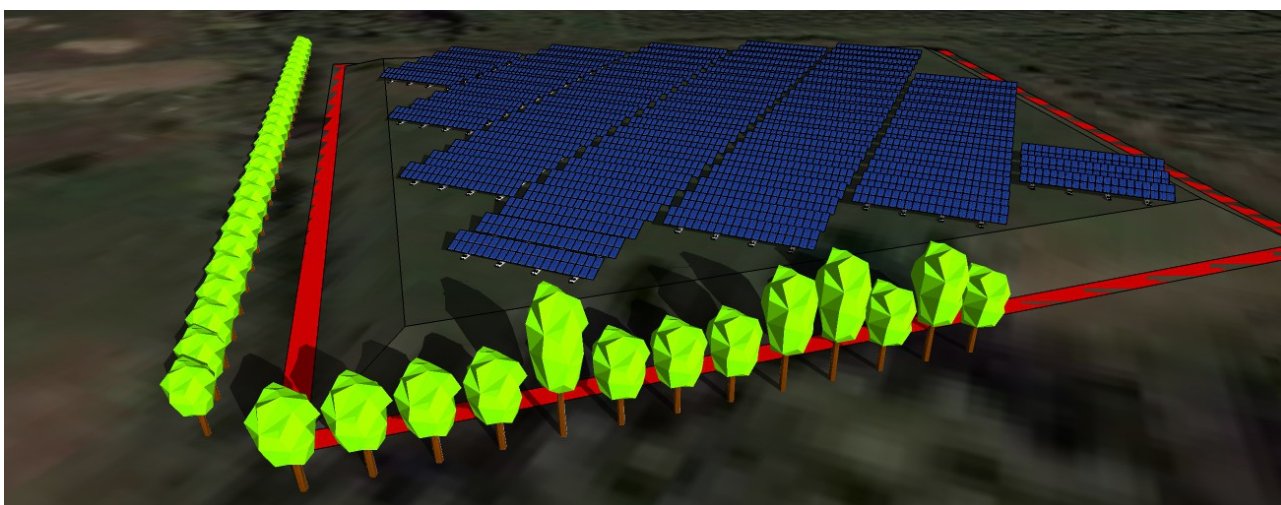
Szóbeli közlés alapján a meglévő 22 kV-os közepfeszültségű hálózat $4 \times 95 \text{ mm}^2$ keresztmetszetű légvezetékekkel van kiépítve, vagyis elméleti szinten a vezetékhálózat hálózat fizikai adottságai megfelelhetnek a termelendő energia fogadására.



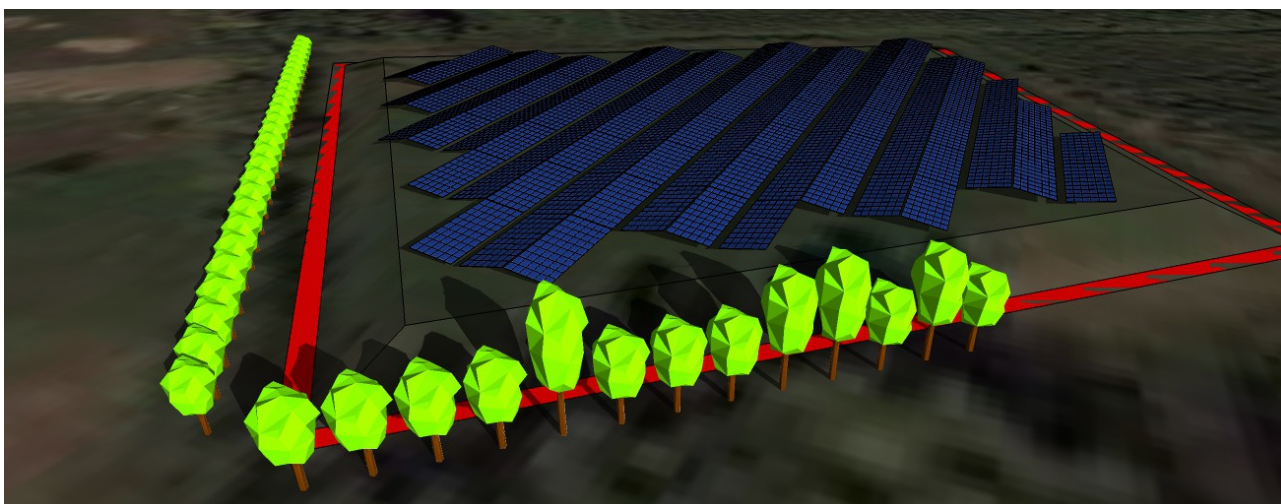
13. ábra: déli irányú telepítéssel 3640 db modul fér el. $265 W_p$ és 60 cellás modulokkal számolva ez 964 kW összteljesítmény lenne.



14. ábra: kelet-nyugati irányú telepítéssel 6420 db modul fér el. $265 W_p$ -es 60 cellás modulokkal számolva ez 1701 kW összteljesítmény.

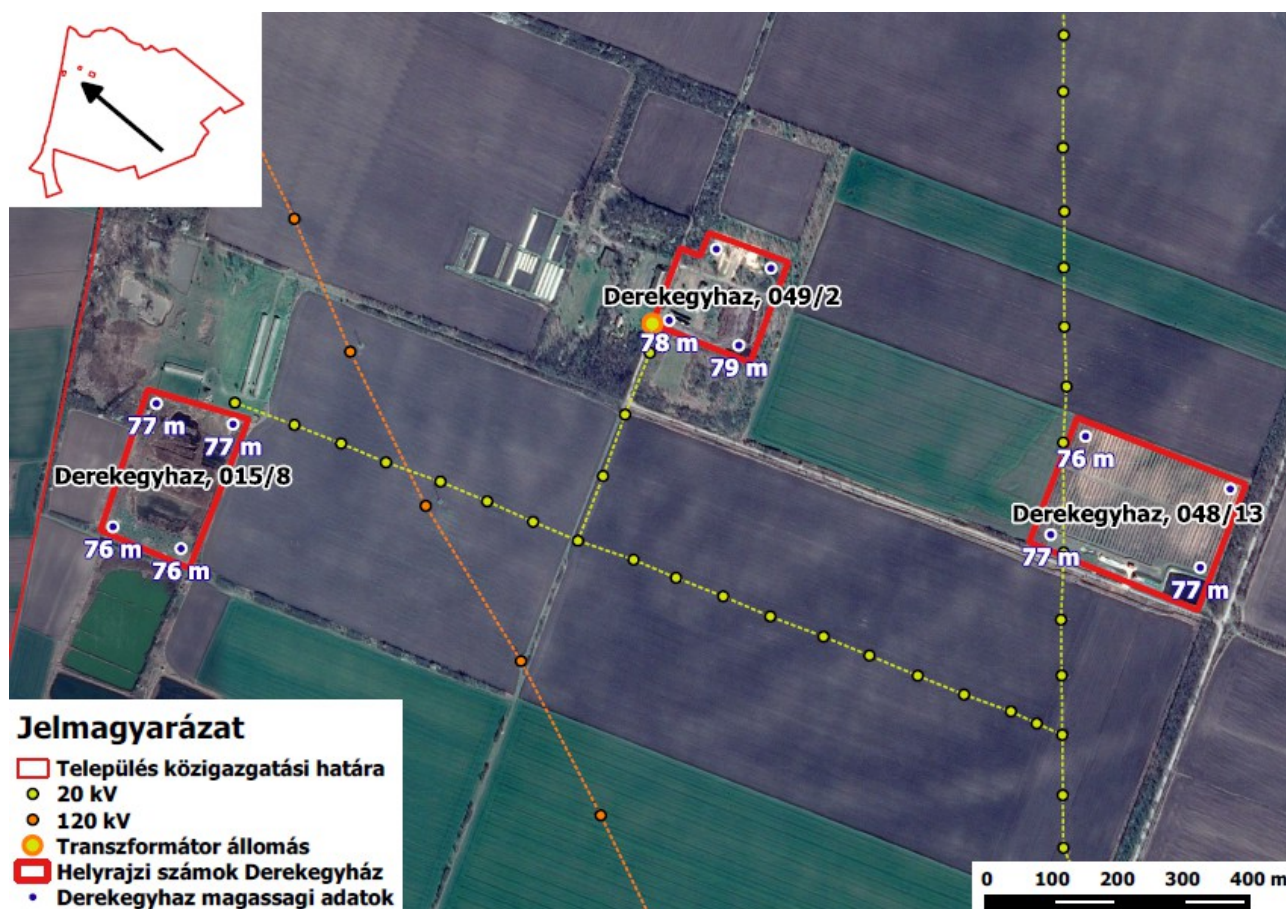


15. ábra: a környező fák árnyékhatása, és a kiemelt domborzat miatt valamelyest lecsökkent a felhasználható szabad terület.



16. ábra: a környező fák árnyékhatása, és a kiemelt domborzat miatt valamelyest lecsökkent a felhasználható szabad terület. Ez az adottság is inkább a kelet-nyugati erőműveknek kedvez.

10.2 A Derekegyházra javasolt erőművek szemléltetése



17. ábra: áttekintő térkép a naperőmű területek elhelyezkedéséről.

Az ábráról látható, hogy a 22 kV gerincvezeték keresztezi területet; ez a nyárfaerdős szennyvíztisztító terület. Erre a területre a kép közepe táján látható vízfelület esetleges napelemes hasznosítását javasoljuk.

Ennek több oka is van. Az egyik, hogy a vízfelületre telepített, ún. úszó vízerőmű egyszerre két megoldást nyújt, csökkenti a víz párolgását, algásodását és villamos energiát termel úgy, hogy nem vesz el újabb földterületet.

A másik ok, hogy Európában, Japánban, Kaliforniában, stb. több helyen valósítottak meg már ilyen; Magyarországon azonban még nem, így ez akár ún. „**Demonstrációs**” projekt is lehetne, ami az új 10095. sz. törvény tervezetben szereplő megújuló áram ár támogatási rendszerben előnyt jelenthet.

10.2.1 Potenciális úszó naperőmű tartószerkezet beszállítók

A legtöbb nemzetközi referenciával rendelkező (5 MW_p+) francia szállító a Ciel & Terre nevű cég, melynek „Hydrelío” rendszere³¹ ~20 év élettartamú, és ~190 km/h szélterhelésig alkalmazható. A rendszer elviseli az öntözésből adódó vízszintváltozásokat, vagy akár az öntöző tó kiürülést is³². Továbbá 2011 óta Franciaországban, Piolenc városában működik a cég egyik rendszere egy bányatavon. Ezzel a rendszer fagyállósága is igazolt³³ a gyakorlatban.

Létezik egy olasz szállító is, aki szintén rendelkezik több referenciával e területen: NRG Energia cég, NRG Island rendszere³⁴.

10.2.2 Az úszó napelemes erőmű várható energiatermelése

Helyigénye: ~10,6 m²/kW_p (260 W_p modulokkal számolva)³⁵. Tehát a szóban forgó, ~2300 m² vízterület mintegy 216 kW_p csúcsteljesítményű kiserőmű fogadására lenne alkalmas vagy egy 50 kW_p-es, ún. „Háztartási Méretű Kiserőmű” (HMKE) fogadására, próbarendszerként (pilot projekt).

Az öntözötávon éves szinten megtermelhető villamos energia mennyisége : ~**246000 kWh/év**.



100 kW_p teljesítményű úszó naperőmű; a Ciel & Terre cég Hydrelío rendszere (<http://goo.gl/bIP9wu>)



NRG Energia cég NRG Island rendszere (<http://goo.gl/PU7Oe7>)

18. ábra: megvalósult, úszó napelemes rendszerek fényképei

³¹ <http://goo.gl/8o9gsv>

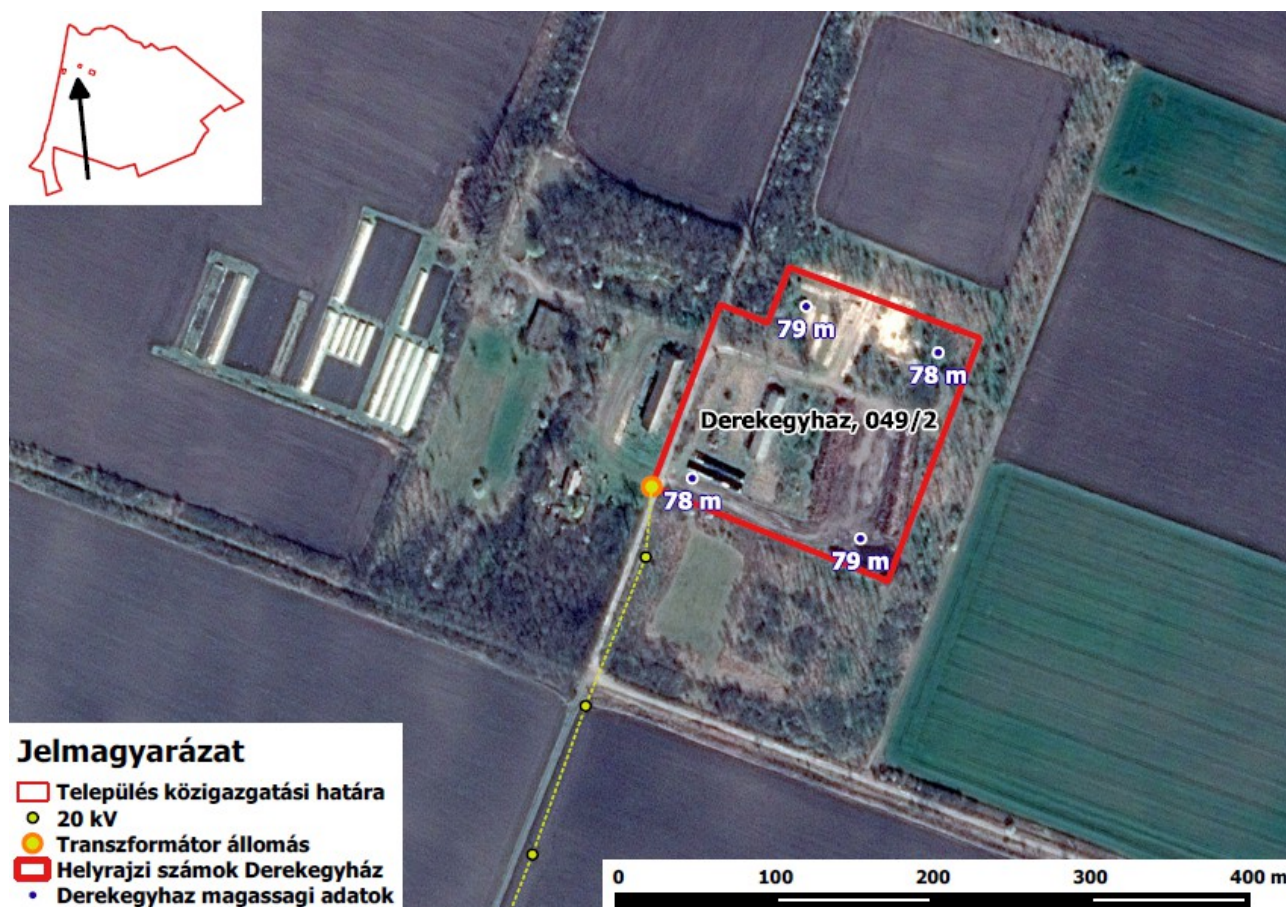
³² <http://goo.gl/dmnmoZ>

³³ <http://goo.gl/42Iu05>

³⁴ <http://goo.gl/PU7Oe7>

³⁵ <http://goo.gl/dmnmoZ>

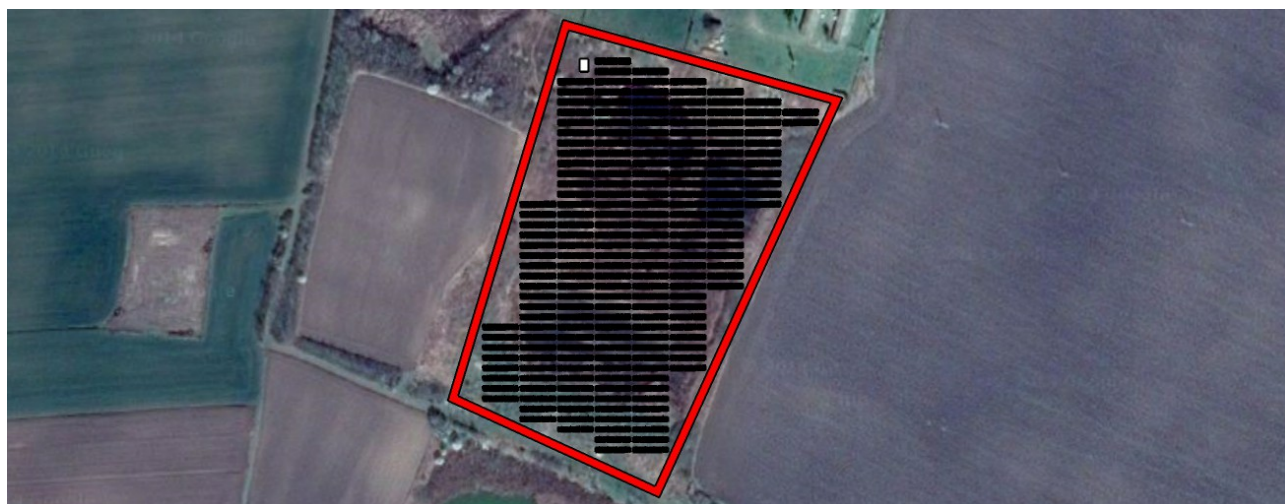
A következő ábrákon az egyes derekegyházi projekt helyszínek kerülnek bemutatásra, magassági adatokkal, villamos vezeték nyomvonallal, légifotók segítségével; megadva egyidejűleg azt is, hogy melyik javasolt vagy esetleg kevésbé javasolt a projekt megvalósítására.



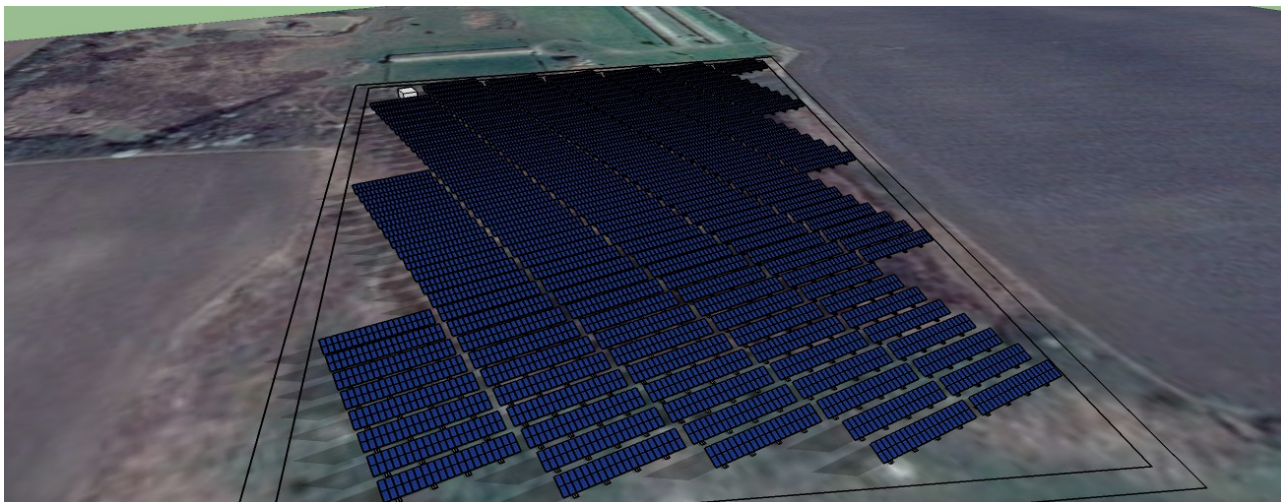
19. ábra: Ennek a területnek előny, hogy transzformátor állomással rendelkezik ugyanakkor a közeli szántóföldek porhatása és méretgazdaságosság miatt nem ezt a területet javasoljuk. Illetve méretéhez képest úgy tűnik fajlagosan több területrendezési költség adódna mint a következő helyszínen.



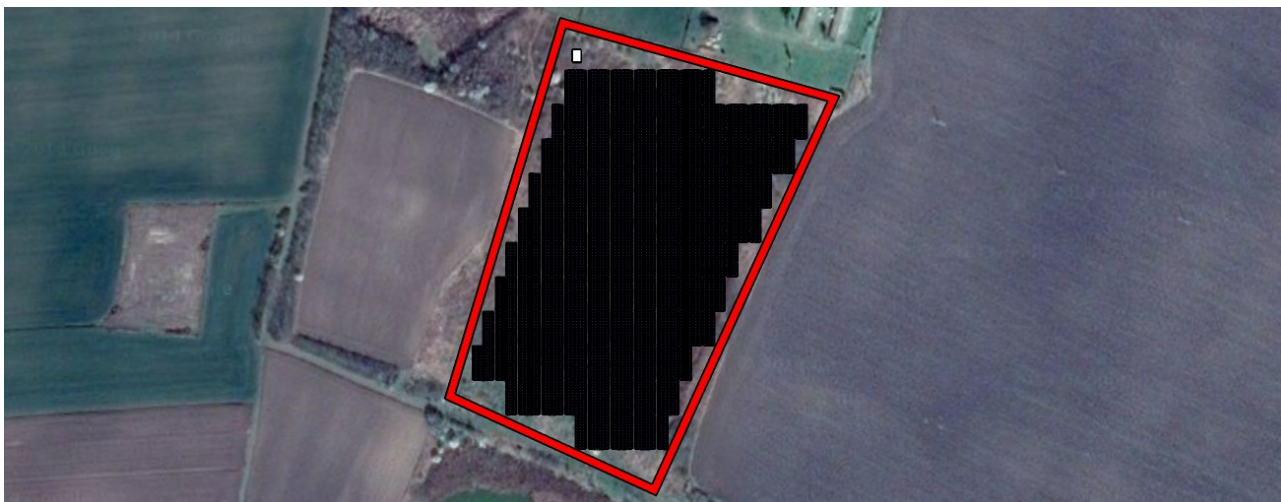
20. ábra: ez a terület több szempontból is megfelelhet naperőmű telepítésére: a 20 kV-os villamos betáplálása közel esik, és északról megoldott, azaz nem árnyékol. A 120 kV közelsége hosszú távon esetleg továbbfejleszthetővé teszi a PV energiaparkot. Továbbá méretéből adódóan is jól kihasználhatóak lennének a méretgazdaságossági előnyök.



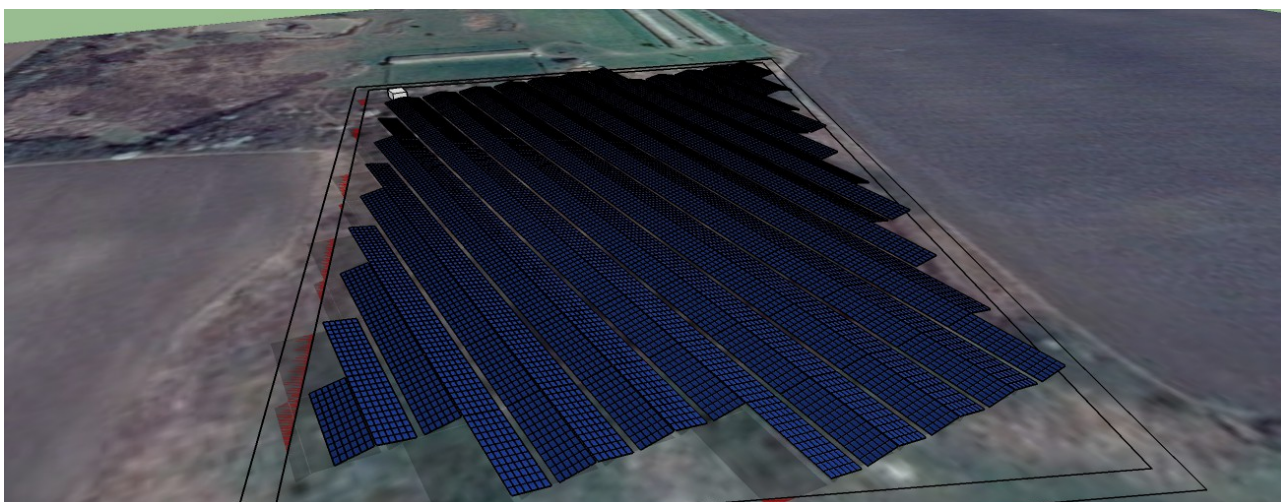
21. ábra: déli telepítésű naperőmű látványterve felülnézetből. Így 8160 db modul fér el, amely ~2162,4 kW_p összteljesítményt jelent (265 W_p teljesítményű, 60 cellás modulokkal számolva).



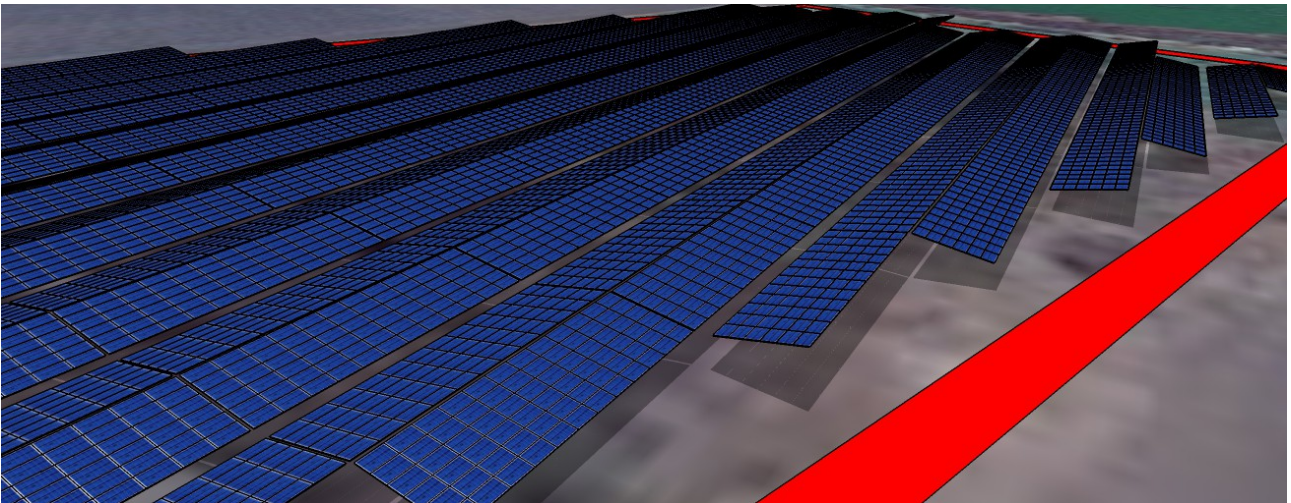
22. ábra: a déli telepítésű naperőmű látványterve a 015/8 HRSZ felhagyott hulladéklerakó területén



22. ábra: a hulladéklerakóra telepített, kelet-nyugati tájolású napelemes erőmű látványterve felülnézetből. Így ugyanarra a területre 14472 db napelem modul fér el, ami 3835,08 kW_p csúcsteljesítményű naperőművet jelent (256 W_p-es 60 cellás napelem modulokkal számolva).

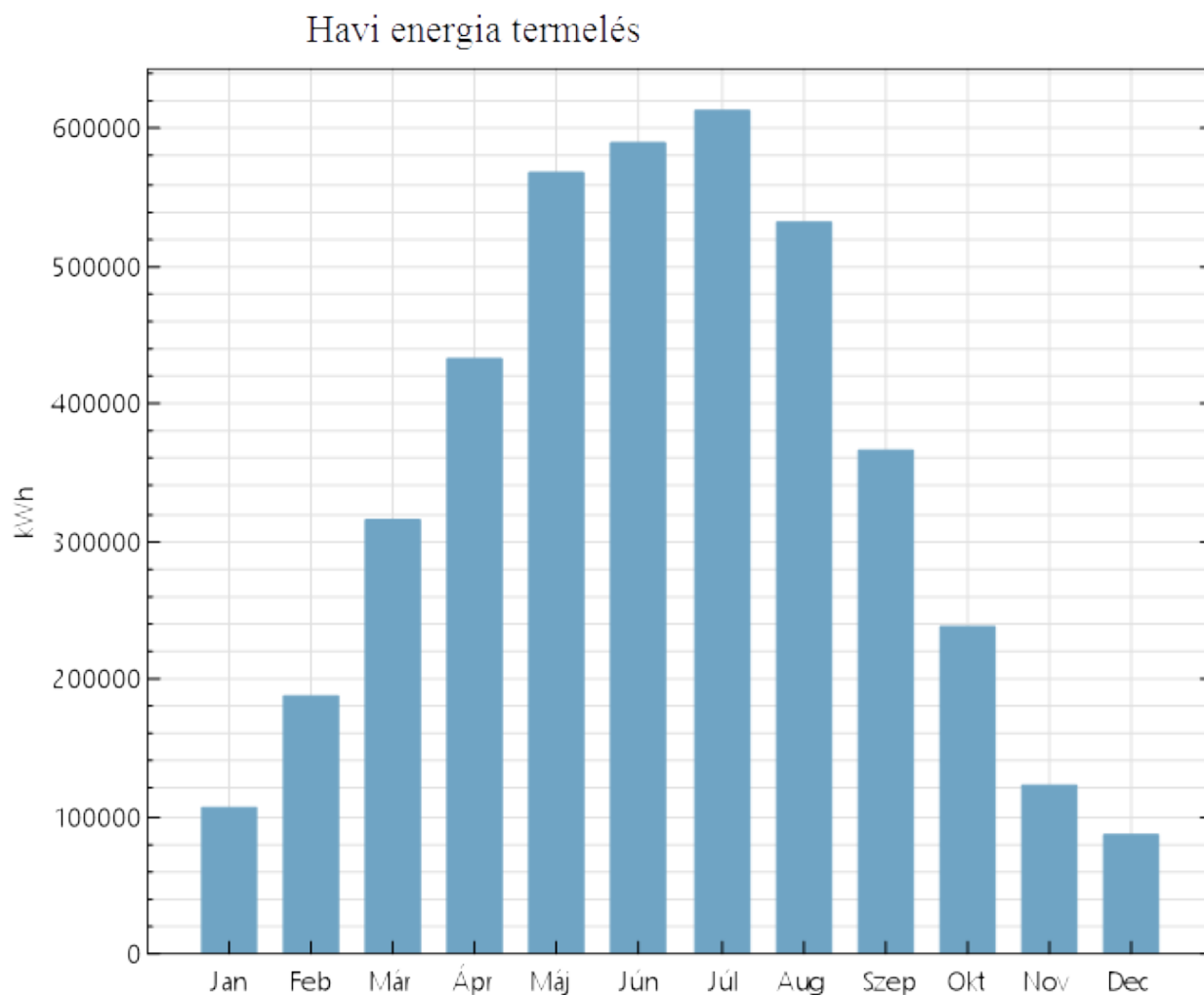


23. ábra: a kelet-nyugati tájolású erőmű látványterve

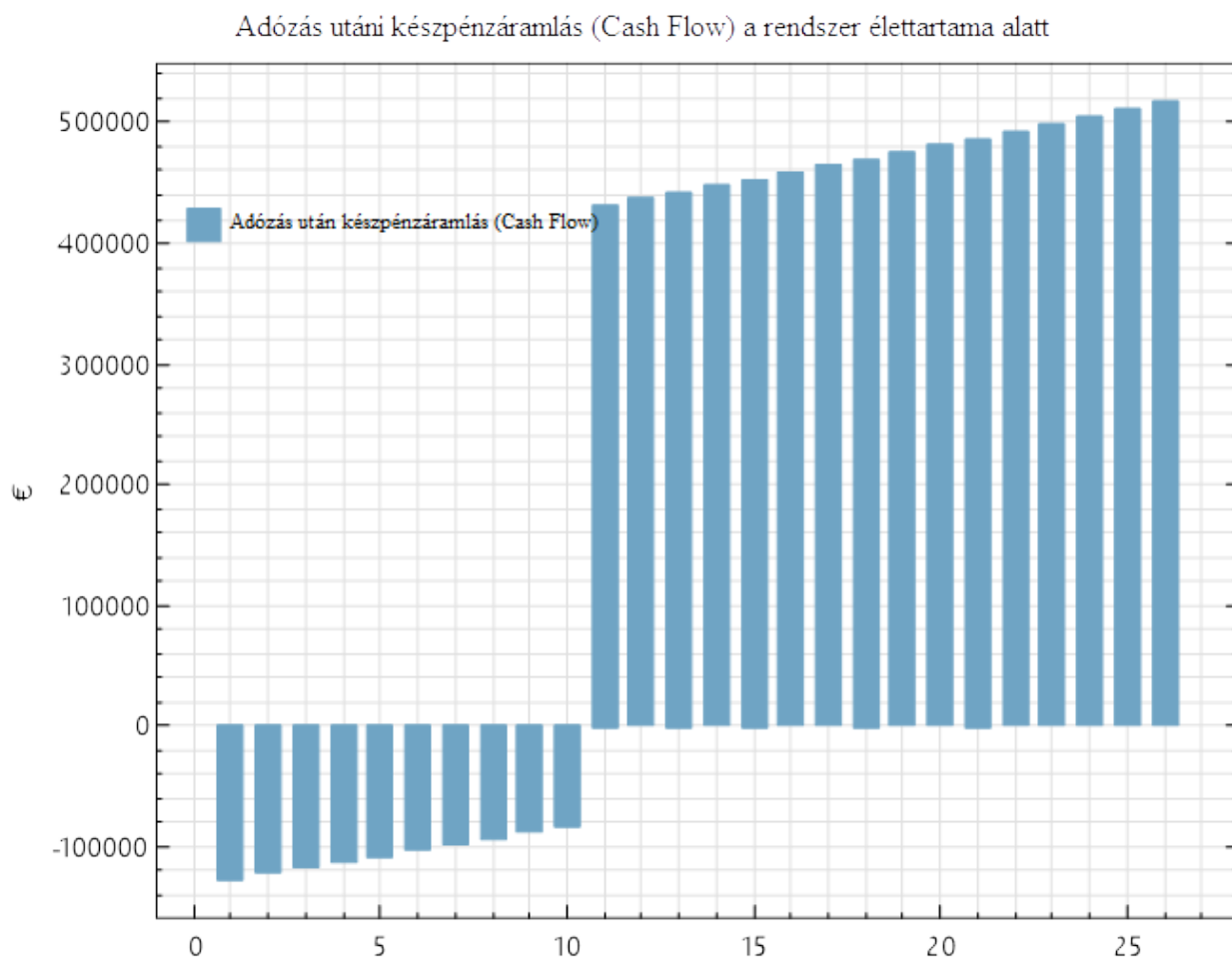


24. ábra: a PV erőmű széleinél a vörös sávok a kötelező biztonsági sávot jelölik. A területen - információink szerint - nem kell számolni fák árnyékhatásával.

10.3 Havi energiatermelés és készpénzáram (Cash Flow) szemléltetése



25. ábra: a derekegyházi K-NY-i tájolású napelemez erőmű várható havi energiatermelése, összesen **4.158.914 kWh/év**. A fenti paraméterekkel számolva. **LCoE = 0,0643 €/kWh**.



26. ábra: a PV erőmű A derekegyházi K-NY napelemez erőmű várható adózás utáni készpénzáramlása (Cash Flow) a rendszer élettartama alatt. A megújuló energiával termelt eredményt adómentes feltételeztük.

11 Mellékletek