



SZAKDOLGOZAT

OTTHONI CÉLÚ SMART AUTÓBEÁLLÓ TERVEZÉSE

ÓE-KVK

Hallgató neve:

Szabó Tamás

2021.

Hallgató törzskönyvi száma:

T009441/FI12904/K

Kötelezően választható tantárgycsoport: Elosztott villamos energia
termelés
Napelemes rendszerek
Megújuló erőművek létesítése és üzeme



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Szabó Tamás

Szaktervezési száma: SZD21090213451227

Törzskönyvi száma: T009441/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: Napelemes rendszerek létesítése (szakmérnök)

Specializáció:

A dolgozat címe: Otthoni célú smart autóbeálló tervezése

A dolgozat címe angolul: Smart carport design

A feladat részletezése: 1. Szakirodalmi kutatás (termékkatalógusok, jogszabályok, szabványok, folyóirat cikkek): napelem, elektromos autó töltő és energia tároló rendszerek, mérőhelyek, főelosztók
2. Berendezések kiválasztása, méretezése
3. Kiviteli terv elkészítése
4. Költségek számítása

Intézményi konzulens neve: Dr. Holcsik Péter

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezési feladat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 07.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....

belső konzulens

.....

külső konzulens



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. *december 02.*

.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	2
2.	A NAPELEMEK ÉPÍTÉSZETI ALKALMAZÁSA	3
3.	NAPELEM TRENDEK NAPJAINKBAN	4
4.	KÉTOLDALAS ENERGIATERMELŐ CELLASZERKEZET	16
5.	AZ AKALMAZOTT NAPELEM	19
6.	AZ AKALMAZOTT INVERTER	22
7.	VILLAMOS KIVITELEZÉS	24
8.	KÖLTSÉGEK SZÁMÍTÁSA	31
9.	KIVITELEZÉS	33
10.	BŐVÍTHETŐSÉGI LEHETŐSÉGEK	38
11.	ÖSSZEFOGLALÓ	41
12.	SUMMARY	43
13.	IRODALOMJEGYZÉK	45
14.	MELLÉKLETEK	46

1. BEVEZETÉS

Első szakdolgozatom 2002-ben íródott „Félautonóm napelemes áramforrás” címmel, az akkori technológiának megfelelő innovációkat tartalmazva. Abban az időben még nem létezett a szaldós elszámolás, így egy akkumulátorral és annak töltőjével készítettem egy olyan napelemes rendszert, amely szünetmentes áramforrásként is képes működni a napelemek töltési képességével. Az azóta eltelt bő két évtizedben a technológia fejlődés igazolta az akkori elképzelésemet. Időközben a szaldó elszámolás bevezetésével az energia tárolásának az igénye egyenlőre háttérbe szorult, de a következő néhány év ezt várhatóan hamarosan megváltoztatja. A napelemek azonban egyre szélesebb körben elérhetővé váltak a lakosság számára mind gazdasági, mind technikai szempontból. Mivel már szinte minden második épület tetején találkozhatunk napelemekkel, felmerült az igény az ezen túlmutató, különleges, szépérzéssel készített munkákra is. A legáltalánosabb kivitelezések általában cserépfedésre történnek. Olykor előfordulnak lapostetős projektek is de a trapéz lemezre történő szerelés sem a ritka esetek közé tartozik. Ma már nem csak napelemet szeretnének az ügyfelek, hanem szép és sokoldalú megoldást az otthonukba. Így egyáltalán nem ritka, hogy egy autóbeálló tetejére kérnek mutatós, korszerű kivitelt.

2. A NAPELEMEK ÉPÍTÉSZETI ALKALMAZÁSA

Napjainkra a napelemeket egyre több területen alkalmazzák. Kezdve a megújuló energiák használatát népszerűsítő művészeti installációkon, közterületi műtárgyakon át már a mezőgazdaságból átvett megoldással kerítésként vagy épp szélfogóként is találkozhatunk napelem modulokkal.

Lakossági szinten az elektromos autók megjelenése után jött az ötlet az autóbeállók fedelének napelemmel történő borítására. Erre számos példát láthattunk már, de szinte kivétel nélkül mind rendelkezett egy alap héjalással amely megvédte a gépjárműveket a csapadéktól.

Ennek egy fejlettebb verzióját a kétoldalas, ún. bifacial technológia megjelenése hívta életre, amikor is polikarbonát fedésre helyezünk szintén kétoldalas paneleket, hogy a lentől visszaverődő fényt is hasznosítani tudjuk.

Én viszont ennél is tovább léptem, kifejlesztettem ugyanis egy módszert, amellyel elhagyható a modulok alatti esővédő réteg, hisz a napelemek látják el ezt a feladatot. Több problémával kellett szembenéznem kezdve az esővíz-szigeteléstől a tartószerkezet árnyékolásán át a fő szerkezet természetes mozgásáig.

3. NAPELEM TRENDEK NAPJAINKBAN

Ahhoz, hogy ilyen és ehhez hasonló megoldásokkal tudjunk szolgálni az egyre sokoldalúbb megrendelői igényekre válaszul, egy sor fejlesztésnek kellett megjelennie az iparágban, amelyek zöme az elmúlt másfél-két évben vált valóra. Ezek miatt az új sztenderdek, vagy, ha úgy nézzük minősítések érdekében jelentős előre lépéseket és fejlesztéseket kell végrehajtaniuk a gyártóknak úgy a cellák hatékonyságában, mint a modulok gyártási technológiájában.

A cellák hatékonysága már 24% felett tart, nagyméretű szilícium ostyákat alkalmaznak, 10 feletti számú busbarokat, félcellákat és egy, új, kétoldalas technológiát.

5 éve dolgozom az iparágban és ekkora mértékű változást még nem tapasztaltam, ezért tartom érdemesnek ezek változások kifejtését. Akkoriban 240-250 Wattos panelek voltak forgalomba, amelyek évente 5-10 Wattal emelkedtek. Azóta azonban folyamatosan keresik, hogy lehet fajlagosan olcsóbban, illetve magasabb teljesítménnyel előállítani paneleket. Íme tehát egy iparági összefoglaló, lássuk mire jutottak a gyártók ez idáig.

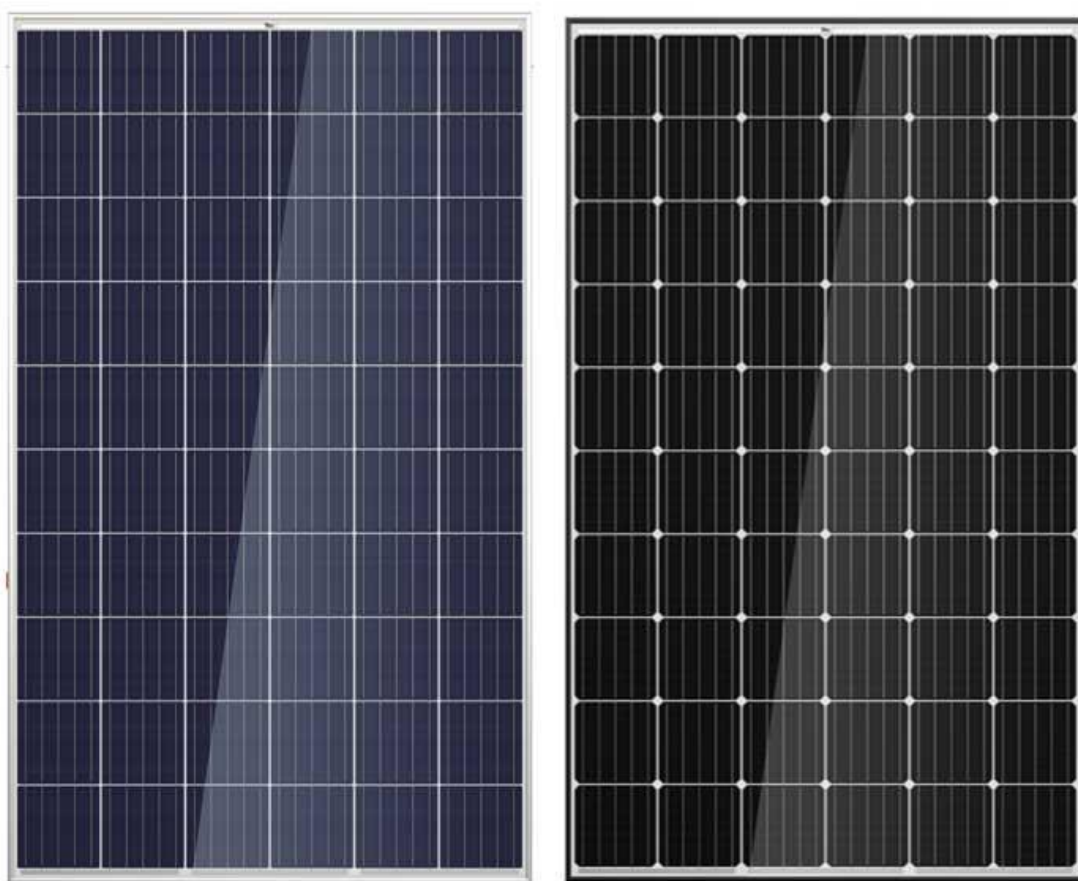
1, Polykristályos és monokristályos modulok aránya

Magyarország napsütéses adottságai mindkét változatra alkalmasak. A mi éghajlatunkon ugyanúgy jól működik egy polykristályos, mint egy monokristályos panel. Eddig ezek ára döntött a telepítések során, a monokristályos volt ugyanis a drágább. Épp ezen okokból kifolyólag a polykristályos modulokat gyártották nagyobb számban. A tavalyi évben viszont megfordult ez a trend a monokristályos verzió javára. Ennek legfőbb oka, hogy a gyártástechnológiák költségei annyira lecsökkentek, hogy elérték a polykristály előállításának fajlagos összegeit. Több, mint 80% -ban már monokristályt gyártanak, ami azt mutatja, hogy egyértelműen eldőlt a trend a jövőt illetően. Az iparág 90-10%-ban várja a kettő arányát az elkövetkezendő évekre.

A polikristályos típus legfontosabb előnye maga az olcsósága. Ennek oka a az ún. wafer előállítási költségeiben rejlik. Mivel az ár a döntő szempont a hazai háztartási napelemes

rendszerek zöménél, így akkor egyelőre még verhetetlenek (habár ezzel együtt egyre több háztetőn látni monokristályos napelemeket is). Az olcsóságnak persze más területen komoly ára van. A végfelhasználók nagy része annyira azért nem fogékony a haladó szellemiséget tükröző műszaki jellemzőkre, amelyeknek figyelembevételével egyébként hosszú távú üzleti viszonylatban nyereségesebben termelő rendszert is kaphatna.

A monokristályos napelemek magasabb hatásfokú waferekből készülnek, ennek előnye eddig olyan helyszíneken volt értékes, ahol kevés volt a tetőfelület: minél jobb ugyanis a hatásfok, a nap energiája annál nagyobb részben tud villamos energiává alakulni, tehát koncentráltabban történik a termelés: ugyanakkora teljesítmény kisebb helyen.



1. ábra Poly- és monokristályos szerkezet megjelenése¹

Ha az egységnyi területű tetőre feltett napelem több energiát szolgáltat, akkor kisebb méretű tetőfelület esetén jobban termelő rendszert kaphatunk, magasabb kWp értékkel. Mindemellett az is igaz, hogy kevesebb napelem tábla is elegendő adott villanyszámla kiváltására, akkor ennek megfelelő arányban csökkennek a járulékos költségek

(tartószerkezet, telepítési díj, stb). A 2021-es évben megvalósult nyersanyag áremelkedés mellett, ez ma már egy igen fontos szempont. Ez ugyanis érinti az alumínium, acél és üveg piacát is. Nem utolsó szempont az sem, hogy a kevesebb nyersanyagfelhasználás kevesebb hulladék keletkezésével jár, így nem csak az ügyfél, de a bolygó is nyerhet vele. Nem utolsó szempont az sem, hogy a napelemekre jellemző degradáció mértéke alacsonyabb, mint azt a polikristályos moduloknál tapasztaltuk. A jelenleg standard 25-35 éves működési időtartam alatt a panelek teljesítménye várhatóan kisebb mértékben csökken majd -mint ahogyan erre a legtöbb gyártó fel is hívja a figyelmet a katalógusaiban, promócióiban.

Korábban a monokristályos modulokat alapvetően a közvetett napfényben gazdag területeken alkalmazták, meg a szórt fény kedvezőtlenebbül hasznosították a polikristályos típusokhoz képest. Mára azonban egyrészt a különféle fejlesztéseknek köszönhetően ez a különbség egyre kisebb a két típus között, másrészt pedig Magyarországon mindkét fajta egyaránt használható, mivel a mi éghajlatunkon szórt és közvetlen napsütés is hasonló arányban fordul elő.

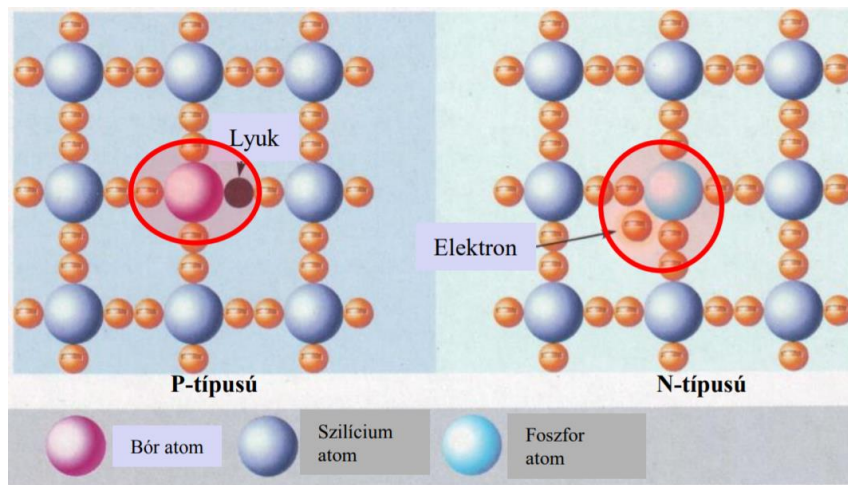
2, N-típusú cella

2021-re az N típusú cella fejlesztése már azon a szinten van, hogy jelenleg a piacon jelenleg elérhető leghatékonyabb technológiának számít.

Az N-típusú napelem waferek a jövő egyik legfontosabb napelem trendjét jelentik. Nem csak stabilabbak, de megbízhatóbbak és még ráadásul hatékonyabbak is a P-típusnál.

Az elmúlt évtizedek napelemes piacát a p-type technológia uralta. A p-típusú szilícium lapka szennyezése többnyire bóratomok segítségével történik, amely egy elektronnal kevesebbel rendelkezik, mint a szilícium, így lesz a cella a pozitív töltésű. N-típusú szennyezésre pedig többnyire foszfort használnak, szennyezőanyag gyanánt, amely ugyanis egyel több szabad elektronnal rendelkezik, a szilíciumhoz képest.

Extrinsic félvezető:



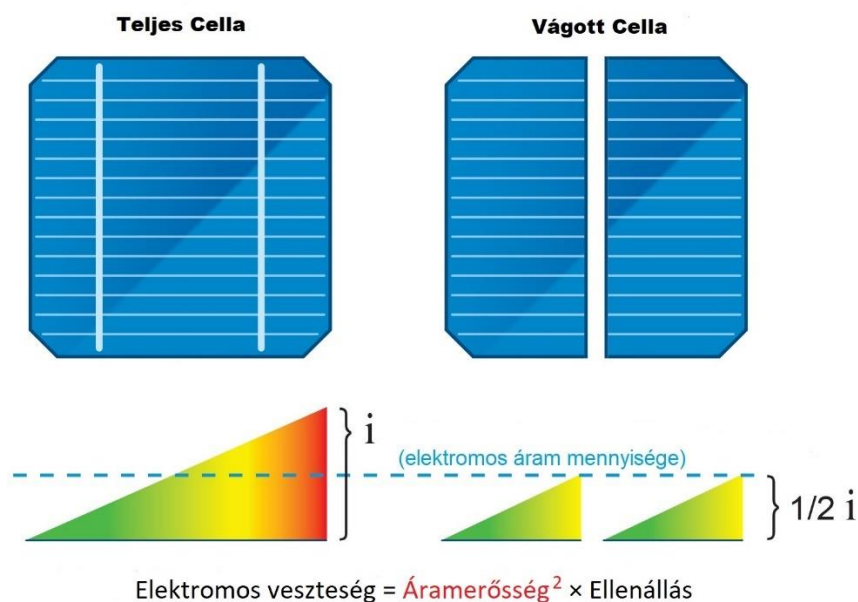
2. ábra P-type: lyukak - pozitívan töltött réteg; n-type: elektronok - negatívan töltött réteg. Forrás: Dr. Rácz Ervin Ph.D. A napelemek fizikai alapjai ²

A p-típus jóval nagyobb elterjedtsége miatt meglepő lehet, hogy az 50-es években gyártott első napelem már n-típusú cellákból épült fel. Mivel azonban a fejlesztés ezen szakaszában a napelemes technológiát a magas költségei miatt szinte kizárólag az űrkutatás területén alkalmazták, és úgy tapasztalták, hogy a p-típusú cellák jobban ellenállnak, így ennek a fejlesztésére fordítottak komolyabb erőforrásokat. Ennek köszönhetően ez a típus határozta meg a lakossági felhasználásban megjelenő modulokat is.

Az n-típusú modulok nem csak magasabb hatásfokúak, de élettartamuk is hosszabb, mivel ezeknél a napelemeknél lényegesen kisebb a károsodás kockázata a szennyezésre használt bór és oxigén reakciója miatt. Az N-típusú waferek szintén sokkal ellenállóbbak a fény által kiváltott károsodásokkal szemben is, ugyanúgy a fenti okok miatt.

3, Félcellás napelemek

A félcellás napelemnek technológiájának a lényege már a nevükben is felfedezhető: az eddig megszokott hagyományos napelemektől eltérően egy napelem cella helyén kvázi két fél található, ahogy az eredetit két egyenlő részre vágták. Lényegében azonban nem erről van szó, mert a cellák nem csak ketté lettek vágva, de egy irányba egymás alá forgatva lettek a modulok alsó és felső részén elosztva. Ha ránézünk egy ilyen modulra, akkor úgy tűnik, mintha két napelem lenne egybe szerelve, hisz középen felfedezhető a két rész elválasztása és külön kötése.



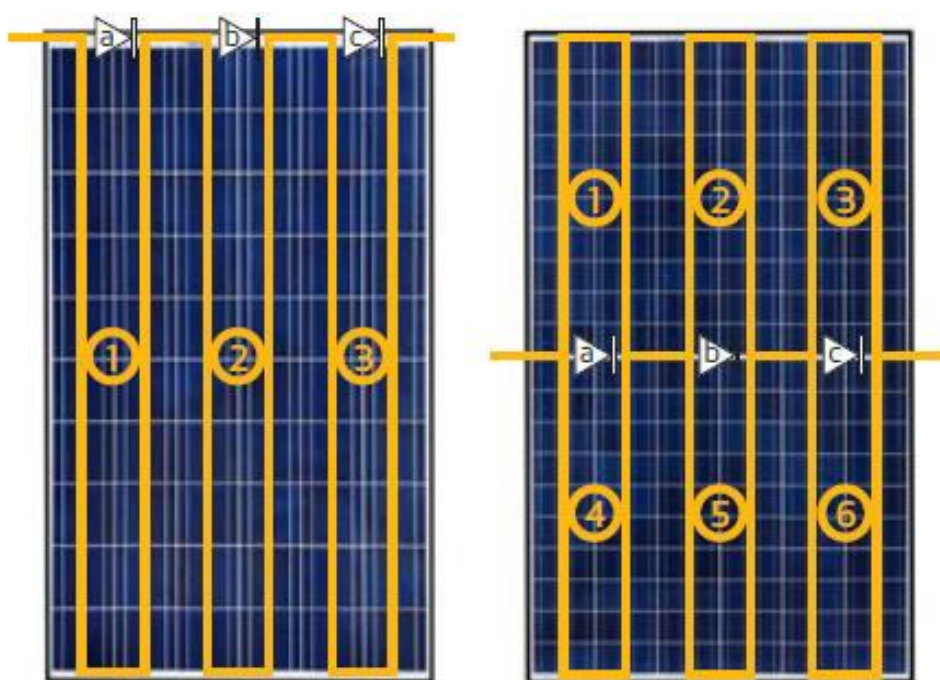
3. ábra Cellák félbevágása; forrás: <https://voltaconsolar.com>³

Egy bizonyos wafer méret felet már nem is felezik, hanem harmadolják a cellákat, így optikailag, úgy tűnik, mintha 3 modul lenne egy keretbe szerelve.

Mivel az eredeti ostyák ketté lettek vágva így azok egyenként fele annyi energiát termelnek, azonban kétszer annyi szerepel belőlük egy modulon belül, tehát az eredő teljesítmény kvázi megmaradt ugyanannyi. Azonban mégis kedvezőbben a paraméterei, hiszen az ellenállási veszteségei jóval kisebb, mint a hagyományos cellás napelemeké. Ez a csökkenés, több mint 50%, egyes mérések alapján 60-70% is lehet.

Ami ennek a technológiának az lényege, az pedig az, hogy a fele akkora méretű cellán, fele akkora áramerősség keletkezik. Ennek következtében ezen félcellák hőmérséklete jóval alacsonyabb lehet az egész cellák értékeihez képest. Mivel a hot-spot jelenség előfordulása és mértéke is csökkenthető, így a várható élettartamra gyakorolt hatása is nagyon kedvező.

Ha megnézzük az alábbi ábrát, abból kiderül, hogy a félcellás napelemek esetén a cellákról összegyűjtött áram útja rövidebb, kb. fele akkora, mint a hagyományos nagy napelemes cellák esetén, amely a fenti mértékben csökkenti az ellenállási veszteséget, amely az ellenállással az pedig a vezető hosszával arányos.



4. ábra A cellákról összegyűjtött áram útja; Forrás: <https://www.solarsource.com/>⁴

A fenti jellemzőknek köszönhetően egyrészt növekszik a megtermelt hozam másrészt a modulok élettartama megnövekszik a hagyományos társaikhoz képest.

Félcellás napelem előnyeikhez sorolhatóak az alábbiak:

- Magasabb hozam: Minél alacsonyabb egy napelem üzemi hőmérséklete, annál kisebb a veszteség, tehát magasabb hatásfokkal, többet tud a modul termelni. „Egy hagyományos napelemhez képest a félcellás panel hőmérséklete nyári napsütésben ha 2,5°C-kal alacsonyabb, akkor a hatásfoka 4,64%-kal növekszik.”⁵

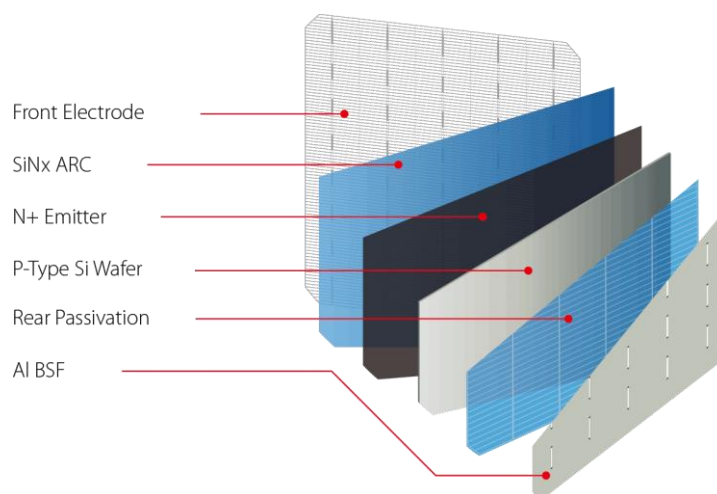
- lecsökkent a hot spot kialakulás esélye. „A félcellákon áthaladó áram erőssége fele a hagyományos cellákénak, ami azt eredményezi, hogy ezeknek a celláknak a hőmérséklete 2,0-2,5°C-al alacsonyabb is.”⁶ Ez nagy mértékben csökkenti a hot spotok kialakulását is a modulokon belül.
- Egy a hagyományos napelem esetében az általánosan alkalmazott 3 db bypass dióda egyenként 2 sorba kötött cellasort, azaz a modulnak az egyharmadát védi. A félcellás napelemek esetében minden dióda ugyanúgy a napelem egyharmadának a védelméért felel, de mindezt egy helyett két párhuzamosan kötött cellasora vonatkozik technikailag.



5. ábra Félcellás napelem; Forrás: <https://www.longi.com/>⁷

4, PERC technológia

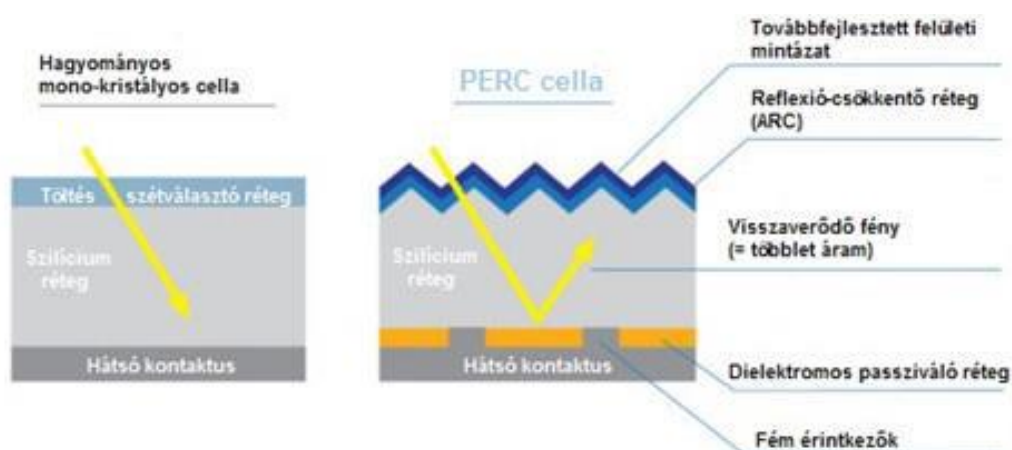
A PERC egy betűszó, az angol Passivated Emitter and Rear Contact kifejezés kezdőbetűinek összeolvasásából született. Miben is tér el a PERC technológiával készített napelem cellák felépítése a hagyományos típusoktól? A PERC cellák hátlapján egy dielektromos alumínium vezetőréteg található, ami a cellán egyébként áramtermelés, azaz hasznosítás nélkül áthaladó fény egy részét visszatükrözi, visszavezeti az energiatermelés folyamatába. A PERC napelem jóval nagyobb mértékben képes hasznosítani infravörös spektrumba eső hullámhosszakat is.



6. ábra PERC cella felépítése; Forrás: <https://www.tiszaenergiak.hu/>⁸

A PERC cella hátsó felületét passziválják az elülső rétegen pedig lézer barázdákat hoznak létre a fényvisszaverődés csökkentésének érdekében. Ezt nevezzük reflexió-csökkentő rétegnek, az angol elnevezéséből lefordítva ARC = Anti-Reflective Coating

A két technológia kombinálásával jelentősen javul a modul fényelnyelő képessége, így tehát kedvezőtlenebb fényviszonyok mellett is jól teljesít az ilyen eljárással gyártott modul: már a napfelkelte után, illetve a napnyugta előtti, alacsony szögben érkezett napsugarakat is energiatermelésre tudja bírni. Mivel a szórt fényt is hatásosan kezeli, borult, felhős időben esetén is magasabb hatékonysággal működik hagyományos társainál.



7. ábra PERC cella rétegei;

Forrás: Dr. Rácz Ervin Ph.D. A napelemek fizikai alapjai⁹

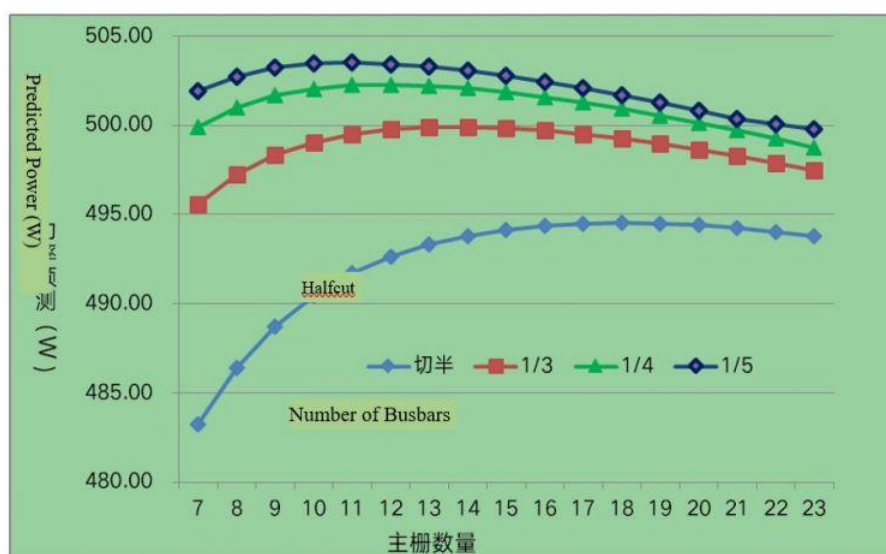
A PERC alkalmazható mind polikristályos mind monokristályos cellák esetében, mégis jellemzően az utóbbi esetben találkozhatunk ezzel a technológiával.

„Ezen technikák együttes hatásának köszönhetően javul a napelem fény elnyelésének és elektronokká alakításának a képessége, azaz nő a napelem áramtermelő teljesítménye, a hagyományos panelekhez képest akár 10-11%-kal is!”⁹

Már a 80-as években letették ezen technológia alapjait, mégis napjainkra vált a lakossági fogyasztók számára is elérhetővé. A hagyományoshoz típusokhoz képest a PERC napelem, hatékonyabb, ugyanakkor drágább is. Mivel a cellákat gyártó sorokat teljesen át kell állítani erre a technológiára, így elterjedése még időbe telik. „A piaci előrejelzések szerint 2030-ra is várhatóan a teljes kínálatnak csupán 30-40%-a lesz PERC technológiás napelem.”¹⁰

5, Busbar-ok száma

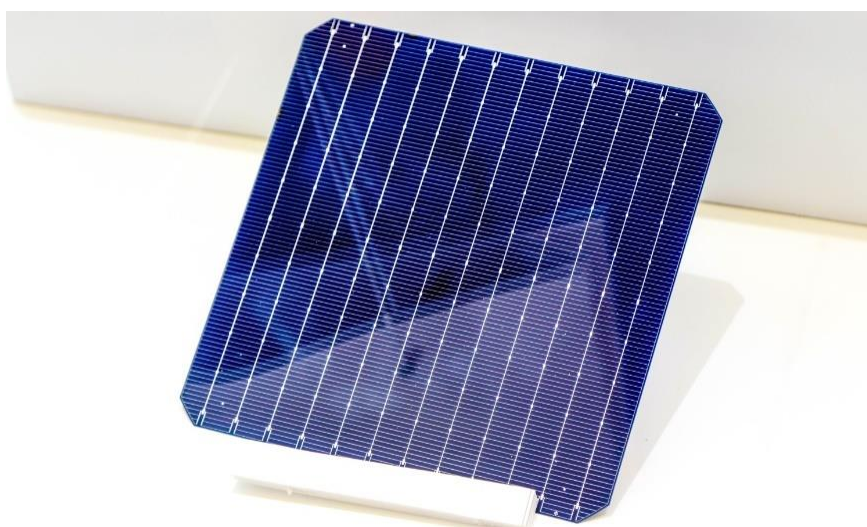
Amikor elkezdtem az iparágban tevékenykedni, szinte kivétel nélkül minden modulon 3 db BUS-bar volt megtalálható egy ostyán. De ma már 4, 6 esetleg 9, 12 darab vezetőszállal is találkozhatunk egy waferen és ahogy a standard méretek megnövekednek, azaz egyre több „big wafer” jelenik meg a piacon, úgy tolódik el ez a szám egyre magasabb értékek irányába.



8. ábra, busbarok és a teljesítmény viszonya; Forrás: <https://www.trinasolar.com/>¹¹

Ennek az az oka, hogy minél magasabb a kontaktusok száma, annál kisebb veszteség árán képes elvezetni a megtermelt áramot a lapkákról, viszont emellett az általuk összességében okozott árnyékhataás is növekszik természetesen.

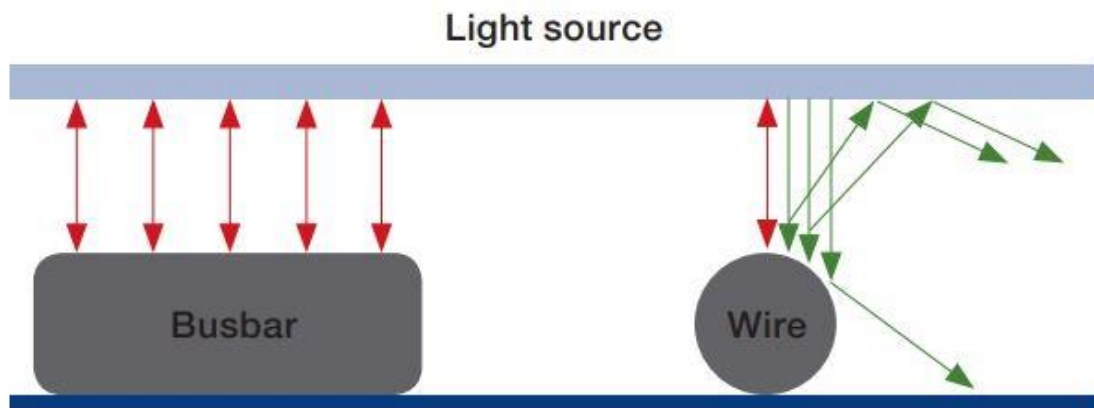
A multi-busbars megközelítés célja az ellenállási veszteségek csökkentése azáltal, hogy csökkenti az ujjakban és a gyűjtősínekben áramló áram értékét. Amint több gyűjtősín van nyomtatva egy ostyára, a köztük lévő tér kisebb lesz, lerövidíti az ujjakban folyó áram útját, ami a soros ellenállási veszteség forrása egyébként. Ha az áram felére csökken, akkor ezzel arányosan az ellenállásból adódó veszteség a negyedére. Ez lehetővé teszi, hogy mind a gyűjtősínek, mind az ujjak kisebb méretűek legyenek és ez egyáltalán nem elhanyagolható hatás, ugyanis ily módon lehet csökkenteni a gyártáshoz szükséges ezüst mennyiségét. Ez a megközelítés akár 50% - 80% -kal is csökkentheti az ezüstoffelhasználást, amely napjaink nyersanyaghiányában nagy előny lehet. Ezenkívül az előlapon lévő kevesebb ezüst csökkenti az ujjak árnyékolását is.



9. ábra Multi busbar egy cellán; Forrás: <https://pv-manufacturing.org/>¹²

Ahol az multi busbars és a hagyományosabb „több gyűjtősín” megközelítés különbözik, az keresztmetszet és funkció lesz. A gyűjtősínek általában síkra vannak nyomtatva, és jelenleg forrasztott, valamint lapos keresztmetszetű szalag struktúrára van szükség ahhoz, hogy a keletkezett áramot hatékonyan tudják elvezetni a cellától, több árnyékolást és ellenállási

veszteséget okozva. Ezzel szemben a multi busbar rendszert vékony, lekerekített rézhuzalok alkotják, amelyekhez nincs szükség szalagokra a napelemen, hanem az ujjaktól az összekötő elemekig vezetik az áramot a cella elülső felületén kívül. Amint az alábbi ábrán is látható, lekerekített keresztmetszet már önmaga növeli az optikai teljesítményt, lehetővé téve, hogy minél több fény érje a napelem felületét:



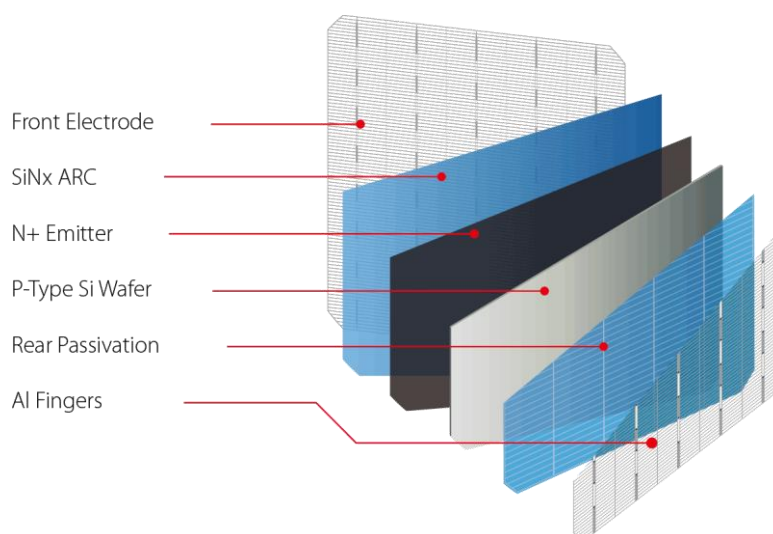
10. ábra Multi busbar ujjai; Forrás: <https://pv-manufacturing.org/>¹³

4. KÉTOLDALAS ENERGIATERMELŐ CELLASZERKEZET

Mivel jelen projekt egyik legfontosabb jellemzője, hogy nem csak a nap felőli, hanem a hátoldalán is termel az alkalmazott napelem, így ennek a technológiának a szemléltetésére egy külön fejezetet szánok.

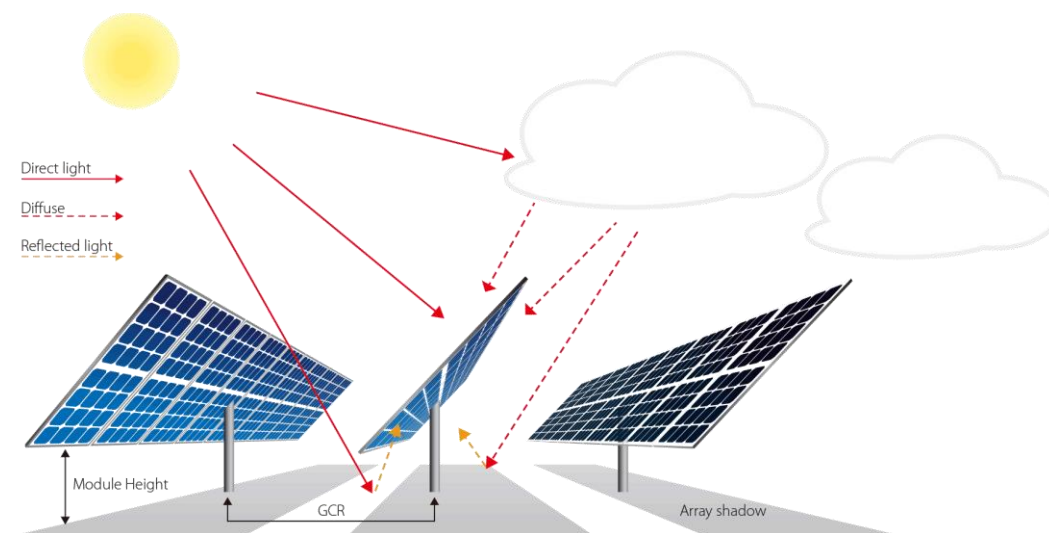
A gyártók a legtöbbféle módon próbálják egyre növelni a hatásfokot és ebben az irányban egy nagyon jó irányt mutatnak a két oldalon termelő típusok. Ez már lapostetőn is, de legfőképp szabadföldi telepítéseken lehet nagy sikerrel használható. Világszinten a napelemek 30%-a kerül a tetőkre, a maradék 70 % az ipari felhasználás, ami szinte egyértelműen szabadföldi telepítésre vonatkozik. Az elemzők 2026-ra már fele-fele arányban jósolják a hagyományos egy illetve a kétoldalon termelő panelek arányát. A jelenlegi telepítések nagy száma már ilyen típusú modulokkal történik, mivel a megtérülése nagyon kedvező egy teljes rendszer átlag hozamához képest. A költség oldalt megvizsgálva relatív kicsi a felára a normál napelemekhez képest és ami a legvonzóbb benne, hogy akkor is rendkívüli hozamnövekedést lehet elérni, ha az aljnövényzetre külön nem helyezünk hangsúlyt.

Egy bifacial PERC cella esetében a hátsó felületi mezőt Al rács helyettesíti, így a hátsó oldal nagy része átlátszóvá válik, amely elengedhetetlen hiszen a cella számára így válik lehetővé a fény elnyelése és az áramtermelés mindkét oldalról:



11. ábra, PERC bifacial cellaszerkezet; Forrás: <https://www.tisztaenergiak.hu/> ¹⁴

A bifacial modul energiahozamát nagy mértékben befolyásolhatja a panelek telepítési magassága, minél magasabb az asztal egy erőműben, annál több fény képes behatolni alá, amely aztán visszaverődve a földről, vagy az azt burkoló anyagról, növényzetről, illetve az egyéb tereptárgyakról elérve a modulok hátoldalát. A napelem szerkezeti kialakításakor kerülni kell a tartószerkezet által okozott árnyékoló hatást.



12. ábra, Hátoldalt érő fényhatás; Forrás: <https://www.longi-solar.com.au/>¹⁵

Jelenleg mind a rögzített konzolokon mind az egytengelyű napkövető mechanikával ellátott asztalokon lévő bifaciális modul hátoldalának az áramtermelése az alábbiak szerint alakul a földalhoz viszonyítva:

- víz: 10%
- fű: 15-20%
- föld: 20-30%
- beton, homok: 25-40%
- hó, murva: 75-90%

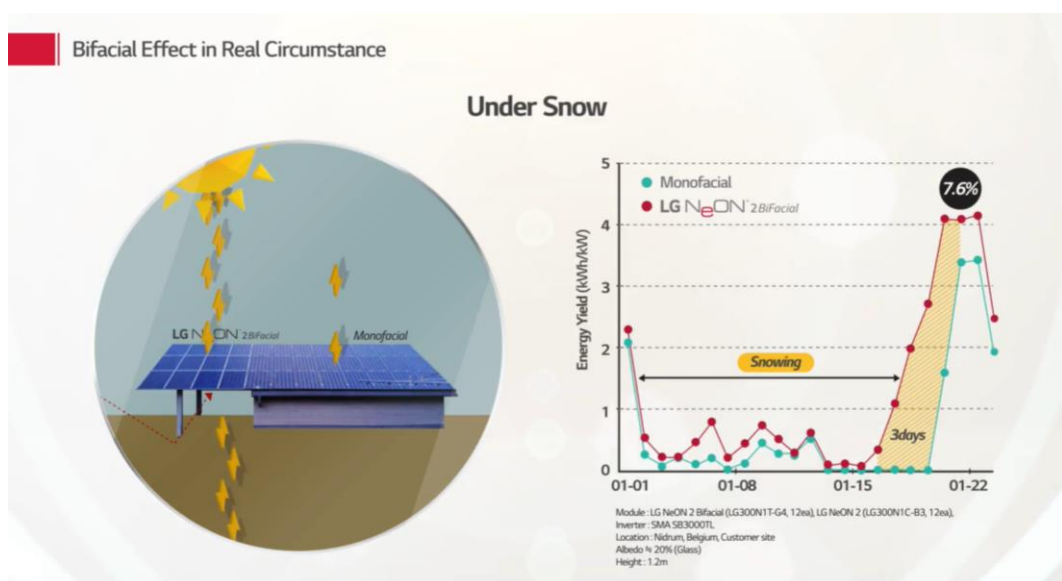
Ideális besugárzási körülmények között már a félcellás modul is jól teljesít, de a bifacial félcellás modulokon, még nagyobb energiahozam realizálható a hagyományos típusokhoz viszonyítva. A kétoldalas kialakításnak köszönhetően a kétoldalon termelő napelemek megjelenése elősegítheti a napelemek alkalmazását olyan mezőgazdasági területeken is, ahol az értékes földterületet megtartva a művelés is folytatható. A modulok vízszintes szerelése a mezővédő erdősávokat is kiválthatja széles területeken:



13. ábra Bifacial modulok alkalmazása a mezőgazdaságban;

Forrás: <https://www.pv-magazine.com/> ¹⁶

Ha csak a lakossági felhasználást nézzük, a háztetőkre szerelhető napelemek száma általában meglehetősen korlátozott, különösen fontos tehát növelni a napelemes rendszerek teljesítményének hatékonyságát. Ez az új irányzat elsősorban az erőművi alkalmazásokban hozhatja a legnagyobb áttörést, de lakókörnyezetünkben is találkozhatunk velük kerítésként, korlátként, vagy épp építmények tetejének a héjalása formájában.



14. ábra Bifacial modul hó alatti viselkedése; Forrás: <https://www.lg.com/> ¹⁷

A napelemeken egyébként sem sokáig marad meg a hó, de a bifacial kialakítás még inkább kedvez ennek a tulajdonságnak. Ha tetőn alkalmazzuk, akkor a hátoldalat nem takarja be a hóréteg így ott megkezdődhet az energiatermelés, ami hővel jár, tehát hamarabb átmelegszik a teljes modul, beleértve a felső üvegréteget is, amelyen a hótakaró van.

Borús időben is jobban teljesít, hisz ilyenkor az első oldalon is nagy mértékben csökken a hozam, ehhez képest a hátoldal nagy mértékű növekedést okozhat.

5. AZ ALKALMAZOTT NAPELEM

A megrendelő korszerű, magas hatékonyságú, ugyanakkor esztétikus modern kialakítást szeretett volna ezért több típus is szóba jött, viszont mind közül egyértelműen a „Jolywood N-type Bifacial High Efficiency Black Monocrystalline Half-Cell Single Glass Module” volt képes megvalósítani az általa támasztott igények többségét.

Jellemzői: Exkluzív, teljesen fekete-alumínium megjelenés, half cell felépítés, bifacial szerkezet, és nem utolsósorban 30 év 87,4%-os teljesítmény garancia.



15. ábra A modul hátoldalának szemrevételezése a megrendelőnél, áruátvételnél

Forrás: saját fotó

A mozaik szerű hátoldali kinézet esztétikus kivitelezéseket tesz lehetővé az olyan telepítések esetében, ahol építészeti szempontból látszódhat a hátoldal. Az árnyékhátas csökkentése érdekében a csatlakozódoboz is keskenyebb kialakítású a hagyományos típusokhoz hasonlóan.

A Jolywood, mint kínai napelem gyártó cég egyik különlegessége, hogy az általánosan elterjedt P-típusú cellákkal ellentétben ők túlnyomó részt a N-típust részesítik előnyben a gyártás megoszlását illetően. „A Jolywood egyébként a világ vezető N-típusú napelem cella és modul gyártója és a világ vezető napelemes hátlapgyártója is 30% -os piaci részesedéssel.”¹⁷

Az alábbi táblázatban az általunk felhasznált, 340 Wp teljesítményű panel hátsó oldalának hozamai láthatóak különféle felszíneken mérve:

Power Gain (%)	Peak Power (Pmax) (W)	MPP Voltage (Vmp) (V)	MPP Current (Imp) (A)	Open Circuit Voltage (Voc) (V)	Short Circuit Current (Isc) (A)
5	342	34.4	9.93	41.2	10.41
10	353	34.4	10.25	41.2	10.75
15	365	34.5	10.58	41.3	11.10
20	376	34.5	10.91	41.3	11.44
25	388	34.5	11.23	41.3	11.78

1. táblázat A hátoldal termelése; Forrás: <http://www.jolywood.cn/>¹⁸

„A Jolywood cég elkötelezett az N-típusú bifacial napelemek és modulok technológiáinak széles körű elterjesztésében. A vállalat élharcos a nagy hatékonyságú napelem technológiák kutatásában és fejlesztésében.”¹⁸

Az alábbi fejlesztések találhatóak meg az általunk kiválasztott modulban:

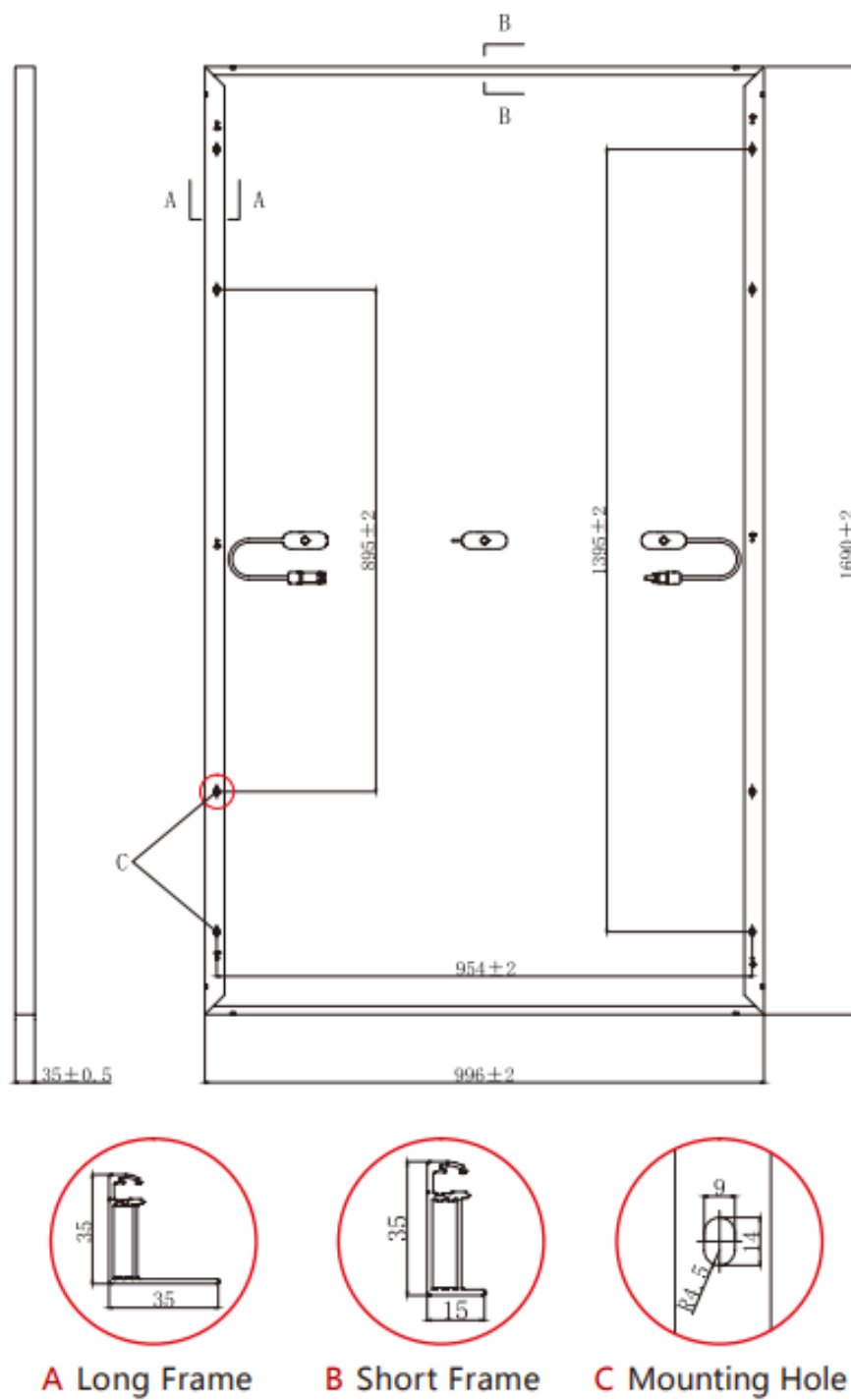
P-típusú: Az egyik legmodernebb napelem technológia jelenleg a P-PERC. A gyártás során P-típusú szilícium wafer felszínén felületi texturázás után ún. foszfor-diffúziót adnak a PN-csatlakozások előkészítéséhez. A hátoldal felületét pedig egy speciális alumínium iszappal zsugorítják, hogy a magas és alacsony keresztvonalakat ott kiképezzék.

Az N-TOPcon kétoldalas technológia: Az energiatermelés 10-30% -a napelem hátsó oldalán termelődik. Ez jóval hatékonyabb, mint egy P-típusú bifacial napelem esetében. „A napelem modulok konverziós hatékonysága meghaladja a 20,4% -ot, ez az érték vezeti az iparágat”¹⁹

A hőmérsékleti együttható -0,32% / °C, messze megelőzve a P-típusú napelemek -0,37% / °C értékét.

Az első évben jelentkező degeneráció: -1,00%, az azt követő évek értéke: -0,40%;

A 30 éves teljesítménygarancia nagyobb, mint 87,4%, azaz a gyártó cég garantálja, hogy az első 30 év alatt nem csökken a napelemek teljesítménye a névleges értékük 87,4%-a alá!



16. ábra A napelem fizikai paraméterei; Forrás: <http://www.jolywood.cn/>¹⁹

6. AZ ALKALMAZOTT INVERER

Hazánkban az áramszolgáltatók által letesztelt és jóváhagyott inverter-típusokból lehet kizárólag kiválasztani a kívánt típust. Mivel esztétikai és innovációs szempontokat is figyelembe vettem, így a HUAWEI SUN 2000 8KTL M1 típusát találtam erre a célra a legmegfelelőbbnek:



17. ábra A tartószerkezet hátsó középső oszlopára történt rögzítés; Forrás: saját fotó

1, az inverter főbb jellemzői:

- Ívvédelem viszonylag pontos hiba-helymeghatározással
- Kompatibilis a SUN2000-450W-P típusú optimalizálókkal, amelyet be is terveztem. Akár 30%-kal magasabb hozammal járhat ugyanis az egyes modulok optimalizálása

- A 8 KTL-es inverter 8 kW teljes teljesítményű váltóáramú kimenetet és 5 KW teljesítményű akkumulátortöltést tesz lehetővé egyidejűleg
- Az inverter hatásfoka 98,6%
- Mesterséges intelligencia alapú algoritmust tartalmaz (AFCI) a tűzveszély hatékony csökkentése céljából
- Integrált akkumulátor interfészt tartalmaz a gyors akkumulátor-csatlakoztatáshoz plusz eszközök és költségek nélkül
- Hűtőbordák biztosította természetes hűtés miatt, csendes, de megbízható üzem jellemzi
- Ez a kivitel 2-es szintű DC és AC túlfeszültség védelmet tartalmaz,
- Nem utolsó sorban esztétikus kivitel jellemzi.

Ezek az inverterek már wifin keresztül képesek kapcsolódni az ügyfelek eszközeihez, számítógépekhez, okos telefonokhoz. Általános igény ugyanis már hogy akár modul szinten nyomon követhető legyen a termelés alakulása.

Az elosztó hálózati engedélyes által javasolt védelmi beállítások a következők:

Feszültségcsökkenési védelem $U_n - 0,7U_n$ javasolt beállítás:	0,8 U_n /5 perc
Feszültségnövekedési védelem $U_n - 1,15U_n$ javasolt beállítás:	1,1 U_n /1 perc
Frekvencianövekedési védelem 50 Hz – 52 Hz javasolt beállítás:	50,2 Hz/10 s
Frekvenciacsökkenési védelem 48 Hz – 50 Hz javasolt beállítás:	49,8 Hz/10 s
Hálózatra kapcsolódás késleltetése 30 s – 300 s javasolt beállítás:	300 s
Egyenáramú védelem javasolt beállítás:	3 A/5 s
Frekvenciafüggő teljesítmény szabályozó küszöbfrekvencia:	50,2-52Hz
Teljesítményszabályozás meredeksége:	40% PM/Hz
Hálózatra kapcsolódás késleltetése:	5 perc

7. VILLAMOS KIVITELEZÉS

Az elektromos bekötés a mellékletben található kapcsolási rajz szerint történt

A villamos kivitelezés során az alábbi anyagokat használtuk fel:

- 24 db Jolywood 340 Wp napelem
- 24 db huawei optimalizáló 450 W
- 1 db Huawei SUN2000-8KTL-M1 inverter
- 1 db 3 fázisú AC túlfeszültség levezető
- 1 db 12 unitos elosztószekrény IP67
- 1 db 3p 16 A kismegszakító
- 1 db 3p leválasztó kapcsoló 25A, 1db segédérintkezővel

A termelő berendezés egyenáramú oldali villamos teljesítménye 8,16 kWp, az inverter névleges váltóáramú oldali teljesítménye pedig 8 kVA. Célunk a villamosenergia-fogyasztásának teljes kiváltása volt, napelemek használatával.

A mellékletben található kapcsolási rajz alapján a termelőegység a hálózatra a főelosztón kialakított túláram-védelmi eszközön keresztül az L1 - L2 - L3 fázisra csatlakozik.

A berendezés az elképzelhető hálózati visszahatások szempontjából teljesen megfelel az érvényben lévő elosztó által biztosított szabályzat előírásainak. Az inverter által okozott hálózat torzító hatások (relatív THD / flicker / feszültségváltozások stb.) nem nagyobbak az MSZ EN50160 szabványban meghatározott határértékek 1/5-énél. Az inverter által a hálózatba visszatáplált áram elvi alakja szinuszos, viszonylag alacsony harmonikus torzítással, ugyanis a jelalakot folyamatos AI alapú mikroprocesszoros szabályozás biztosítja.

A rendszer teljesen automatikusan üzemel: ahogy a napelemek által előállított feszültség eléri az inverter bekapcsolási értékét, az azonnal rákapcsolódik a hálózatra. A hálózati szinkron megszűnése esetén pedig az rögtön leválik a közcélúhálózatról, és ezt az állapotot

megtartja a szabványban rögzített 5 perc hosszúságú időtartamig. A szigetüzem a szolgáltató által ebben az esetben tiltva van. A fenti feltételeket az eszközbe épített, a váltóáramú oldalon galvanikus leválasztást biztosító rendszer működteti. A védelem folyamatosan figyeli a hálózat villamos paramétereit (frekvencia, feszültség, impedancia), és hiba esetén azonnal működésbe hozza a megszakító rendszert.

1, Az AC vezeték méretezése

A fogyasztásmérő óra az épület telek határán egy kültéri szekrényben van elhelyezve, amely össze van kötve a melléképületben található főelosztó szekrénnel. Mivel az inverter és a hozzá tartozó elosztószekrény a napelemek tartószerkezetére van rögzítve, és a kettő között 40 méter a nyomvonal hossza, így FG16OR16 5x6 mm²-es földkábelt alkalmaztunk az összekötésre a földben és az épület homlokzatán védőcsőben elhelyezve az alábbi számítások által meghatározva.

- Feszültségesésre való méretezés

Az egyen- és váltakozó feszültségen a vezetékek hatásos ellenállásán feszültségesés jön létre. Az épületen belüli kisméretű elosztóvezetéseken a méretezés alapjául szolgáló feszültségesés szokásos értéke 2 %

Az inverter AC teljesítménye 8 kW

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot U_v \cdot \cos\varphi) = 8000 / (\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1) = 11,56 \text{ A}$$

2% megadott megengedett százalékos feszültségesés (ϵ) Háromfázisú vezeték esetén:

$$U_e = \epsilon / 100 \cdot U_f = 2 / 100 \cdot 230 = 4,6 \text{ V}$$

A szükséges keresztmetszetet a terhelő áram és a megengedett feszültségesés ismeretében az alábbiak határozza meg a 40 méteres kábelszakaszra:

$$A = q / U_e \cdot I \cdot l = 0,0174 / 4,6 \cdot 11,56 \cdot 40 = 1,75 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{réz}} = 0,0174 \, \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}; [A] = \text{mm}^2; [I] = \text{A}; [l] = \text{m}$$

Mivel a szabvány 6 mm²-es EPH vezetékét határozza meg, így gazdaságosabb ebben az esetben a FG16OR16 5x6-os kábelt választani, így többszörösen is túlméretezett ez a szakasz. Mivel a megrendelő elektromos autó töltését is tervezi ezen a ponton, így a kábel keresztmetszetét már erre is előkészítettük, ugyanis a fenti számítás alapján akár 3x16 A biztosítással elhelyezhető töltőberendezés.

A vezetékek melegezésre való ellenőrzése:

A vezetékek terhelhetősége az alábbi három csoportban van megadva:

A: egyszerű vezeték, vakolat alatt, védőcsőben; 5 szál vezeték, szabadon szerelt védőcsőben, vezetékcsatornában; 9 szál vezeték kötegelve szerelt állapotban.

B: vakolatba fektetett 5 szál vezeték, szabadon szerelt védőcsőben, illetve vezetékcsatornában, ha 10 mm távolságra több védőcső vagy csatorna halad párhuzamosan.

C: egyszerű vezeték szabadon szerelve.

A terhelési táblázat alapján ellenőrizzük, hogy a kiválasztott vezeték keresztmetszete mekkora árammal terhelhető. A mi esetünkben a FG16OR16 5x6-os rézkábel terhelhetősége 36-47-57 A, amely bőven elegendő 11,56 A fázisáramhoz.

A vezető keresztmetszete mm2	Megengedett terhelés A						Biztosító betétek A
	A csoport		B csoport		C csoport		
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	
1,5	16	13	20	17	25	22	10
2,5	21	16	27	21	34	27	16
4	27	21	36	29	45	35	20
6	35	27	47	37	57	45	25
10	48	36	65	51	78	61	35
16	63	51	87	68	104	82	50
25	83	65	115	90	137	107	63
35	110	86	143	112	168	132	80
50	140	110	178	140	210	165	100
70	175	140	220	173	260	205	125
95	215	175	265	210	310	245	160
120	255	205	310	245	365	285	200
150	295	235	355	280	415	330	250
185	340	270	405	320	475	375	315
240	400	300	480	380	560	440	400
300	470	375	555	435	645	510	500

2. táblázat AC kábel méretezés; Forrás: <https://electrocord.hu/>²⁰

A Napelem-mezőről érkező kábel egy védő csövön keresztül kapcsolódik az inverterhez. Mivel a kettő közti távolság kevesebb volt mint 5 m így nem kellett automata tűzeseti leválasztó kapcsolót alkalmaznunk.

Az AC oldali hibavédelem TN-S rendszer

A termelő berendezés AC oldali hibavédelme illeszkedik a fogyasztói berendezés érintésvédelmi megoldásához. Az inverter belső hibaáram relét (RCD) tartalmaz.



*18. ábra AC kábel fektetése a főelosztóig 12 méteren alépítményben;
Forrás: saját fotó*

2, A DC vezeték túláramra történő méretezése

A napelemek üresjáratú feszültsége (Voc): 41,8 V

A névleges feszültsége (Vmp): 35,1 V

Rövidzárási árama (Isc): 10,17 A

Névleges áramerőssége (Imp): 9,7 A

A maximális üzemi áram függ a helyszín klimatikus viszonyaitól is. A fokozott erősségű napsugárzást és tapasztalati adatokat figyelembe véve, legalább 25%-kal nagyobbra tehető, ezért 1,25-re méretezünk.

A méretezett rövidzárási áram tehát: $10,17 \times 1,25 = 12,71 \text{ A}$ A méretezési táblázat alapján a C oszlopot kell figyelembe vennünk, amely 4 mm² keresztmetszet esetén 45A áramerősséget enged meg, tehát a méretezés megfelelő

A DC oldali hibavédelem kettős szigetelés (II. osztály).

Az egyenáramú kontaktusokat MC4 típusú csatlakozók biztosítják.

A DC oldali leválasztást a csatlakozódobozban elhelyezett szakaszolókapcsoló biztosítja.

A napelem rendszer fém tartószerkezete be van kötve az EPH hálózatba.

3, Túlfeszültség védelem:

Mivel nem készült külön villámvédelem, így az inverter DC és AC oldalán, valamint a csatlakozási ponton T2 típusú túlfeszültség védelmi készüléket helyeztünk el.

A napelemes rendszer elemeit védeni kell a légköri, ill. hálózati túlfeszültségek elsődleges hatásaitól. A túlfeszültség-védelmet tartalmazza az inverter a DC oldalon. AC oldalra 1 db 3 fázisú NOARK EX 9UE220 típusú AC túlfeszültség levezetőt alkalmaztunk. Az Ex9UE2 termékcsalád a II. osztályú túlfeszültség-védelmi eszközök csoportja. Védelemként szolgálnak a gyors kapcsolási műveletek vagy közvetett villámcsapások (másodlagos hatások) okozta tranziens túlfeszültség ellen.



19. ábra AC túlfeszültség-levezető; Forrás: <https://www.noark-electric.eu/>²¹

Feszültségvédelmi szint: L-N 1.4

Max. vezeték keresztmetszete tömör (tömör, sodrott) 35

Feszültségvédelmi szint N-PE

Jelzés a készüléken Optika

Védettségi fokozat (IP) IP20

Rendszerkonfiguráció: TN-C, IT

Névleges feszültség: AC 275V

Építési méret 1 moduláris térköz

Névleges kisülési túlfeszültség (8/20): 20V

Max. folyamatos feszültség AC: 275V

megoldást a telepítési helyen alkalmazott villámvédelmi kialakítás határozza meg:

Villámvédelem nélkül az inverter egyen- és váltakozó áramú oldalán, valamint a csatlakozási ponton T2

típusú túlfeszültség védelmi készüléket kell elhelyezni.

4, Termelőegység hibavédelme (érintésvédelem)

Az áramütés elleni védelem DC IT-rendszer

Az ide vonatkozó szabványok:

MSZ HD 60364 - 4 - 41: 2007 „Áramütés elleni védelem”

MSZ HD 60364-7-712:2006 „Napelemes (PV) energiaellátó rendszerek”

A rendszer üresjáratú feszültsége: 763,2 V

A beépített kettős szigetelésű villamos alkotóelemek megoldást jelentenek erre a feszültség szintre.

8. KÖLTSÉGEK SZÁMÍTÁSA

A napelemes rendszer költsége:

Névleges teljesítmény	8,16 kWp
Tetőfelület igény	41,0 nm
Napelem márkája	Jolywood 340W
Optimalizálás	Huawei optimalizáló 450W
Panelszám	24 db
Termékgarancia	12 év
Teljesítménygarancia	30 év
Inverter típusa	Huawei SUN2000-8KTL-M1
Monitoring	Igen
Termékgarancia	10 év
Nettó ára	2 568 208 Ft
Bruttó ára	3 261 624 Ft
Fajlagos bruttó ára	399 708 Ft/kW

3. táblázat Napelemes rendszer költségei

1, Megtakarítás és ökológiai lábnyom

Várható éves hozam	9425-9853 kWh/év
Havi megtakarítás	31 987 Ft
25 év megtakarítás	9 596 200 Ft
CO2 megtakarítás	8,3 t/év
Kiváltott fák száma	3652 db fa
Ültetett erdőméret	2,6 hektár erdő

4. táblázat Megtakarítás és ökológiai lábnyom

A megtérülést megkapjuk, ha a napelemes rendszer bekerülési költségét elosztjuk a havi megtakarítás forintban kifejezett értékével:

$$3\,261\,624 \text{ Ft} / 31\,987 \text{ Ft} = 102 \text{ hónap, azaz } \sim 8,5 \text{ év}$$

A megtérülés számítása során nem vettem figyelembe a fa tartószerkezet költségeit. Ha pedig levonjuk a tető elméleti héjalásának a költségét, is, ami kb. 750.000 Ft akkor a napelemes rendszer megtérülése az alábbiak szerint alakul:

$$2\,511\,624 \text{ Ft} / 31\,987 \text{ Ft} = 78,5 \text{ hónap, azaz } \sim 6,5 \text{ év}$$

Így már versenyképes bármely más, napjainkban elérhető befektetési formával.

A tartószerkezetet alvállalkozó készítette. A költségvetés az alábbiak szerint alakult:

2, Faanyag mennyiségek

szál [db]	hossz [m]	a [m]	b [m]	mennyiség [m3]	felület [m2]
3	2	0,15	0,15	0,135	3,6
2	3	0,15	0,15	0,135	3,6
2	5	0,15	0,1	0,15	5
2	8	0,15	0,1	0,24	8
3	4	0,15	0,1	0,18	6
4	5	0,15	0,075	0,225	9
9	5	0,15	0,075	0,50625	20,25
			össz. mennyiség:	1,57125	55,45

5. táblázat Faanyag számítás

Borovi fenyő gyalult felülettel; 1, 57 m3:	486 700 ,-
Felületkezelés 2 rtg. anyag + munkadíj; 55,45 m2:	221 800,-
Betontuskók öntése 1,57 m3 anyag + munkadíj:	94 080,-
Faszerkezet összeállítás:	680 000,-
Összesen:	4 744 204,-

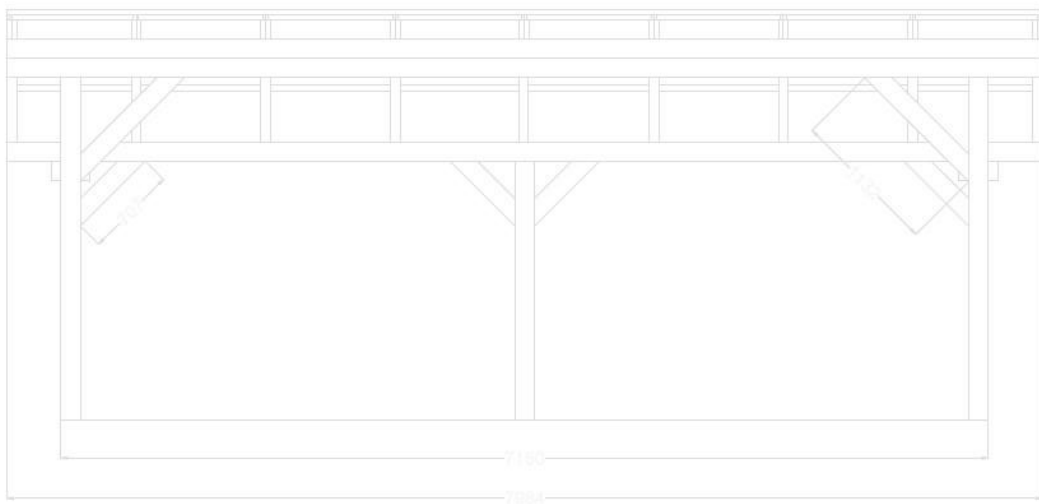
9. KIVITELEZÉS

A panelt tartó fa tartószerkezet készen állt, azt a megrendelő elkészíttette a héjalás kivételével, azt ugyanis mi alakítottuk ki. A szerkezetet kivitelező cég információi alapján az alábbi keresztmetszeteket használták fel az építéskor:

Az alapanyag gyalult, kezelt, borovi fenyő

- hátsó oszlopok: 3 szál 2 m 150x150
- első oszlopok: 2 szál 3 m 150x150
- hátsó szelemen: 2 szál 5 m 150x100
- első szelemen: 2 szál 8 m 150x100 (nettó 8 m) egymás fölé, 12-es menetes szárakkal összefogatva
- karpántok: 3 szál 4 m 150x100 (nettó 2x1,2m; 4x0,7m; 4x1,2m)
- fogópárok: 4 szál 5 m 150x75-es (4 x nettó 4,65m)
- szarufák: 9 szál 5 m 150x75-es (9 x nettó 5,08m)

A kiválasztásnál ügyeltek arra, hogy olyan keresztmetszeteket válasszanak, amelyek később nem csavarodnak. Az alu keretet ugyanis erre ültették és az korlátozott vetemedést képes elviselni alakváltozás nélkül.



20. ábra Tartószerkezet előlnézeti; Forrás: saját terv



21. ábra Tartószerkezet oldalnézet; Forrás: saját terv

A napelemeket közvetlenül 50x50x3 AlmgSi 0,5 alapanyagú alu U profil tartóra terveztem. Ez egy közepes szilárdságú, jó hegeszthető, jó eloxálható, jó korrózióállóságú, alumínium ötvözet, megfelel a jelenlegi alkalmazott élettartam követelményre. A méretezésnél alapul vettem a standard tartóprofil, amely egy 40x40-es, 1 mm falvastagságú solar profil, jellemzője, hogy mindkét függőleges oldalán tart. Ehhez képest a kiváltó U profil 10 mm-rel nagyobb magassággal és 50%-al nagyobb falvastagsággal elegendő tartalékot szolgáltat.

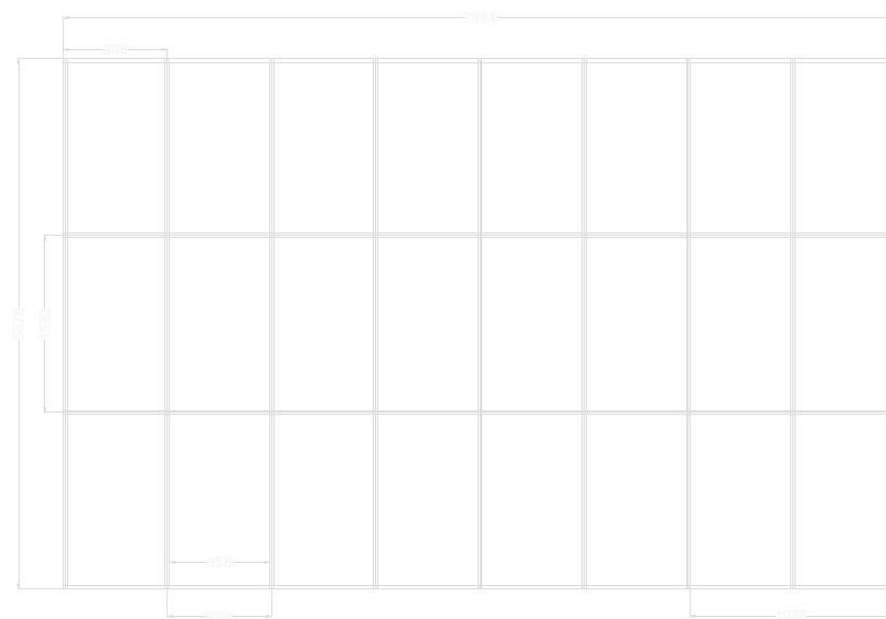
Az alumínium kiváló mechanikai és esztétikai tulajdonságokkal bír, fajsúlya $2,7 \text{ g / cm}^3$, ami kb. egyharmada az acél fajsúlyának. Alapvetően korrózióálló, hiszen Oxigén hatására természetes védőoxid bevonatot képződik rajta, de esetünkben eloxált anyaggal dolgozunk, amely még tovább javítja ezt a tulajdonságát. Nem utolsó sorban jó megmunkálható, akár körfűrészszel is esztétikusan darabolható. Hosszú élettartam jellemző rá, amely fontos ebben az esetben, hiszen a napelemek élettartama is 30 év fölé tehető!

És ami környezetvédelmi szempontból a legfontosabb, hogy végtelenszer újrahasznosítható, mégpedig úgy, hogy az eljárás során nem romlik a minősége.

EN 755-2 előírások alapján:

Névleges szakítószilárdság: $R_m \text{ min: } 215 \text{ N/mm}^2$

Folyáshatár: $R_{p0,2} \text{ min: } 160 \text{ N/mm}^2$



22. ábra napelemek kiosztása, felülnézet; Forrás: saját terv



23. ábra napelem tartószerkezet telepítése az előkészített fa tartószerkezetre;

Forrás: saját fotó



24. ábra; A hátoldal impozáns megjelenésű, ezért, valamint a kitakarás elkerülése miatt is nagy figyelemmel kell a kábeleket elvezetni – elrejteni; *Forrás: saját fotó*



25. ábra A szerkezet felülnézete vízzáró technológiával szerelt modulokkal;

Forrás: saját fotó

1, Munkavédelem

A tetőn végzett munka megkezdése előtt ellenőrizni kell, hogy a kollégák betartják-e az összes balesetmegelőzési szabályt, ezentúl megfelelő védelmet kell biztosítani leesés ellen.

Telepítés előtt meg kell győződnünk arról, hogy a meglévő tetőfedés és tetőszerkezet megfelelő-e az előforduló további terhelésekre. A tetőszerkezet állapotát még az alumínium sínrendszer felhelyezése előtt megvizsgáltuk. A szarufák és az oszlopok minősége megfelelő. A tetőfedés maximális teherbírása alkalmas mind a napelemes rendszer, mind az azt telepítő munkások fogadására.

A telepítést csak szakképzett munkások végezhetik, akik a szabályoknak megfelelően dolgoznak. A telepítés során be kell tartani a tűzvédelmi előírásokat.

10. BŐVÍTHETŐSÉGI LEHETŐSÉGEK

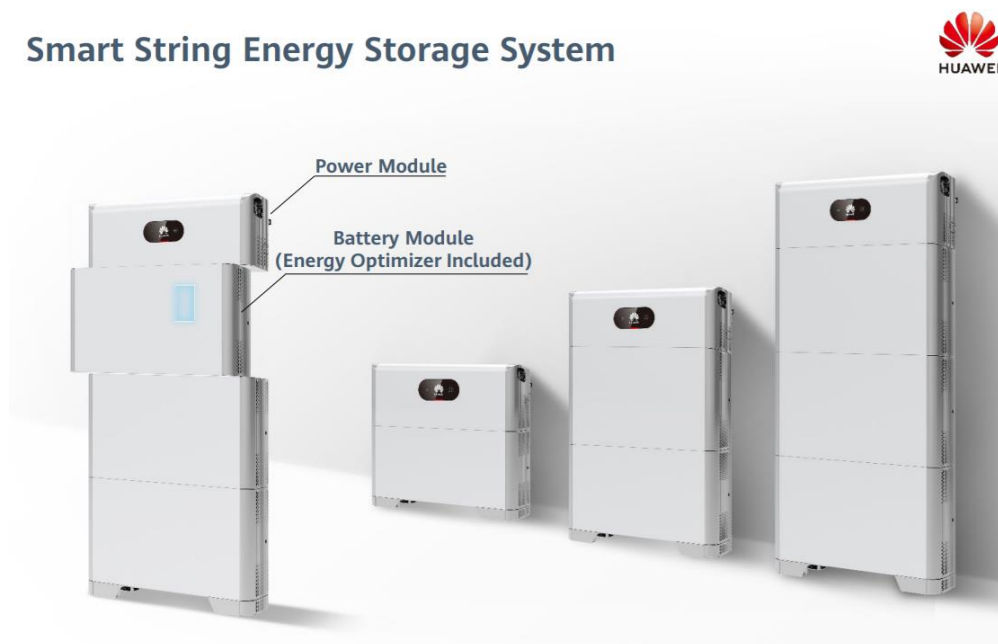
Ennél a projektnél nem kérte az ügyfél, de ennem ellenére olyan megoldást szállítottunk, amely a jövőben könnyedén kibővíthető akár akkumulátorokkal, akár az elektromos autó töltésével.

1, LUNA2000-5-15-S0 Smart String energiatároló rendszer

Amíg a szaldó elszámolás létezik addig csak elméletben készülünk az energiatárolókat alkalmazó jövőbeni technológiákra. Az újabb pályázati lehetőségek azonban előremutatják már a háztartásokban 5-15 kWh kapacitással rendelkező energiatárolók jelenlétét. Nyugati példákat alapul véve ez is egy alkotóeleme lehet a jövőbeni energiaellátás biztonságának. Mindenesetre ez az inverter tartalmazza ennek a technológiának az egyszerű csatolását.

Tűzbiztonságos technológiával készült

Egyszerű telepítés, modulárisan bővíthető 5 - 10 - 15 kWh méretre és ebből a csoportból kettő összefűzhető, tehát összesen 30 kWh kapacitás érhető el egy inverter mellett.



26. ábra LUNA 200 energiatároló rendszer; Forrás: <https://solar.huawei.com/>²²

Érdekessége, hogy 100%-os kisülési mélységet (DoD) engedélyez. A vezérlőegysége a BMS (Battery Management System) ezen a lítium-vasfoszfát (LFP) cellákat tartalmazó akkumulátorokhoz kapcsolódik és azok tölti, meríti, kezeli, élettartamát növeli.

2, Autóakkumulátor töltő

A napelemes rendszerrel egybeépített elektromos autós töltő ötlete ügyfelünk körében rendszeresen felmerül.

Az elektromos autók vásárlásakor nem csak a környezettudatosság de a pénzügyi megtérülés is motiváció. Napelemmel kombinálva pedig még vonzóbb a modell, hisz a háztartásunk is és a járművünk is megújuló energiával lesz ellátva. A legtöbb töltő ugyan váltakozóáramot használ az akkumulátorok feltöltésére, de a nagyobb teljesítményű típusok egyenáramot juttatnak közvetlenül az egységekbe. Mivel a napelemek is egyenáramot állítanak elő, kézenfekvő megoldásnak tűnt hogy közvetlenül ezzel az egyenárammal töltsük az akkukat, kihagyva a DC/AC konverziót és annak veszteségeit. Mivel a Huawei komoly innovációkat jelentet meg időről időre a termékpalettáján, erre a fejlesztésre is számítottunk, kaptunk is rá ígéretet, de még sajnos nem elérhető a piacon ez a megoldás. Ennél fogva egy hagyományos, falra szerelhető típust ajánlottunk az ügyfélnek.

A jövőbeni töltési infrastruktúrának magas rendelkezésre állásúnak, nagy megbízhatóságúnak és minőséginek kell lennie, és képesnek kell lennie alkalmazkodni az összetett és zord működési környezetekhez, mint például a magas hőmérséklet és páratartalom, sós levegő és por. Az alapvető alkatrészeknek, például a töltőpisztolyoknak/töltőknek és a töltőmoduloknak ezért magas minőségűeknek kell lenniük.

2025-re 15 millió az elektromos járművet jósolnak csak Európára, és várhatóan a személyautók töltésének 80%-a lakossági töltésből származik majd.

Az intelligens hálózatok, az 5G kommunikáció, a távvezérelhetőség, a mesterséges intelligencia mind segíthetnek majd ebben a folyamatban. A töltési infrastruktúra várhatóan nemcsak elektromos, hanem hálózati eszköz is lesz egyben. Közvetlenül az áramhálózat ütemezheti és kezelheti, ezért számos tulajdonsággal kell majd rendelkeznie a

biztonsággal és a privát adatok védelmével kapcsolatban. Ezen megfontolások alapján megrendelünk az alábbi típust helyezte előtérbe a jövőbeni beszerzés céljából:

3, Webasto Pure Black gyors fali töltő



27. ábra Webasto Pure Black gyors fali töltő; Forrás: <https://e-cartolto.hu/>²³

Az ügyfél a Webasto cég töltőjét választotta lehetséges alternatívának, ez ugyanis nem utolsó sorban kérhető 7 méteres töltőkábel, amelyre szükség lesz, ugyanis a beálló 2 személygépkocsinak lett megépítve. Az energiaszükséglete 3 x 16 A amelyre az inverter számára lefektetett kábel már méretezve volt. Type2-es csatlakozóval lehet csatlakoztatni a tölteni kívánt autóhoz. A töltési teljesítmény 1,8 és 11kW teljesítmény között állítható. A töltés automatikusan elindul a csatlakoztatás után. A töltőállomás Type2-es csatlakozóval szerelt elektromos autótípusokkal kompatibilis. Ezen felül IP54 védetségű fokozattal rendelkezik. Hiba áram felügyelő funkciót is tartalmaz, ennek köszönhetően csak A típusú ÁVK szükséges hozzá.

11. ÖSSZEFOGLALÓ

A háztartási kiserőmű kiépítésével egyszeri beruházást hajtunk végre, amely ezt követően, kiszámítható módon, több évtizeden át biztosít számunkra környezetbarát villamos energiát. A beruházás hozama a futamidőre vetítve évek óta versenyképes a legtöbb befektetési formával szemben. További előnye az ingatlan értékének növekedése és nem utolsósorban a villamos energia áráról való függetlenség.

Kivitelezőként tisztában vagyunk vele, hogy csak úgy maradhatunk a piacon, ha mi is fejlődünk és emellett nyomon követjük az iparági irányokat, sztenderdeket. Alapvetően profilunkba illett, ezért is vágtunk bele a fenti fejlesztésbe, hogy minél több felhasználási módot találjunk a napelemek és ezzel egyidejűleg a megújuló energia alkalmazásának.

A megvalósult projekt eddigi tesztjei megfelelőnek bizonyultak, de egy teljes évet kell vizsgálnunk ahhoz, hogy az évszakok váltakozásának is ellenálló megoldást tudjunk kínálni. A fentiekben a kétoldalas technológia egy lehetséges alkalmazását mutattam be. Természetesen ahogy ez elkészült már látjuk is azokat a fejlesztéseket, amelyeket a következő projektekben érvényesíthetünk.

Az, hogy a dolgozatban felsorakoztatott újítások megéri-e az alkalmazásuk során jelentkező többletköltséget, egy egyszerű hozamszámítás során kiderül. Tekintve az egyre növekvő nyersanyag-árakat, napról napra egyre több és több fejlesztés lesz piacképes forradalmasítva a jelenleg alkalmazott és elterjedt technológiát.

A technológiai újításokat felvonultató, leírt példák jól mutatják, hogy a napelemes iparban radikális változásokra, kiugróan magas hatékonyság nem várható. A legtöbb ilyen fejlesztés is csak néhány százalékos hozamnövekedést eredményez, de ha nagy részüket alkalmazzuk az egyes napelemeke, akkor már nem kellenek hosszú évek, évtizedek ahhoz, hogy széles körben először erőművi, majd a lakosság körében is elterjedjenek.

Mi törekszünk arra, hogy olyan telepítéseket végezzünk, ahol nemcsak a funkcióra helyezzük a hangsúlyt, hanem megpróbáljuk a lehető legnagyobb mértékben megőrizni, sőt, ha sikerül akkor még akár szebbé is varázsolni lakókörnyezet építészeti egységét, harmóniáját.

Általában egy munkát akkor tekintünk sikeresen befejezettnek, ha mi is és velünk közösen a megrendelő is maradéktalanul elégedett. Az itt bemutatott feladat egy komplex tervezés-kivitelezés eredménye. Elmondhatjuk, hogy sikerült olyan megoldást találnunk, amely mind esztétikailag, mind pedig szerkezetileg maradéktalanul kielégíti a felmerült igényt. Víziónk, hogy ügyfeleinknek a lehető legmodernebb technológiákat szállítsuk és valljuk be ezt örömmel is tesszük, hisz napjaink egyik leginnovatívabb iparágában tevékenykedhetünk.

12. SUMMARY

With the construction of a small household power plant, we are making a one-time investment, which will then provide us with environmentally friendly electricity for several decades in a predictable way. The return on investment over time has been competitive with most forms of investment for years. Another advantage is the increase in the value of the property and last but not least the independence from the price of electricity.

As a contractor, we are aware that we can only stay in the market if we also develop and also follow the industry trends and standards. It basically fit our profile, which is why we have embarked on the above development in order to find as many uses as possible for the use of solar panels and, at the same time, renewable energy.

The tests of the implemented project so far have proved to be satisfactory, but we have to examine it for a whole year in order to be able to offer a solution that can withstand the changes of the seasons. In the above, I have presented a possible application of bifacial technology. Of course, as soon as this is done, we can already see the improvements that we can implement in the following projects.

Whether the innovations listed in the dissertation are worth the additional cost of their application is revealed in a simple yield calculation. Given rising commodity prices, more and more developments will be marketable day by day, revolutionizing the technology currently in use and prevalent.

The described examples showcasing technological innovations show that radical changes in the solar industry are not expected to be exceptionally high. Most of these developments result in only a few percent increase in yield, but if we use most of them in individual solar panels, it will no longer take many years or decades for them to become widespread first in power plants and then among the population.

We strive to carry out installations where we not only focus on the function, but also try to preserve it as much as possible, and even if it manages to make the architectural unity and harmony of the living environment even more beautiful.

We usually consider a job to be successfully completed if we and the customer are fully satisfied. The task presented here is the result of a complex design and implementation. We can say that we have managed to find a solution that fully satisfies the demand, both aesthetically and structurally. Our vision is to deliver the most up-to-date technology to our customers and we are happy to admit this, as we can operate in one of the most innovative industries today.

13. IRODALOMJEGYZÉK

^{1, 16} <https://www.pv-magazine.com/>

^{2, 9} Dr. Rácz Ervin Ph.D. A napelemek fizikai alapjai

³ <https://voltaconsolar.com/>

⁴ <https://www.solarsource.com/>

^{5, 6} <https://www.pentelesolar.hu/>

⁷ <https://www.longi.com/>

^{8, 9, 10, 14} <https://www.tisztaenergiak.hu/>

¹¹ <https://www.trinasolar.com/>

^{12, 13} <https://pv-manufacturing.org/>

¹⁵ <https://www.longi-solar.com.au/>

¹⁷ <https://www.lg.com/>

^{18, 19} <http://www.jolywood.cn/>

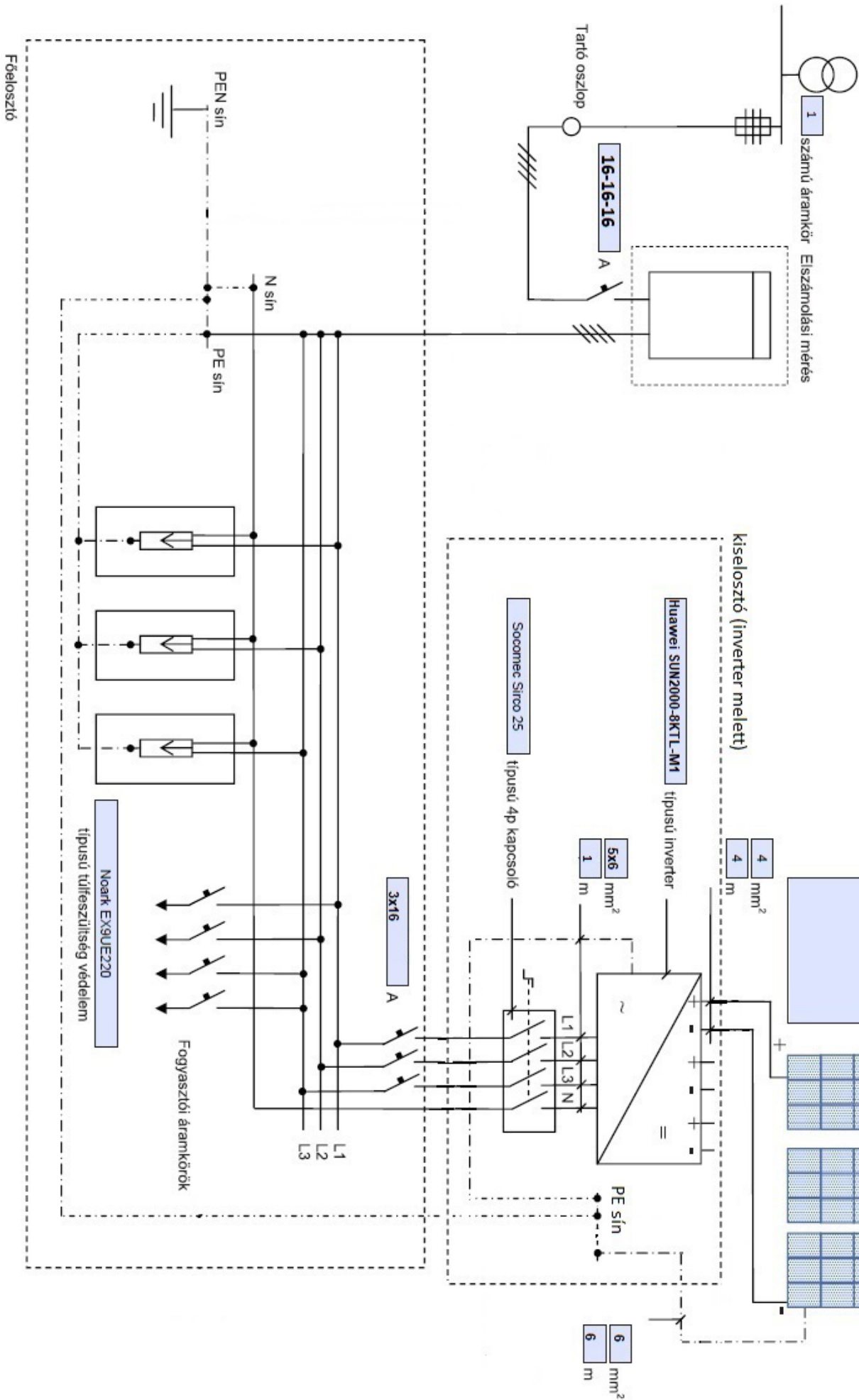
²⁰ <https://electrocord.hu/>

²¹ <https://www.noark-electric.eu/>

²² <https://solar.huawei.com/>

²³ <https://e-cartolto.hu/>

Kapcsolási vázlat



HMKE elektromos kapcsolási vázlat			
Felhasználó:	Mága József	Tervező:	Szabó Tamás
Fogyasztási hely:	2000 Szentendre Tegéz u. 7.	Engedély:	