

SZAKDOLGOZAT

Sifter Gergely András

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllő Campus
Műszaki Intézet
szakirányú továbbképzési szak

**Napelempark, mint energetikai beruházás tervezése,
megvalósítása és üzemeltetése**

Belső konzulens: Dr. Hermanucz Péter
Egyetemi tanársegéd

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Műszaki intézet/
Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: **Puklér Géza**
energetikai szakreferens

Készítette: **Sifter Gergely András**

Gödöllő
2024

MŰSZAKI INTÉZET
Létesítményfenntartó szakember - szakirányú továbbképzés

SZAKDOLGOZAT

feladatlap

Sifter Gergely András (Z7YJYV)

részére

A szakdolgozat címe:

Napelempark, mint energetikai beruházás tervezése, megvalósítása és üzemeltetése

A szakdolgozat megírásával kitűzött feladatok:

- Dolgozza ki egy átfogó áttekintés keretében a napelemes rendszerek működését, valamint a különböző paneltechnológiákat, valamint a technológia magyarországi, illetve nemzetközi helyzetét!
- Vizsgálja meg egy konkrét projekt releváns műszaki tartalmát!
- Elemezze a napelemes beruházás gazdasági vonatkozásait, beleértve a megtérülési időt, a jövedelmezőséget, a villamosenergia értékesítés folyamatát.
- Tegyen javaslatot a villamosenergia értékesítés profitmaximalizálására további technológiai lehetőségeket felhasználva (programozható inverter, akkupakk)!

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: Puklér Géza megbízott energetikai szakreferens 9915 Nádasd, Sipos Béla utca 12.

Belső konzulens: Dr. Hermanucz Péter, egyetemi adjunktus, MATE, Műszaki Intézet

A dolgozat beadási határideje: 2024. év november hó 05. nap

Kelt: Gödöllő, 2024. év 09. hó 21. nap

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulensc nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Kelt: Nádasd, 2024. év november hó 1. nap

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Témaválasztás	3
2. Szakirodalmi áttekintés, a napelemes rendszerek	4
2.1 Különböző napenergia technológiák	4
2.2 A fotovoltai hatás, a napelemes rendszerek felépítése és működése	5
2.3 Napelempanelek különböző típusai	7
2.4 Inverterek	12
2.5 Napelempark tervezése és megvalósítása	14
2.6 A megújuló energiaforrások szerepe az Európai Unióban	17
2.7 Magyarország napelem potenciálja	18
2.8 A magyar villamosenergia hálózat működése	22
2.9 A magyar villamosenergiapiac működése	24
2.10 Technológiai újítások: okos, programozható inverterek és akkumulátorok	27
3. A projekt bemutatása	31
3.1 A vizsgált projekt ismertetése, műszaki tartalom bemutatása	31
3.2 Beruházás megvalósulási költségei	33
3.3 Éves várható termelés meghatározása	33
3.4 Üzemeltetési költségek	35
4. Villamosenergia értékesítése	37
4.1 Az értékesítési módszer	37
4.2 A várható éves hozam meghatározása folyamatos termelés esetén	44
5. Profitmaximalizálás különböző technológiák felhasználásával	50
5.1 A villamosenergia termelés várható megoszlása - a menetrend	50
5.2 A villamosenergia tőzsdei árának alakulása	51
5.3 Növeljük a profitot - a termelés leállítása várható negatív bevétel esetén	57
5.4 Akkupakk telepítése	60
5.5. Következtetések és javaslatok	65
Összefoglalás	68
6. Irodalomjegyzék	69

1. Témaválasztás

A 21. században a napelemes energia egyre nagyobb jelentőségre tesz szert. A fosszilis energiaforrások kimerülése és az éghajlatváltozás hatásainak fokozódása miatt sürgetővé vált a megújuló energiaforrások, köztük a napenergia hasznosítása. A napelemes rendszerek segítségével csökkenthetjük szén-dioxid-kibocsátásunkat, valamint hozzájárulhatunk a fenntartható jövő kialakításához. A technológia folyamatos fejlődése és a támogatási rendszerek megjelenése tovább ösztönzi a napelemes beruházásokat, így a napenergia egyre inkább a jövő energiájává válik.

A jelen dolgozat célja, hogy átfogó képet nyújtson a napelemes rendszerek működéséről, a jelenleg alkalmazott technológiákról, illetve a különböző típusú eszközök előnyeiről és hátrányairól. Egy konkrét napelem park beruházás műszaki tartalmának bemutatását követően, bemutatom a villamosenergia értékesítés folyamatát, majd ezt követően különböző technológiák lehetséges felhasználásával fogok javaslatot tenni a profitmaximalizálásra.

A dolgozat első részében a napelemes rendszerek működésének alapelveit ismertetem, kitérve a különböző típusú napelemekre és azok jellemzőire. Ezt követően áttekintem a napelemes technológiákat, valamint a piac magyarországi helyzetét. Betekinthetünk a hazai villamosenergia hálózat működési rendszerébe, valamint az energiapiac felépítésébe. Végezetül a dolgozatban alkalmazott újabb technológiákban rejlő lehetőségeket mutatom be általánosságban.

A „saját munka” első részében egy nyugat-magyarországi napelempark dolgozat szempontjából releváns műszaki tartalmát mutatom be, kitérve az alkalmazott eszközök pontos típusára, továbbá a várható részletes termelési adatokra.

A következő részben a beruházás gazdasági vonatkozásait vizsgálom. Bemutatom a beruházás költségvetését, kitérve az üzemeltetéssel járó várható költségekre, valamint a várható amortizációra is. A napelemes rendszer jövedelmezőségének értékelésére is kitérek a villamosenergia értékesítési folyamat bemutatását követően a megvalósult állapot alapján, majd a villamosenergia különböző technológiák alkalmazásával hálózatba történő betáplálására teszek szakmai javaslatot, mindezt kizárólag a profitmaximalizálás érdekében, egy esetlegese további beruházás lehetőségének vizsgálatával.

2. Szakirodalmi áttekintés, a napelemes rendszerek

Elsőként szeretném bemutatni azt, hogy miként hasznosítható a földre érkező napenergia. Milyen módjai vannak, miféle technológiák érhetők el jelenleg, továbbá mely összetevőkből épülhet fel egy napelemes rendszer. Betekintek egy napelempark tervezésének lépésibe, illetve Magyarország jelenlegi helyzetére a témára vonatkozóan. Átfogót képet szeretnék továbbá adni a villamosenergia hálózat, valamint a villamosenergia tőzsde működéséről. Végezetül néhány újnak számító technológiára térek ki.

2.1 Különböző napenergia technológiák

Yinghao Chu, a Global Energy Network Institute munkatársa, 2011-es tanulmányában a különböző napenergia technológiákat mutatja be, melyek a következők:

- Fotovoltaikus rendszerek: Ezek a rendszerek közvetlenül alakítják a napenergiát villamos energiává.
- Koncentrált napenergia: A napenergia először hőenergiává alakul, majd hőerőgéppel villamos energiává alakítják.
- Koncentrált fotovoltaikus rendszerek: Ezek a rendszerek lencsét használnak a napfény koncentrálására, és a koncentrált fényt fotovoltaikus cellákkal villamos energiává alakítják.
- Festékérzékenyített napelemek: Ezek a cellák új technológiát alkalmaznak, és folyékony elektrolitot használnak.
- Napelemes termoelektromos rendszerek: Ezek a rendszerek termoelektromos eszközökkel alakítják a napenergiát villamos energiává.

A tanulmány tehát öt, széles körben vizsgált napenergia-technológiát elemzett. Ezek a technológiák szerkezetüket, teljesítményüket, előnyeiket és hátrányaikat tekintve eltérőek. A koncentrált fotovoltaikus rendszerek, a színezékérzékeny napelemek és a napelemes termoelektromos rendszerek ígéretes új technológiák, amelyek intenzív kutatás alatt állnak. Hosszú távon jelentős piaci részesedést szerezhetnek, ha technikai áttörések történnek és versenyképes áron tudják kínálni termékeiket.

A tanulmány kiemelt figyelmet fordított a fotovoltaikus napelemekre és a koncentrált napenergia rendszerekre, mivel ezek a két legelterjedtebb technológia, és várhatóan gyors növekedést fognak tapasztalni. Összehasonlította a két technológia működési elvét,

szerkezetét, hatékonyságát és egyéb műszaki jellemzőit. Emellett vizsgálta és összehasonlította telepítésüket, kiegyenlített költségüket és várható növekedésüket.

A publikáció viszont nem tudta megállapítani, hogy bármelyik technológia lesz legsikeresebb a jövőben. Minden technológiának megvannak a maga előnyei és hátrányai, és a legmegfelelőbb választás az adott körülményektől függ.

Govinda R és munkatársainak cikke (2012) szerint a napenergia a Föld legbőségesebb megújuló energiaforrása. Bár a technológia fejlődik és költsége csökken, jelenleg még drágább a hagyományos energiaforrásoknál. A széleskörű elterjedéséhez további állami támogatásokra van szükség, mint például adókedvezmények vagy zöldenergia programok. A napenergia kulcsfontosságú az éghajlatváltozás elleni küzdelemben és az energiaellátás biztonságának növelésében.

2.2 A fotovoltaiikus hatás, a napelemes rendszerek felépítése és működése

A Tritec Energy (2024) szerint a fotovoltaiikus hatás során a fény energiáját alakítjuk át elektromos energiává. Amikor a fény részecskéi, a fotonok eléri a napelemet, energiájukat átadják a szilícium atomokban lévő elektronoknak. Az így felvett energiának köszönhetően az elektronok kiszabadulnak a kötött állapotból és szabadon mozoghatnak.

A napelemekben kétféle szilícium réteget használnak: az egyikben foszfor, a másikban bór atomok vannak. A foszfor atomok extra elektront adnak a szilíciumhoz, míg a bór atomok egy elektron hiányt (lyukat) okoznak. Ez a kétféle réteg határán, a p-n átmenetben elektromos tér alakul ki. Amikor a fény eléri a napelemet, a keletkező elektronok és lyukak az elektromos tér hatására szétválnak, így elektromos áram keletkezik. Az egyik elektródon összegyűlnek az elektronok, a másikon pedig a lyukak, létrehozva egy feszültséget. Ezt a feszültséget és áramot tudjuk felhasználni elektromos energiaként.

A napelem felépítése és működése:

Husi, Bartha és Tóth 2009-es értekezése szerint a napelem olyan eszköz, amely a napfény energiáját közvetlenül villamos energiává alakítja. A legelterjedtebb típusok szilícium félvezetőkön alapulnak, és működésük az 1950-es évek óta ismert. A napelemek iránti kereslet az utóbbi évtizedekben rohamosan nőtt, és a gyártási kapacitások is jelentősen bővültek. A napelem működésének alapja, hogy a napfény fotonjai energiát adnak át a napelem anyagában lévő elektronoknak, amelyek így mozgásba lendülnek, és elektromos

áramot hoznak létre. Az így nyert egyenáramot inverterek segítségével alakítják át a háztartásokban is használható váltóárammá. A napelemek környezetbarát és fenntartható energiaforrást jelentenek, és számos területen alkalmazhatók, az otthonoktól az ipari létesítményekig.

Dr. Ed Franklin (2018), az Arizónai Egyetem munkatársa érthető részletességgel mutatja be a fotovoltaikus rendszerek kötelező és opcionális komponenseit:

1. Napelem modulok:

- A rendszer alapvető egységei.
- Szilícium vagy más félvezető anyagokból készülnek, amelyek a napfény hatására elektromos áramot termelnek.
- A modulok mérete és teljesítménye változatos, a rendszer energiaigényéhez igazítható.
- A modulokat rendszerint sorba vagy párhuzamosan kapcsolják össze, hogy a kívánt feszültséget és áramot ériék el.

2. Napelem inverter:

- Az egyenáramot (DC), amit a napelemek termelnek, váltakozóárammá (AC) alakítja, ami a háztartási készülékek működéséhez szükséges.
- Többféle típusú inverter létezik:
 - **Hálózatra kapcsolt (on-grid):** A megtermelt energiát a hálózatba táplálja, a felesleget a szolgáltató visszavásárolja.
 - **Hálózattól független (off-grid):** Teljesen független a hálózattól, saját akkumulátorral rendelkezik.
 - **Hibrid inverter:** Az előző két típus kombinációja, képes mind a hálózatra kapcsolásra, mind az akkumulátor töltésére.

3. Akkumulátorok:

- Az energiát tárolják, így akkor is használhatjuk a napenergiát, amikor nincs napsütés.
- A leggyakrabban használt típusok:
 - **Ólomsavakkumulátorok:** Olcsóbbak, de nehezebbek és nagyobb helyet foglalnak el.
 - **Lítium-ion akkumulátorok:** Könnyebbek, hosszabb élettartamúak, de drágábbak.

4. Töltés-szabályozó:

- Védi az akkumulátort a túl- és alultöltődéstől.

- Szabályozza az akkumulátorba áramló áram mennyiségét.

5. Szerkezeti elemek és kábelezés:

- **Szerkezet:** A napelemek rögzítésére szolgáló állványzat vagy tartó.
- **Kábelezés:** Az egyes komponensek összekapcsolását biztosítja. A kábeleknek megfelelő keresztmetszetűnek és szigetelésűnek kell lenniük.

6. Biztosíték és kapcsolók:

- A rendszer védelmére szolgálnak, megakadályozzák a túlterhelést és a rövidzárlati károkat.

7. Mérőműszerek:

- Az energiatermelést, fogyasztást és az akkumulátor állapotát mérik.
- Lehetővé teszik a rendszer hatékonyságának nyomon követését.

8. Kommunikációs eszközök (opcionális):

- A rendszer távoli elérését és monitoringját teszik lehetővé.

A napelemek által termelt egyenáramot az inverter váltakozóárammá alakítja. Ez az áram táplálja a háztartási készülékeket vagy az akkumulátort. Az akkumulátorban tárolt energia akkor használható fel, amikor a napelemek nem termelnek elegendő áramot, például éjszaka vagy borús időben. A töltés-szabályozó gondoskodik arról, hogy az akkumulátor mindig optimális töltöttségi állapotban legyen.

Egyéb Komponensek

- **Optimalizátorok:** Egyedi napelemek vagy napelemsorok teljesítményét növelik, például árnyékolás esetén.
- **Napkövetők:** A napelempanelek folyamatosan a nap felé fordításával növelik a termelést.
- **Hőcserélők:** A napelemek hűtésére szolgálnak, ezzel növelve a hatékonyságot.

2.3 Napelempanelek különböző típusai

A napelemek világában számos különböző típus létezik, amelyeket elsősorban a gyártási eljárás és az alapanyagok különböztetnek meg. A legelterjedtebb típusok közé tartoznak a monokristályos és a polikristályos napelemek. Mindkettőnek megvannak a maga előnyei és hátrányai, amelyek befolyásolhatják a választást egy adott alkalmazáshoz. A legkevésbé elterjedt típusok pedig az amorf táblák. Lássuk, mit is képviselnek ezek a technológiák:

Figen Baloa és Lütfü Şağbanşuab 2016-os tanulmánya a következőképpen mutatja be a két legjelentősebb napelemtipust: A napelemek hagyományosan kisebb méretű energiaellátásra

szolgálnak, különösen kereskedelmi vagy lakóépületek komplexumaiban vagy egyedi épületekben. Ezek a panelek általában 18-12% közötti hatékonysággal rendelkeznek, és két különböző kristálytípus létezik: polikristályos és monokristályos. A polikristályos panelek általában kevésbé hatékonyak, mivel csak egyetlen kristály van jelen, de olcsóbbak, míg a monokristályos panelek egy kicsit drágábbak, de általában hatékonyabbak. A napelem teljes költségét a méret (W-ban), a márká, a fizikai méret, az élettartam/tartósság és az esetleges tanúsítványok határozzák meg. A napelem kiválasztása kizárólag az ár alapján nem ésszerű, mivel nem biztos, hogy megfelelő a tervezett területre, vagy nem rendelkezik megfelelő tanúsítvánnyal, vagy nem rendelkezik a megfelelő garanciális háttérrel. A napelem piacon a kapott villamos energia kilowattóránkénti árai magasak, ami jelentősen növeli a megtérülési időt. Ha a megtérülési idő nagyon hosszú, a fogyasztók nem fogják alkalmazni a fotovoltaikus rendszer technológiáját. A napelem minél magasabb hatékonysággal termel, annál korábban várható a beruházás megtérülése az áram visszatáplálásával a hálózatba. Így a fotovoltaikus rendszer tervezésének egyik legfontosabb döntése ezeknek a napelemeknek a megfelelő kiválasztása.

A monokristályos napelemek fontosabb jellemzői:

- A monokristályos napelemek egyetlen nagy kristályból készülnek.
- Hatékonyságuk magas, de gyártásuk költségesebb.
- A vágás során keletkező hulladék miatt a modul teljes területét nem fedik le cellák.
- A monokristályos napelemek általában sötét színűek és hatékonyan nyelik el a fényt.

A [solarcapturetechnologies.com](https://www.solarcapturetechnologies.com) (2024) szerint a monokristályos napelemek a legjobbak, mert: a monokristályos napelemek egyetlen darab szilíciumból készülnek, ezért könnyebben áramlik rajtuk keresztül az elektromosság. Piramid alakú cellapjuk nagyobb felületet biztosít, lehetővé téve a monokristályos napelemek számára, hogy több energiát gyűjtsenek a napsugarakból. (Solar Capture Technologies)



1. ábra: Monokristályos napelem panel. (forrás: <https://www.targray.com/solar/solar-silicon/solar-cells/monocrystalline>)

Polikristályos napelemek

Matusz-Kalász Dávid (2023) PhD értekezése szerint a háztartásokban és a közcélú erőművekben egyaránt a **polikristályos napelemek** a legelterjedtebbek, elsősorban kedvező ár-érték arányuk miatt. A polikristályos napelemek gyártásához a szilíciumot egy négyszögletes formába öntik, ahol több, kisebb kristály alakul ki. Ezt a módszert Siemens eljárásnak nevezik, és lényege, hogy egyszerre több kristályt növesztenek egy nagyobb kemencében, „alacsonyabb” 1100 Celsius fokos hőmérsékleten. Ennek köszönhetően költséghatékonyabb a gyártás. A kapott szilíciumtömböt vékony szeletekre vágják, azonban ezek a szeletek nem követik pontosan a kristályok határait. Emiatt a napelem celláiban több, kisebb kristálydarab is megtalálható.



2. ábra: Polikristályos napelem panelek egy tetőfelületen. (forrás: <https://www.energymatters.com.au/monocrystalline-solar-panels>)

Ezekből nem következik más, mint hogy a polikristályos napelemek vonzó választásnak bizonyulnak, köszönhetően alacsonyabb gyártási költségüknek és egyszerűbb gyártási folyamatuknak, ami kedvező ár-érték arányt eredményez. Bár hatékonyságuk kissé elmarad a monokristályos társaikétól, és érzékenyebbek a hőmérséklet-változásokra, költséghatékonyságuk miatt számos alkalmazási területen népszerűek.

Vékonyfilm (amorf) napelemek: Egy új generáció a napenergia hasznosításában

Az American Solar Energy Society (2024) rendkívül ígéretesnek mutatja be ezt a jellemzően harmadik technológiát: A vékonyrétegű napelemek a fotovoltaiikus technológia egyik

legígéretesebb ága. Ezek a napelemek olyan félvezető anyagokból készülnek, amelyeket vékony rétegekben helyeznek el, ami számos előnnyel jár.

A vékonyrétegű napelemek típusai:

- **Amorf szilícium (a-Si):** Ez a leggyakoribb típus, amely nem kristályos szilíciumot használ.
- **Kadmium-tellurid (CdTe):** A második legelterjedtebb típus, amely kadmium és tellurid vegyületből áll.
- **Réz-indium-gallium-szelenid (CIGS):** Egy réteges szerkezetű napelem, amely réz, indium, gallium és szelén elemeket tartalmaz.

Gyártási folyamat:

A vékonyrétegű napelemek gyártása egyszerűbb és gyorsabb, mint a hagyományos kristályos napelemeké. A fő lépések:

1. **Félvezető réteg:** A kiválasztott félvezető anyagot vékony rétegben felviszik egy üveg vagy műanyag hordozóra.
2. **Vezető réteg:** A félvezető réteg mindkét oldalára vezető réteget helyeznek, általában alumíniumot vagy indium-ónium-oxidot.
3. **Védőréteg:** A kész modult üveg vagy műanyag réteggel védik.

A vékonyrétegű napelemek jellemzői:

- **Vékonyak és könnyűek:** A vékonyrétegű napelemek mindössze néhány mikrométer vastagok, így könnyen szállíthatók és telepíthetők.
- **Rugalmasak:** Egyes típusok hajlékonyak is lehetnek, ami lehetővé teszi különleges alkalmazásokat.
- **Hatékonyság:** A hatékonyságuk általában alacsonyabb, mint a kristályos napelemeké, de folyamatosan javul.
- **Ár:** Általában olcsóbbak, mint a kristályos napelemek, mivel egyszerűbb a gyártásuk és kevesebb anyagot igényelnek.
- **Hőmérséklet-stabilitás:** Jobban tűrik a magas hőmérsékleteket, ami előnyös meleg éghajlaton.
- **Élettartam:** Az élettartamuk általában rövidebb, mint a kristályos napelemeké.

Mohammadnoor Imamzai és munkatársainak kutatása (2012) azt vizsgálta, hogy hagyományos szilícium napelem vagy az újabb, vékonyrétegű napelem a gazdaságosabb. Megállapításaik a következők:

- Az új generációs napelemek, mint a CdTe, sokkal költséghatékonyabbak. Ennek az oka, hogy ezek gyártása kevesebb anyagot, energiát és időt igényel.
- A hagyományos szilícium napelemek ugyan hatékonyabbak, de a gyártásuk drága. Ez azért van, mert nagyon tiszta szilíciumra van szükség, és az előállítási folyamat energiaigényes.
- A vékonyrétegű napelemek esetében a hatékonyságot úgy növelték, hogy még vékonyabb rétegeket készítettek. Így még kevesebb anyag kellett a gyártáshoz, ami tovább csökkentette a költségeket.
- Összességében a kutatás azt mutatja, hogy a vékonyrétegű napelemek, mint például a CdTe, a jövő energiaforrásai lehetnek. Ezek a napelemek nemcsak olcsóbbak, hanem környezetbarátabbak is, mivel kevesebb energiát igényel a gyártásuk.

A vékonyrétegű napelemek jövője:

A vékonyrétegű napelemeknek nagy jövőt jósolnak az energiapiacra. A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően hatékonyságuk és élettartamuk javul, valamint az egyre szélesebb körű alkalmazási lehetőségek is hozzájárulnak a népszerűségük növekedéséhez.



3. ábra: Vékonyfilm napelem panelek (forrás: <https://napelem-szolar.hu/napelem->)

A megfelelő típus kiválasztása

Ezen információk birtokában a megfelelő napelem típus kiválasztása számos tényezőtől függ, például:

- A rendelkezésre álló terület: Ha korlátozott a rendelkezésre álló terület, akkor a magasabb hatásfokú monokristályos napelemek lehetnek a jobb választás.

- A költségvetés: Ha a költség a legfontosabb szempont, akkor a polikristályos napelemek lehetnek vonzóbbak.
- Az esztétikai elvárások: A monokristályos napelemek általában esztétikusabb megjelenésűek.
- A telepítési körülmények: Egyes esetekben a telepítési körülmények megkövetelhetik a rugalmasabb vékonyrétegű napelemek használatát.

Sarayu Vunnam és munkatársai 2021-es „Monokristályos, polikristályos és vékonyrétegű anyagú 6×6 T-C-T napelemtömb teljesítményanalízise különböző részleges árnyékolási helyzetekben” című elemzése a következő alkalmazási lehetőségeket preferálja a gyártási technológia függvényében:

Alkalmazási szempontból a monokristályos napelem-tömbök nagy léptékű napenergia-alkalmazásokban, például kereskedelmi és lakóingatlanok napelemes rendszereiben használhatók. A polikristályos panelek alkalmasak tetőkre szerelt tömbökhöz, a vékonyrétegű napelemek pedig megfelelőek a közlekedési és utcai lámpákhoz. Ezeket a paneleket buszok tetejére is telepíthetjük kis készülékek, Wi-Fi modemek, ventilátorok stb. táplálására.

2.4 Inverterek

A synergy.net a következőképpen mutatja be az inverterek kulcsfontosságú szerepét: **Az inverter a napelemes rendszer agya.** Az inverter veszi a napelemek által termelt egyenáramot (DC) és átalakítja váltakozó árammá (AC), amelyet a háztartási vagy üzleti elektromos hálózatban használhatunk.

Az inverter általában a ház falára vagy a garázsban, mosókonyhában van felszerelve, hogy védve legyen az időjárástól és közel legyen a fő kapcsolótáblához. Az inverter a napelemes rendszer legösszetettebb és legérzékenyebb alkatrésze, ezért érdemes árnyékban tartani.

Az inverter működése:

1. **A napfény elnyelése:** A napelemekben lévő fotovoltaiikus (PV) cellák elnyelik a napfényt.
2. **Egyenáram termelés:** Az elnyelt fény energiája elektronokat szabadít fel, amelyek elektromos áramot hoznak létre.
3. **Egyenáramról váltakozó áramra való átalakítás:** Az inverter az egyenáramot váltakozó árammá alakítja.

4. **Hálózati csatlakozás vagy tárolás:** A felesleges áramot akkumulátorban tárolhatjuk vagy visszatéríthetjük a hálózatba.

Napelemes inverterek típusai:

- **String inverterek:** A leggyakoribb típus, amely egy inverterhez csatlakoztatott napelemeket vezérel. Ha egy panel árnyékban van vagy meghibásodik, az befolyásolja az egész rendszer teljesítményét.
- **Mikroinverterek:** Minden napelemhez külön inverter tartozik, így egy panel meghibásodása csak azt érinti.
- **Akkumulátor inverterek:** Az akkumulátor töltésére és kisütésére szolgál.
- **Hibrid inverterek:** Egy inverter, amely egyszerre vezérli a napelemeket és az akkumulátort.

Raveendhra Dogga és M.K. Pathak 2019-es publikációja a napelemes inverterek belső felépítését és működésük módját vizsgálta. Tanulmányuk átfogó képet nyújt a napelemes rendszerek egyik kulcsfontosságú eleméről, az inverterekről:

- **Számos inverter topológia:** A kutatás 45 különböző inverter topológiát vizsgált, amelyek mindegyike egyedi jellemzőkkel és alkalmazási területekkel rendelkezik.
- **Teljesítmény és hatékonyság:** A különböző topológiák eltérő hatékonysági szinteket és teljesítménykezelési képességeket mutatnak. Egyesek jobban teljesítenek nagy teljesítményű rendszerekben, mások pedig kisebb, decentralizált rendszerekhez alkalmasabbak.
- **Alkalmazási területek:** A tanulmány részletesen elemezte az egyes topológiák alkalmasságát különböző alkalmazási területekhez, például nagy léptékű napelemparkokhoz, kisebb háztartási rendszerekhez és speciális igényeket kielégítő alkalmazásokhoz.
- **Kritériumok:** A topológiákat számos szempontból értékelték, többek között a hálózati csatlakozási képesség, a szigetelés, a teljesítmény-leválasztás, a hatásfok, a méret és a költség szempontjából.
- **Szabványok:** A tanulmány hangsúlyozza a különböző szabványok (pl. IEC, IEEE, NEC) fontosságát, amelyek a napelemes rendszerek biztonságát és teljesítményét szabályozzák.

Következtetések:

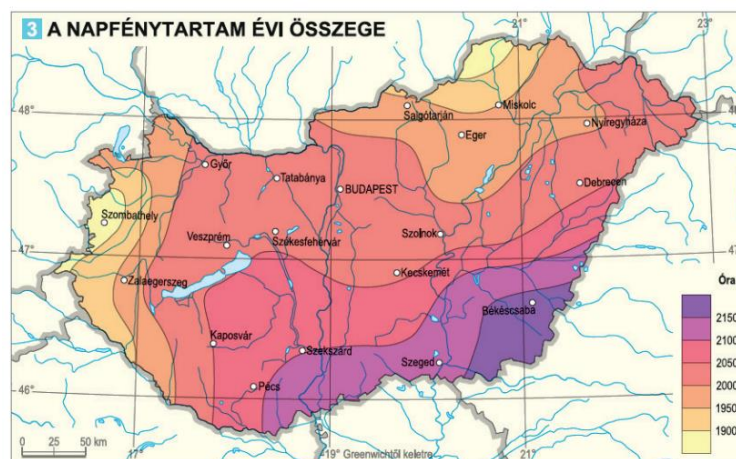
- **A megfelelő inverter kiválasztása:** A legjobb inverter kiválasztása az adott alkalmazás igényeitől függ. A rendszer mérete, a hálózati feltételek és a költségvetés mind fontos tényezők.
- **Egylépcsős vagy többlépcsős inverterek:** Az egylépcsős inverterek általában egyszerűbbek és költséghatékonyabbak, míg a többlépcsős inverterek nagyobb rugalmasságot és jobb teljesítményt kínálnak.
- **Hálózati csatlakozás:** A hálózathoz csatlakoztatott rendszerekhez az inverternek meg kell felelnie a vonatkozó szabványoknak, hogy biztosítsa a hálózat stabilitását és a biztonságos működést.
- **Hatékonyság:** A magas hatásfokú inverterek csökkentik az energiaveszteséget és növelik a rendszer teljesítményét.
- **Megbízhatóság:** Az invertereknek megbízhatóan kell működniük hosszú távon, ezért fontos a minőségi alkatrészek és a megfelelő tervezés.

2.5 Napelempark tervezése és megvalósítása

A pvcase.com részletesen bemutatja, melyek azok a lépések, melyet lépéseken kell végig haladnunk egy napelempark tervezésénél:

A tervezés egy komplex folyamat, amely számos tényezőt vesz figyelembe a sikeres megvalósítás érdekében. A tervezés során az alábbi lépéseket kell követni:

1. **Megvalósíthatósági tanulmány:** Ebben a fázisban értékeli a projekt életképességét, figyelembe véve a helyszín adottságait, a napsugárzási adatokat, a hálózati csatlakozás lehetőségét és a környezeti hatásokat.
2. **Telephely kiválasztás:** A megfelelő helyszín kiválasztása alapvető fontosságú a napelempark hatékony működéséhez. A napsugárzás, a terepviszonyok és a távolság a hálózattól mind fontos szempont.
3. **Napenergia-forrás értékelése:** Részletesen vizsgálják a kiválasztott helyszín napsugárzási adatait, hogy meghatározzák a várható energiahozamot. Ehhez nyújthat segítséget hazai viszonylatban Dobi Ildikó (2021) cikke az átlagos napsütötte órák számára vonatkozóan (4. sz. ábra):



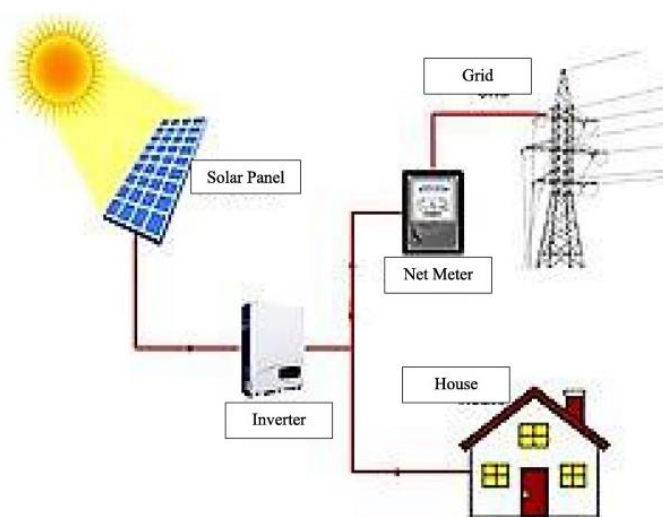
4. ábra: A napsütéses órák évi összege 1981–2010 (forrás: Dobi Ildikó nyomán)

4. **Rendszer méretezése:** A napelempark méretét az energiaigény és a projekt céljai alapján határozzák meg.
5. **Technológia kiválasztása:** A különböző napelemes technológiák közül választják ki a legmegfelelőbbet a projekt sajátosságai alapján.
6. **Tervezés:** Részletes tervet készítenek a napelemek elhelyezéséről, a dőlésszögről, a tájolásról és az elektromos rendszer kialakításáról.
7. **Hálózati csatlakozás:** Az engedélyek beszerzése és a napelempark hálózatba történő bekötése.
8. **Építési és szerkezeti tervezés:** Az alapozás, a szerkezetek és a tartószerkezetek tervezése.
9. **Környezeti hatásvizsgálat:** A projekt környezeti hatásainak értékelése és a szükséges enyhítő intézkedések meghatározása.
10. **Gazdasági elemzés:** A projekt pénzügyi vonzatainak vizsgálata, beleértve a beruházási költségeket, a várható bevételeket és a megtérülési időt.
11. **Építés és üzembe helyezés:** A napelempark építése, az eszközök telepítése és a rendszer üzembe helyezése.
12. **Üzemeltetés és karbantartás:** A rendszer folyamatos működésének biztosítása érdekében rendszeres karbantartási és ellenőrzési munkákat kell végezni.
13. **Monitorozás és teljesítményelemzés:** A rendszer teljesítményének folyamatos nyomon követése és az esetleges problémák azonosítása.

Látható tehát, hogy egy szolárfarm tervezése komplex folyamat, amely számos szakterületet érint. A sikeres megvalósításhoz szakemberek bevonása szükséges. A tervezés során fontos szempont a gazdaságosság, a környezettudatosság és a hosszú távú fenntarthatóság.

Andinet Anjamo Bolando és munkatársáinak publikációja (2023) egy – a dolgozatomban vizsgált projekthez hasonló - 500 kW-os naperőmű tervezését és modellezését mutatja be, mely Arba Minch-ben, Etiópiában épül. Ők a PVsyst szoftvert használják a rendszer értékelésére és modellezésére. 15°-os dőlésszög mellett a maximális napsugárzás 2067 kW/m²-t ér el. Az éves energiatermelés 878 MWh, 83%-os hatásfokkal.

A rendszer 1634 db 305 W-os napelemből és egy 500 kW-os inverterből áll. Évente 879 MW energiát termeltek, 83%-os teljesítménytényezővel. Ez azt mutatja, hogy a Mige-i terület nagy potenciállal rendelkezik a napenergia felhasználására.



5. ábra: A napelemes rendszer komponensei (forrás: Andinet Anjamo Bolando tanulmánya)

Az 5. sz. ábrán láthatóak egy napelemes rendszer komponensei. Tanulmányuk célja a napelemek működési állapotának meghatározása, a napelem teljesítményének előrejelzése. Álláspontjuk szerint teljesítmény-előrejelzés nélkül a rendszer ismeretlen hibáknak van kitéve, amelyek végzetes hibákhoz vezethetnek. Azt azonban tudni kell, hogy nem sok olyan napelemtípus létezik, amely a napelem teljesítményének értékelésére szolgáló teljesítmény-előrejelző algoritmusokat tartalmaz.

2.6 A megújuló energiaforrások szerepe az Európai Unióban

Bozsik Norbert és Magda Róbert (2020) megállapítása szerint az Európai Unió új tagállamai az elmúlt évtizedekben jelentős változásokon mentek keresztül az energiaellátás terén. A hagyományos, fosszilis energiaforrások fokozatos kiváltása és a megújuló energiák arányának növelése kiemelt fontosságúvá vált a fenntartható fejlődés és az éghajlatváltozás elleni küzdelem szempontjából.

Az országok számos kihívással szembesülnek az energiaátállás során. Egyrészt a régi, elavult energiainfrastruktúra korszerűsítése jelentős beruházásokat igényel, másrészt a fosszilis energiahordozókhoz kötődő gazdasági ágazatok átalakítása is időigényes és komplex feladat. Ugyanakkor számos lehetőség is rejlik a megújuló energiák térhódításában. Az új tagállamokban jelentős a napfényes órák száma, valamint számos ország rendelkezik jelentős szélenergia-potenciállal. Emellett a biomassa felhasználása is jelentős szerepet játszhat az energiaellátásban.

Kiemelnék néhány országot:

- Magyarország jelentős erőfeszítéseket tesz a megújuló energiaforrások arányának növelésére. A napenergia és a biomassa felhasználása jelentős mértékben nőtt az elmúlt években, azonban a szénenergia szerepe továbbra is jelentős.
- Lengyelország gazdasága hagyományosan szorosan kötődött a szénbányászathoz és az energiaiparhoz. Az országban jelentős szélenergia-potenciál van, de a szénfűtés továbbra is elterjedt, különösen a háztartásokban.
- Csehország szintén jelentős szénbányászati múlttal rendelkezik. Az országban az elmúlt években nőtt a megújuló energiaforrások, különösen a szél- és napenergia felhasználása, azonban a szénenergia szerepe továbbra is jelentős.
- Románia gazdag vízerőforrásokkal rendelkezik, amelyek jelentős szerepet játszanak az ország energiaellátásában. Az elmúlt években a szél- és napenergia felhasználása is nőtt.

A megújuló energiaforrások kiaknázása számos előnnyel jár egy-egy adott országra vonatkozóan, melyek közül a legfontosabbak a következők:

- **Környezetvédelem:** A megújuló energiák felhasználása jelentősen csökkenti az üvegházhatású gázok kibocsátását és javítja a levegő minőségét.
- **Energiafüggetlenség:** A megújuló energiaforrások kiaknázásával csökkenthető az importtól való függőség és növelhető az energiaellátás biztonsága.

- **Gazdasági növekedés:** A megújuló energia ágazat jelentős munkahelyteremtő hatással bír és hozzájárulhat a gazdasági növekedéshez.

Az új tagállamok előtt számos kihívás áll az energiaátállás során. Ezek közé tartozik a megfelelő technológiák fejlesztése és alkalmazása, a finanszírozási források biztosítása, valamint a társadalmi elfogadás növelése. A jövőben várhatóan tovább nő a megújuló energiaforrások szerepe az új tagállamok energiaellátásában. Az EU által támogatott programok és a nemzetközi együttműködés is hozzájárulhat ehhez a folyamathoz.

Az Európai Unióban a megújuló energiaforrások egyre nagyobb szerepet kapnak az energiapolitikában Dr. Olajos István és Dr. Szilágyi Szabolcs (2013) cikke szerint is. A klímaváltozás és az energiaellátás biztonságának fenntartása érdekében az EU számos jogszabályt fogadott el, amelyek elősegítik a megújuló energiaforrások térhódítását. Az energiahatékonyság növelése és a megújuló technológiák fejlesztése kulcsfontosságú a jövő fenntartható energiaellátásához.

A megújuló energiáknak számos előnye van: környezetbarátabbak, kimeríthetetlenek és hosszú távon gazdaságosabbak, mint a fosszilis energiahordozók. Azonban a magasabb kezdeti beruházási költségek miatt a megújuló energiák még mindig drágábbak a hagyományos megoldásokhoz képest.

A jelenlegi piaci helyzetben további támogatásra van szükség ahhoz, hogy a megújuló energiák versenyképesebbé váljanak. A fosszilis energiahordozók hosszú távú költségei, beleértve a környezeti károkat és az éghajlatváltozást, csak most kezdenek igazán érvényesülni. A megújuló energiák elterjedését elősegítő jogi szabályozásnak ki kell egészülnie olyan gazdasági ösztönzőkkel, amelyek csökkentik a megújuló technológiák bekerülési költségeit.

A megújuló energiaforrások széleskörű alkalmazása nemcsak az energiaellátás biztonságát és a környezetet védi, hanem új munkahelyeket teremt és ösztönzi a gazdasági növekedést is. Az energia-intenzív iparágak számára a megújuló energia átállás jelentős hatással lehet a termelésre és a kereskedelemre.

2.7 Magyarország napelem potenciálja

Baranyai Gergő, PhD hallgató, 2019-es: „A napenergia hatásai a hazai térben” című cikkében a következőket mondja a magyarországi napenergia termeléssel kapcsolatban:

Magyarország földrajzi adottságai kiválóak a napenergia hasznosításához, mégis van még bővülni való ezen a téren. Kiemeli, hogy:

- **Nagy a potenciál:** Az ország napfényes óráinak száma és a rendelkezésre álló területek alkalmassá teszik Magyarországot a napenergia széles körű alkalmazására.
- **Növekvő érdeklődés:** Egyre több háztartás, vállalat és település ismeri fel a napenergia előnyeit és szeretné bevezetni.
- **Átfogó fejlesztések szükségesek:** A napelemek elterjedéséhez nemcsak a technikai feltételeknek kell adottak lenni, hanem a megfelelő jogi kereteknek és támogatási rendszereknek is.
- **Többszintű megközelítés:** A napenergia hasznosításának sikeréhez a települési, regionális és országos szintű tervezés és együttműködés elengedhetetlen.

A tanulmány a különböző tényezők, például a földrajzi adottságok, a támogatási rendszerek és a társadalmi elfogadottság hatását vizsgálja a naperőművek elterjedtségére Magyarország régiói között.

Cikkjének célja, hogy ráirányítsa a figyelmet a napenergia hazai potenciáljára és az ennek kiaknázásához szükséges lépésekre.

A magyarországi napelemes piac finanszírozási szempontból az elmúlt években jelentős változásokon ment keresztül:

Az állami támogatásoknak köszönhetően a 2010-es évek elején fellendült a szektor, azonban a későbbi szabályozási változások és bizonytalanságok miatt a növekedés megtorpant.

Főbb állomások:

- **Kezdeti lendület:** Az állami támogatásoknak köszönhetően a napelemes rendszerek iránti kereslet jelentősen megnőtt.
- **Szabályozási változások:** A támogatási rendszer többszöri módosítása bizonytalanná tette a befektetőket és a telepítő cégeket.
- **Stabilizálódás:** A piac fokozatosan stabilizálódott, de a korábbi lendület megszűnt.
- **Jövőbeli kilátások:** A hosszú távú kilátások pozitívak, de számos kihívással kell szembenézni, mint például a hálózati bekapcsolás, az energiatárolás és a szabályozási bizonytalanság.

A napelemes rendszerek támogatása:

- **Állami támogatások:** A kormányzat különböző programokkal támogatta a napelemes rendszerek telepítését, mint például vissza nem térítendő támogatások, kedvezményes hitelek és adókedvezmények.

- **Hatás:** A támogatások jelentősen növelték a napelemes rendszerek iránti keresletet, de a gyakori változások bizonytalanságot okoztak.

Jelenlegi helyzet:

- **Visszatáplálási korlátozások:** 2022 őszétől a visszatáplálós rendszerek engedélyezése szünetel, ami korlátozza a napelemes rendszerek telepítését.
- **Folyamatosan változó szabályozás:** A pályázati feltételek és a rendelkezésre álló keretösszeg folyamatosan változhat.

A magyarországi napelemes rendszerek jogi szabályozása és engedélyeztetési eljárása:

A napelemes rendszerek egyre népszerűbbek Magyarországon, azonban telepítésük előtt fontos tisztában lenni a vonatkozó jogszabályokkal és az engedélyeztetési eljárással.

A PV rendszerek telepítését számos jogszabály szabályozza, melyek folyamatosan változhatnak. A legfontosabb jogszabály a villamos energiáról szóló törvény (VET) és a kapcsolódó kormányrendeletek. Ezek a jogszabályok határozzák meg a napelemes rendszerek csatlakoztatásának feltételeit, a megtermelt energia elszámolásának módját és a támogatási rendszereket.

A hazai bruttó villamosenergia termelés éves adatainak alakulása:

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal adatszolgáltatása (2024) alapján az elmúlt tíz évben Magyarország bruttó energiatermelésére a következőképpen alakult:

Az elmúlt években jelentős átalakuláson ment keresztül a magyarországi villamosenergia-termelés. A legfontosabb változások a következők:

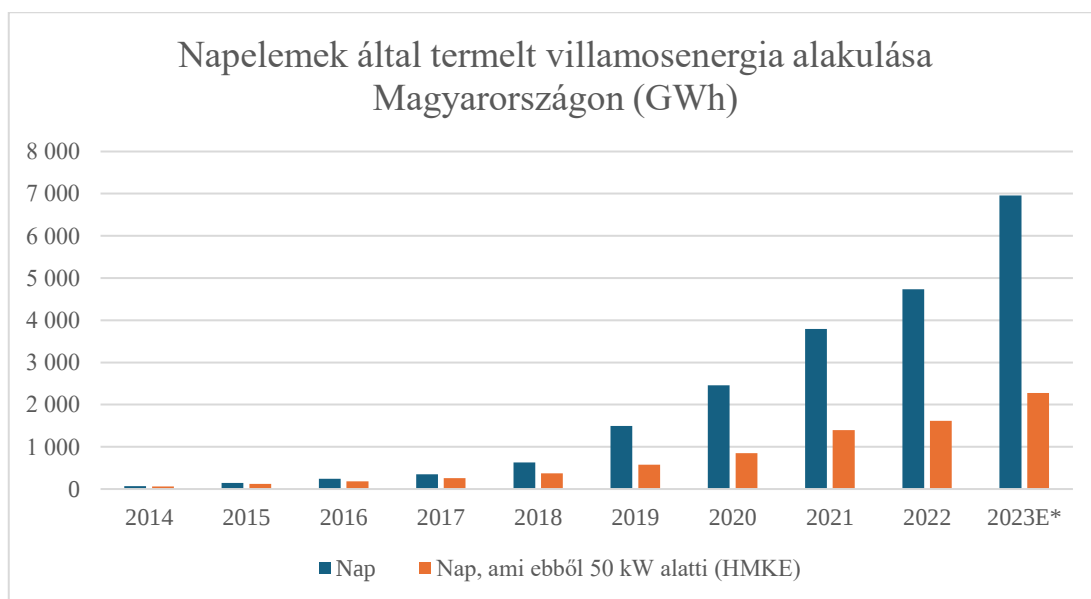
- **Nukleáris energia stabilitása:** A nukleáris energia továbbra is a legnagyobb arányt képviseli a termelésben, viszonylag stabil szinten.
- **Fosszilis tüzelőanyagok visszaszorulása:** A szén és széntermékek, valamint a kőolajtermékek felhasználása jelentősen csökkent, ami környezetvédelmi szempontból pozitív változás.
- **Megújuló energia térhódítása:** A megújuló energiaforrások, különösen a nap- és szélenergia részaránya folyamatosan nő. A napenergia exponenciális növekedést mutat, míg a szélenergia is jelentős mértékben bővült.
- **Egyéb megújuló energiaforrások:** A biomassza, a biogáz és a vízenergia is szerepet játszik a megújuló energiatermelésben, de kisebb mértékben.

- **Háztartási méretű kiserőművek:** A napenergia termelésen belül jelentős a háztartási méretű kiserőművek szerepe, ami azt mutatja, hogy egyre több háztartás csatlakozik a megújuló energia termeléséhez.

A változások okai:

- **Környezetvédelmi szempontok:** A klímaváltozás és a levegőszennyezés elleni küzdelem fontossága növekedett, így a kormányok és az EU is ösztönzi a megújuló energiaforrások használatát.
- **Technológiai fejlődés:** A napelemek hatékonysága és költséghatékonysága jelentősen javult, ami hozzájárult elterjedésükhöz.
- **Támogatási rendszerek:** Az állami támogatások és pályázatok ösztönzik a megújuló energia projektek megvalósítását.
- **Energiaárak jelentős változása:** A fosszilis tüzelőanyagok árának ingadozása és a megújuló energiák versenyképessé válása is befolyásolja a termelési struktúrát.

A hazai napelemes villamosenergia termelés alakulása a szakirodalom tükrében:



6. ábra: Napelemek által termelt villamosenergia alakulása Magyarországon (GWh) (saját munka, <https://www.mekh.hu/eves-adatok> alapján)

A 6. sz. ábra jellegzetessége a vizsgálódásaim alapján, hogy a magyarországi napelem energiatermelés az elmúlt években exponenciális növekedést mutat. Az MVM Next Üzleti hírek V. évfolyam 2022. augusztusi számában megjelent „Új csúcsot állítottak fel a

magyarországi naperőművek, című cikk is ezt támasztja alá, melyben a következő megállapítást tették a pillanatnyi termelési csúcsról:

A magyar naperőművek 2021-ben már kiemelkedő teljesítményt nyújtottak, és ez a tendencia 2022-ben is folytatódott. 2022 július 13-án új rekordot döntöttek a nagy naperőművek, meghaladva az 1836 MW-os termelést. Ez azt jelenti, hogy a naperőművek jelentős mértékben hozzájárulnak az ország villamosenergia-ellátásához, és egyre inkább függetlenné teszik Magyarországot az importtól.

Ez a trend több tényező együttes hatásának köszönhető:

- **Állami támogatások:** A kormányzat különböző támogatási rendszereket vezetett be, amelyek ösztönzik a napelemes rendszerek telepítését.
- **Technológiai fejlődés:** A napelemek hatékonysága és élettartama folyamatosan nő, miközben a gyártási költségek csökkennek.
- **Energiaárak változása:** A hagyományos energiahordozók árának emelkedése tovább növeli a napelemes rendszerek vonzerejét.
- **Környezettudatosság:** Egyre többen ismerik fel a megújuló energiaforrások fontosságát és a klímaváltozás veszélyeit.

A grafikonon jól látható, hogy a napelem energiatermelés növekedésében jelentős szerepet játszanak a háztartási méretű kiserőművek. Ez azt jelenti, hogy egyre több háztartás és kisebb vállalkozás telepít saját napelemes rendszert.

A Háztartási méretű kiserőmű (HMKE)

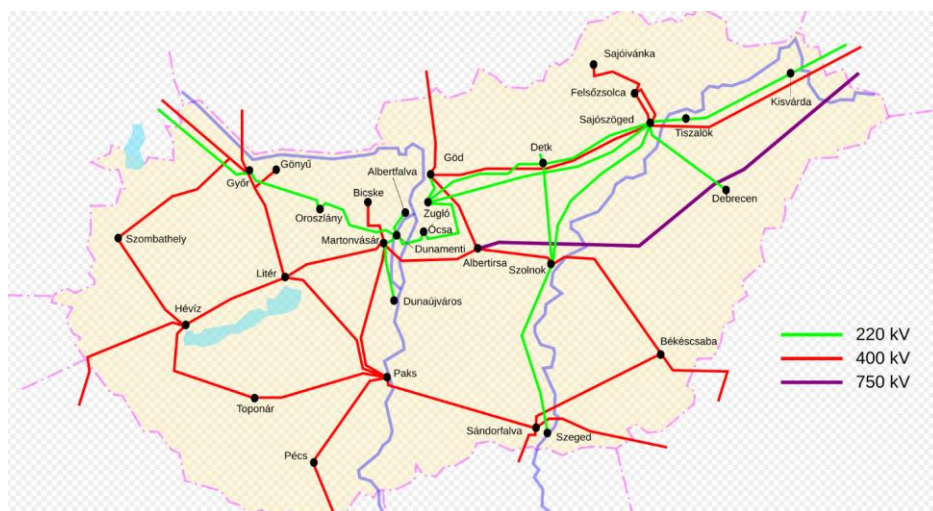
Ha a rendszer teljesítménye nem haladja meg az 50 kVA-t, akkor háztartási méretű kiserőműnek minősül. Ezeknek a rendszereknek az engedélyeztetési eljárása egyszerűbb, és általában nem igényel építési engedélyt. A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény 3. § 24. pontja szerint a HMKE „olyan, a kisfeszültségű hálózatra csatlakozó kiserőmű, melynek csatlakozási teljesítménye egy csatlakozási ponton nem haladja meg az 50 kVA-t” (2007. évi LXXXVI. törvény 3. § 24. pont).

2.8 A magyar villamosenergia hálózat működése

A Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt (2024) részletes bemutatása alapján Magyarország villamosenergia-átviteli hálózata egy nagyfeszültségű elektromos rendszer, amely az erőművekben termelt villamos energiát az országos fogyasztókhoz juttatja (7. sz. ábra). Az egységes, szinkron üzemű hálózatnak köszönhetően a fogyasztók

folyamatosan stabil minőségű villamos energiához juthatnak. A hálózat integrált része az európai villamosenergia-rendszernek, lehetővé téve a nemzetközi villamosenergia-kereskedelmet. A magyar villamosenergia-átviteli hálózat az ország energiaellátásának gerincét képezi. A hálózat megbízható működése elengedhetetlen a gazdaság és a társadalom működéséhez.

Az elektromos átviteli hálózat feladata nagy mennyiségű villamos energia hatékony és biztonságos szállítása az erőművektől az elosztó hálózat alállomásaiig. Az elosztó hálózat pedig az alállomásokból a végfelhasználókhöz továbbítja az energiát. Az átvitel nagyfeszültségen történik, hogy minimalizáljuk az energiaveszteséget a hosszú távolságok áthidalása során.



7. ábra: Magyarország villamosenergia átviteli alaphálózata. (forrás: <https://hu.wikipedia.org/>)

Az alsó szint tehát az elosztó hálózat, mely az elektromos energia átviteli rendszerének utolsó szakasza, ami a közép- és nagyfeszültségű hálózatokból, alállomásokból, transzformátorokból és kisfeszültségű vezetékekből áll. Feladata a villamos energia eljuttatása a végfelhasználókhoz, mint például a lakásokhoz, irodákhoz és gyárakhoz.

„A földgáz- és a villamosenergia-piacon is, **az elosztó hálózati vállalatok üzemeltetik a közvetlenül a fogyasztási helyekhez csatlakozó hálózatot**, biztosítják az összeköttetést az

áram esetében az átviteli, a földgáz esetében pedig a nagynyomású gerincvezetékhez. Az árampiacon az E.ON a dunántúli és a fővárosi elosztóhálózat üzemeltetője, az E.ON Észak-dunántúli Áramhálózati Zrt., valamint az E.ON Dél-dunántúli Áramhálózati Zrt., illetve az ELMŰ Hálózati Kft. tulajdonosaként.” (E.ON 2024)

A hálózathoz történő csatlakozás feltételeit biztosító dokumentumok:

Az MVM villamosenergiával kapcsolatos gyakori kérdések oldala bemutatja a számunka releváns szükséges dokumentumokat:

Hálózat csatlakozási szerződés: Az adott ingatlanra vonatkozóan meghatározza a hálózatra történő csatlakozás módját, a csatlakozási pontok számát, a rendelkezésre álló teljesítményt és a fogyasztásmérők adatait. A szerződésben szerepelnek továbbá a csatlakozás létesítésének műszaki feltételei és a kapcsolódó díjak is. A szerződés a felhasználó és az elosztó között létrejövő megállapodás, amely rögzíti az ingatlan hálózatra történő csatlakozásának részletes adatait, beleértve a csatlakozási pont(ok) helyét, a rendelkezésre álló teljesítményt, a fogyasztásmérő(k) típusát és azonosítóját, valamint a csatlakozáshoz kapcsolódó műszaki és pénzügyi feltételeket.

Hálózathasználati szerződés: Az elosztó és a felhasználó között létrejövő megállapodás, amelynek tárgya a villamos energia elosztó hálózatára történő csatlakozás és az áramszolgáltatás. A szerződés részletesen szabályozza a felhasználási hely adatait, a szerződött teljesítményt, a hálózathasználati díjat, az elszámolás módját, valamint a fogyasztásmérő berendezéssel kapcsolatos teendőket.

A szerződés az elosztó és a felhasználó között köttetik meg, és tartalmazza az áramszolgáltatáshoz kapcsolódó minden lényeges adatot, beleértve a felhasználási helyet, a csatlakozási pontot, a mérési pontot, a szerződött teljesítményt, a tarifát, az elszámolási módot és a fogyasztásmérő adatait.

2.9 A magyar villamosenergiapiac működése

Rajczy István (2022) jegyzete érthetően mutatja be a magyar piac működését. Nézőpontja szerint a villamosenergia-piac egy komplex rendszer, amelynek működése számos tényezőtől függ. Nézzük most meg ezeket részletesebben, tehát, hogy milyen folyamatok is zajlanak a háttérben:

A piac szereplői és feladataik:

- **Termelők:** Azok a vállalatok, amelyek villamos energiát állítanak elő, például erőművekben. A termelők feladata, hogy a fogyasztók igényeit kielégítő mennyiségű villamos energiát állítsanak elő.
- **Kereskedők:** Azok a vállalatok, amelyek a termelt villamos energiát megvásárolják, és aztán továbbadják a fogyasztóknak vagy más kereskedőknek. A kereskedők a piacot elemzik, és a kereslet-kínálat viszonyai alapján próbálnak nyereségre szert tenni.
- **Átviteli rendszerirányító (TSO):** A nagyfeszültségű hálózat üzemeltetője, amely felelős az energia áramlásának biztosításáért és a hálózat stabilitásáért.
- **Elosztók (DNO):** Az alállomások és a végfelhasználók közötti hálózat üzemeltetői. Feladatuk az áram eljuttatása a fogyasztókhoz.
- **Fogyasztók:** Mindenki, aki villamos energiát használ, legyen az háztartás, ipari vállalat vagy közintézmény.

A piac működésének folyamata:

1. **Termelés:** Az erőművek a fogyasztói igények és a piaci árak alapján állítanak elő villamos energiát.
2. **Kereskedés:** A termelők a villamos energiát az áramtőzsdén értékesítik a kereskedőknek, vagy közvetlenül kötnek szerződéseket velük.
3. **Átvitel:** A megvásárolt villamos energiát az átviteli hálózaton keresztül eljuttatják az elosztó hálózathoz.
4. **Elosztás:** Az elosztó hálózat a villamos energiát a fogyasztókhoz szállítja.
5. **Fizetés:** A fogyasztók a villamosenergia felhasználásért a kiválasztott kereskedőjüknek fizetnek.

Az áramtőzsde szerepe:

Az áramtőzsde egy olyan platform, ahol a termelők és a kereskedők naponta többször találkoznak, és meghatározzák a villamosenergia árát. Az árak a kereslet és a kínálat függvényében alakulnak. A tőzsde biztosítja az átláthatóságot és a verseny tisztaságát. (HUPIX)

A szabályozás szerepe:

A villamosenergia-piac működését számos szabályozás határozza meg. Ezek a szabályozások biztosítják a piac tisztaságát, a fogyasztók védelmét és a hálózat biztonságos működését. A szabályozó hatóságok felügyelik a piac szereplőinek tevékenységét, és szankciókat szabhatnak ki azokra, akik megszegik a szabályokat.

A piac kihívásai:

A villamosenergia-piac számos kihívással szembesül, például:

- **Megújuló energiaforrások integrálása:** A nap- és szélenergia termelésének növekedése új kihívásokat jelent az áramhálózat számára.
- **Energiahatékonyság:** A fogyasztók egyre tudatosabbak az energiafogyasztásukat illetően, ami új szolgáltatások és üzleti modellek megjelenéséhez vezet.
- **Digitalizáció:** Az okos hálózatok és az intelligens mérők megjelenése új lehetőségeket nyit a piac számára.
- **Energiavélség:** A geopolitikai feszültségek és a klímaváltozás hatására az energiaellátás biztonsága egyre nagyobb kihívást jelent.

A látottakból mélyen következik, hogy a villamosenergia-piac egy roppant dinamikus és komplex rendszer, amely folyamatosan változik. A technológiai fejlődés, a szabályozási változások és a piaci szereplők viselkedése mind hatással vannak a piac működésére.

Dr. Gáspár Bencéné és munkatársai (2011) a következőképpen mutatja be a magyar villamosenergia árakat befolyásoló tényezőket:

A magyarországi áramárak számos tényező együttes hatásának eredményei. Ezek között szerepelnek a **termelés költségei**, a **kereslet ingadozásai**, a **hálózati költségek**, az **adóterhek**, a **globális energiapiacok alakulása** és a **piaci szabályozás**.

Az árak **jelentős ingadozást** mutatnak, melyet befolyásol az **időjárás**, a **gazdasági helyzet** és a **nemzetközi események**. A **liberalizáció** óta a verseny fokozódása várhatóan csökkentette volna az árakat, azonban számos más tényező (pl. átállási költségek, szabályozási bizonytalanság) ezt ellensúlyozta.

Összehasonlítva más országokkal, Magyarországon általában magasabbak az árak, ami többek között a magasabb adóterhekkel és a kevésbé hatékony energiafelhasználással magyarázható.

A **jövőben a megújuló energiaforrások térnyerése**, a **digitalizáció** és a **globális energiapolitika** alakulása jelentős hatással lesz az árak alakulására.

Fontos tényezők:

- **Fogyasztói védelem:** A fogyasztók tájékozottsága és a piaci átláthatóság.
- **Rezsicsökkentés:** A kormányzati intézkedések hatása az árakra.
- **EU-s szabályozás:** Az európai uniós energiapolitika alakulása.

Összefoglalva tehát az áramárak alakulása komplex folyamat, melyet számos tényező befolyásol. A jövőben várhatóan tovább fognak alakulni a piaci viszonyok, és a fogyasztóknak érdemes nyitott szemmel követniük az eseményeket.

Az EU villamosenergia piac reformja

Az Európai tanács szakpolitikával foglalkozó, „A villamosenergia-piac reformja” című 2024-es cikke kifejti az Unió álláspontját a jövőre vonatkozóan: Az EU villamosenergia-piacának reformjának célja, hogy az energiaellátás biztonságosabb, fenntarthatóbb és megfizethetőbb legyen. A reformmal a fogyasztók több választási lehetőséget kapnak, a megújuló energiaforrások nagyobb szerepet kapnak, és az energiaárak stabilizálódnak. A 2022-es energiaválság rámutatott a jelenlegi rendszer gyengeségeire, így a reformmal ezt a helyzetet szeretnék elkerülni a jövőben. A reform fő elemei a fogyasztóvédelem erősítése, a megújuló energiák támogatása és a hosszú távú szerződések bevezetése.

Mit hozhat a jövő?

A jövő minden bizonnyal nem lesz könnyű. Erre mutat rá José Campos és munkatársai (2023) tanulmánya, mely szerint Magyarországnak kiegyensúlyozottabb megújuló energiaforrás-portfóliót kell kialakítania, amelyben a szél- és naperőművek aránya közel azonos. A túl sok naperőmű jelentős többlet energiát eredményezhet, ami problémákat okozhat a hálózatban. Az elektromos autók töltése is befolyásolja ezt a képet, de a nappali töltés csökkentheti a problémát.

A tanulmány szerint a szél- és naperőművek együttesen képesek fedezni az ország energiaigényének jelentős részét, de ehhez hatékony energiafelhasználásra és a hálózat fejlesztésére is szükség van. Az energiahatékonysági intézkedések kiterjesztése és a hálózat bővítése elengedhetetlen a sikeres energiaátmenethez.

A tanulmány következtetése: Magyarországnak egy komplex megközelítésre van szüksége az energiaátmenethez, amely magában foglalja a megújuló energiaforrások diverzifikálását, az energiahatékonyság növelését és a hálózat modernizálását.

2.10 Technológiai újítások: okos, programozható inverterek és akkumulátorok

A **programozható inverterek** forradalmasítják a napelemes rendszerek működését. Ezek az eszközök nemcsak az egyenáramot váltakozó árammá alakítják, hanem számos további

funkcióval is rendelkeznek, amelyek lehetővé teszik a rendszer teljes mértékű testreszabását és optimalizálását.

A Huawei SUN2000-(5K-12K)-MAP0 széria használati útmutatója alapján egy ilyen típusú készülék hatalmas előnyökkel rendelkezik: A felhasználó vagy egy külső rendszer beállíthatja az inverter különböző paramétereit, így a rendszer tökéletesen illeszkedik az egyéni energiaigényekhez.

Előnyök:

- **Rugalmasság:** Az inverter beállításával a rendszer teljes mértékben az egyéni igényekhez igazítható.
- **Optimalizálás:** A rendszer folyamatosan optimalizálható a leghatékonyabb működés érdekében.
- **Fejlett funkciók:** Az energiafelhasználás monitorozása, távoli elérés, hibaüzenetek és még sok más funkció segíti a felhasználót.
- **Hálózati integráció:** Az inverter képes a hálózati szolgáltatók által kínált szolgáltatások kihasználására, például a visszatáplálás optimalizálására.
- **Bővíthetőség:** További modulokkal vagy eszközökkel bővíthető a rendszer.

Funkciók:

- **Akkumulátor vezérlés:** Az akkumulátorok töltésének és kisütésének finomhangolása.
- **Hálózati prioritás:** A hálózatról vagy az akkumulátorról történő energiafelhasználás beállítása.
- **Visszatáplálás szabályozás:** A felesleges energia visszatáplálásának optimalizálása.
- **Terheléscsúcs-vágás:** A nagy energiaigényű eszközök üzemeltetésének időzítése.
- **Hibaüzenetek és riasztások:** A rendszer hibáinak és eseményeinek nyomon követése.
- **Távoli elérés:** A rendszer állapotának távoli monitorozása és vezérlése.
- **Integráció más rendszerekkel:** Az inverter integrálható más épületfelügyeleti rendszerekkel vagy okosotthon megoldásokkal.

Programozható invertert akkor célszerű választani, ha:

- Ha a maximális rugalmasságot és hatékonyságot szeretnéd kihozni a napelemes rendszeredből.
- Ha szeretnéd optimalizálni az energiafelhasználást és a visszatáplálást.

- Ha komplex rendszert szeretnél építeni, például akkumulátorokkal vagy elektromos autó töltővel.
- Ha hosszú távon gondolkodsz és szeretnéd, hogy rendszered folyamatosan fejleszthető legyen.

Akkumulátorok: A témában mélyebbre ásva az A1 Solar napelem akkumulátorokkal foglalkozó cikke remek összefoglalást ad a témában:

A napelemes rendszerekhez kapcsolt akkumulátorok forradalmasítják az energiatárolást és felhasználást, számos előnyt kínálva a vállalatoknak.

Az akkumulátorok alkalmazásának előnyei:

A napelemes akkumulátorok lehetővé teszik, hogy a napenergia segítségével termelt villamos energiát tároljuk (Visszwattos rendszer esetén ez rendkívül előnyös), így biztosítva áramot akkor is, amikor a nap nem süt. Ez számos előnnyel jár a vállalatok számára:

- **Energiafüggetlenség:** Az áramkimaradások és az energiaárak ingadozása már nem befolyásolja jelentősen a vállalat működését.
- **Költségcsökkentés:** A megtermelt energia saját felhasználásával jelentősen csökkenthetők az energiaköltségek, így növelve a vállalat profitját.
- **Környezetvédelem:** A fosszilis energiaforrások helyettesítésével csökken a vállalat ökológiai lábnyoma, hozzájárulva a fenntartható fejlődéshez.

A napelemes rendszerhez kapcsolt akkumulátorok működése:

A napelemek által termelt egyenáramot az inverter átalakítja váltakozó árammá, amelyet a vállalat közvetlenül felhasználhat, vagy az akkumulátorban tárolhat. Amikor a napelemek nem termelnek elegendő energiát (pl. éjszaka, borús időben), az akkumulátorból vett áram biztosítja az energiaellátást.

Akkumulátor típusok:

Az akkumulátorok különböző típusai eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek:

- **Ólomsavas akkumulátorok:** Olcsóbbak, de rövidebb élettartamúak és kisebb energiasűrűségűek.
- **Lítium-ion akkumulátorok:** Hosszú élettartamúak, nagy energiasűrűségűek, de drágábbak.
- **Nátrium-nikkel-klorid akkumulátorok:** Jó hőállóságúak, de drágábbak és alacsonyabb a kisülési mélységük.

- **Redox áramlású akkumulátorok:** Nagy teljesítményűek, de bonyolult és költséges rendszerek.

Szemponatok az akkumulátor kiválasztásánál:

Az akkumulátor kiválasztásakor több tényezőt is figyelembe kell venni:

- **Típus:** Az igényeknek megfelelően kell kiválasztani az akkumulátor típusát.
- **Élettartam:** A várható élettartam befolyásolja a megtérülési időt.
- **Kisülési mélység:** Meghatározza, hogy az akkumulátor kapacitásának mekkora részét lehet felhasználni.
- **Ciklusok száma:** Hány alkalommal lehet az akkumulátort teljesen feltölteni és lemeríteni.
- **Hőmérséklet:** Az optimális működéshez szükséges hőmérséklet.
- **Költségek:** Az akkumulátor ára és a telepítés költségei.

Az akkumulátorok előnyei a vállalatok számára

A napelemes akkumulátorok számos előnyt nyújtanak a vállalatoknak:

- **Növekvő termelékenység:** Az áramkimaradások elkerülésével csökken a leállások száma.
- **Jobb pénzügyi helyzet:** Az alacsonyabb energiaköltségek növelik a profitot.
- **Pozitív vállalati imázs:** A fenntarthatóságra való törekvés vonzóvá teszi a vállalatot.

3. A projekt bemutatása

A hazai energetikai szektor az elmúlt két évtizedben jelentős átalakuláson ment keresztül, köszönhetően a nemzetközi trendeknek megfelelő fejlesztéseknek. A fenntarthatóság és a versenyképesség fokozása érdekében egyre nagyobb hangsúly kerül a villamosenergia-termelés diverzifikálására, azaz a hagyományos erőforrások mellett az alternatív, megújuló energiaforrások, mint például a nap-, szél- és vízenergia hasznosítására. A magyarországi vállalatok számára a zöldenergia-átállás kiemelt fontosságú, különösen a napenergia, amely bár kezdetben magasabb beruházási költségekkel jár, a támogatási rendszereknek köszönhetően vonzó alternatívát jelent a fosszilis energiahordozókhoz képest.

3.1 A vizsgált projekt ismertetése, műszaki tartalom bemutatása

A dolgozatban egy konkrét példán keresztül: egy nyugat-magyarországi önkormányzati cég, pályázati forrásból megvalósult napelemes rendszerének gazdaságossági vizsgálatán keresztül mutatom be, hogy milyen tényezőket kell figyelembe venni egy ilyen beruházás megalapozásakor.

A jelen szakdolgozat egy 480kWp és teljesítményű fotovoltaikus rendszer beruházásának gazdasági megvalósíthatóságát elemzi. A projekt az Európai Unió támogatási rendszerét kihasználva valósult meg, és a megújuló energiaforrások hasznosítását szolgálja. A vizsgálat középpontjában egy nyugat-magyarországi önkormányzati cég által üzemeltetett napelempark áll. A napelempark által termelt villamos energiát a hálózatba táplálva a lehető leggyorsabb megtérülést, így a lehető legnagyobb profitot szeretnénk elérni úgy, hogy ezzel hozzájárunk a megújuló energiaforrások felhasználásnak aránynövekedéséhez. A dolgozat a projekt öt éves elszámolási időszakát követő, szabadpiaci körülmények közötti működésre fókuszál, figyelembe véve a várható bevételeket és kiadásokat.

A napelemes erőmű 1600 db 60 cellás, monokristályos napelemelemmel üzemel. A napelemeket 20-as sorokba kapcsoljuk össze, majd ezeket a sorokat 8 db string-inverterhez csatlakoztatjuk. Az inverterek kimenetei egy központi AC gyűjtőszekrénybe futnak, amely a transzformátorállomáson található. A transzformátor segítségével az áramot a hálózat feszültség szintjére alakítjuk, és így tápláljuk be a közüzemi hálózatba.

Projekt releváns műszaki tartalma:

- PV modul teljesítmény: 335 Wp
- PV modul darabszám: 1600 db
- Össz. DC oldali teljesítmény: 536 kWp
- Inverter névleges hatásos teljesítménye: 60 kW
- Inverter darabszám: 8 db
- Össz. inverter AC névleges hatásos teljesítmény: 480 kW
- Transzformátorállomások száma: 1 db

A napelemek szolár kábellel kapcsolódnak az inverterekhez, amelyek rézkábellel az AC gyűjtőszekrényekhez csatlakoznak. Az alumínium földkábelek kötik össze az AC gyűjtőszekrényeket a központi gyűjtőszekrénnel, amely rézkábellel csatlakozik az olajos transzformátorhoz. A teljes rendszerben a feszültségesés maximum 1,5%. Az inverterek hálózatkimaradás esetén leállnak. A középvezettségű berendezések különálló transzformátorállomásban kapnak helyet.

A fenntartás szempontjából fontos biztonságtechnikai eszközök:

A napelemparkot kettős védelmi rendszerrel látjuk el: elektromos kerítéssel és kamerarendszerrel. Az elektromos kerítés 16 huzalsoros, és riasztórendszerhez kapcsolódik. A rendszer távirányítóval és telefonos applikációval is vezérelhető. Az áramellátást akkumulátorok biztosítják. Az elektromos kerítésrendszer intelligens energiaellátással rendelkezik, amely áramszünet esetén is fenntartja a védelmet. A rendszer feszültsége és impulzussűrűsége a beállított paraméterek és a külső körülmények függvényében automatikusan szabályozható. A kerítés állapota a kezelőpulton lévő kijelzőn folyamatosan figyelhető.

Továbbá egy kamerarendszer éjjel-nappal felügyeli a területet. A felvételeket egy hálózati videó rögzítő tárolja, amelyhez távolról is hozzáférhetünk.

Nézzük a számtás szempontjából releváns eszközöket:

- Az inverter pontos típusa: **Huawei SUN2000-60KTL-M0** x 8db (adatlap a mellékletben)
- Napelem panel típusa: **JAM60S10 335/PR** x 1600db (adatlap a mellékletben)
- Az erőmű kiviteli terve a mellékletben

3.2 Beruházás megvalósulási költségei

A 2. sz. táblázat részletes betekintést nyújt a beruházás különböző költségeibe:

Építés költségvetés	Anyag összesen	Munkadíj összesen	Gépköltség összesen	Tételek összesen
Villamos szerelés	122 575 eFt	32 705 eFt	-	155 280 eFt
Kerítésépítés költségei	2 901 eFt	3 520 eFt	-	6 421 eFt
Forgalomtechnikai költségek	2 577 eFt	3 631 eFt	-	6 208 eFt
Gyeptelepítési költségek	737 eFt	169 eFt	527 eFt	1 264 eFt
Nettó összesen	128 789 eFt	40 025 eFt	527 eFt	169 172 eFt
+27 % ÁFA	34 773 eFt	10 807 eFt	142 eFt	45 677 eFt
Bruttó összesen	163 563 eFt	50 831 eFt	669 eFt	214 849 eFt

2. táblázat: A projekt bekerülési költségei, saját munka, közbeszerzési dokumentáció alapján

A projekt legnagyobb költség tétele a **villamos szerelés** volt, tekintettel arra, hogy egy roppant komplex napelemes rendszert építettünk. A jelentős **munkadíj** azt mutatja, hogy a munkaerő-igény nagy volt, míg a viszonylag alacsony **gépköltség** arra utalhat, hogy a munkálatokhoz elsősorban kézi szerszámokra és egyszerűbb gépekre volt szükség. A **kerítésépítés, forgalomtechnikai költségek és gyeptelepítés** tételekre a környezet átalakítása miatt volt szükség.

3.3 Éves várható termelés meghatározása

Meg kell határoznunk, hogy mennyi villamosenergiát termelhetünk ezzel a technológiával:

Az éves megtermelt villamos energia mennyiségét rengeteg tényező befolyásolja:

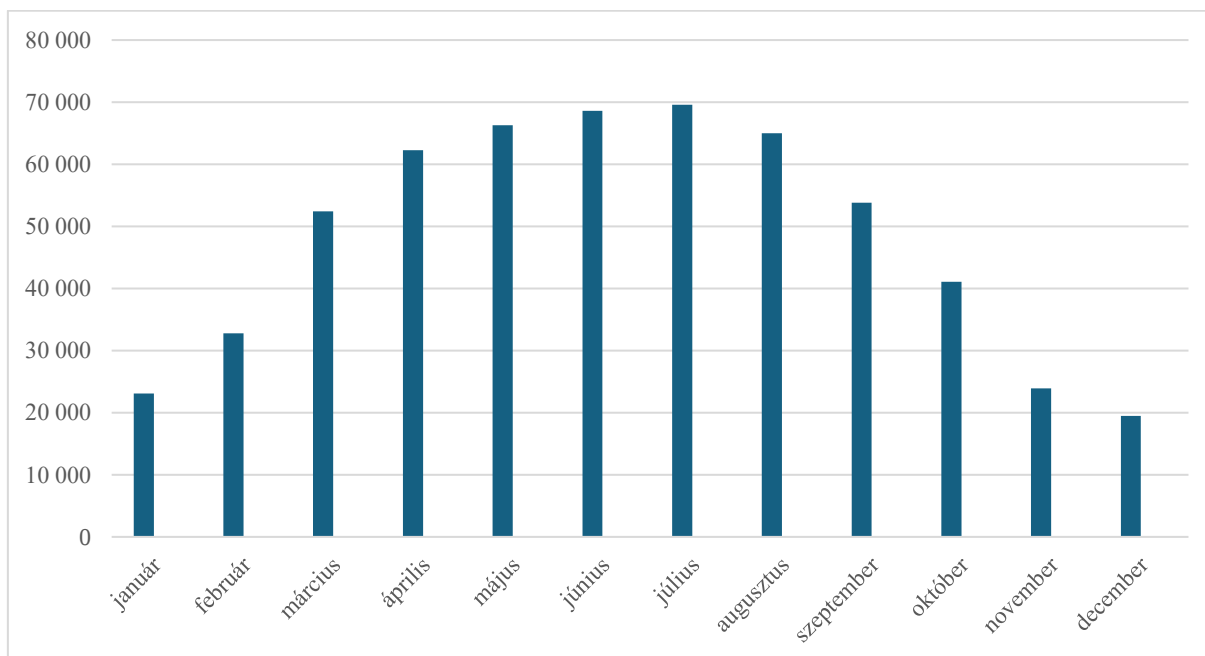
- földrajzi elhelyezkedés
- napsütötte órák száma
- tájolás
- napelemek talajjal bezárt szöge
- napelemekre eső árnyékolás

A kérdés most már egészen pontosan az, hogy egy Szombathelyen elhelyezett, 480 kWp csúcsteljesítményű, fixen a föld fölé 1,2 méterre telepített, a talajjal 25°-os szögben

megdőntött, déli tájolású napelemes rendszerrel mennyi villamos energiát tudunk várhatóan megtermelni egy év alatt?

Éves várható villamosenergia termelés		
hónap	Havi várható termelés [kWh]	Százalékos arány
január	23 100	3,99%
február	32 800	5,67%
március	52 400	9,06%
április	62 250	10,76%
május	66 300	11,46%
június	68 600	11,86%
július	69 600	12,03%
augusztus	65 000	11,24%
szeptember	53 800	9,30%
október	41 100	7,11%
november	23 900	4,13%
december	19 500	3,37%
Összesen:	578 350	100,00%

3. táblázat: Éves várható villamosenergia termelés (forrás: saját munka, PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM alapján)



8. ábra: Éves várható villamosenergia termelés (forrás: saját munka, PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM alapján)

A 3-as számú táblázatból, valamint a 8-as diagramból kiolvashatjuk a havi várható termelési értékeket.

A napelempark villamosenergia termelésének szezonális ingadozása jól látható a diagram által kirajzolt görbén. A legnagyobb mennyiségű villamos energiát a nyári hónapokban, különösen júliusban termeli a rendszer, ami a fokozott napsugárzásnak köszönhető. Ezzel szemben a téli időszakban, rövidebb nappalok és gyengébb napsugárzás miatt a termelés jelentősen csökken, a legalacsonyabb értékeket januárban és decemberben érve el. Az éves termelés több mint fele a tavaszi, nyári és kora őszi hónapokra koncentrálódik, amikor a napsugárzás a legintenzívebb.

3.4 Üzemeltetési költségek

A következőkben a napelempark üzemeltetésével járó éves folyó költségeket fogjuk áttekinteni. A fotovoltaikus rendszerek egyik legnagyobb előnye, hogy az energiahordozó, a napsugárzás, ingyenesen áll rendelkezésre, így elhanyagolhatóak az üzemanyagköltségek és a szállítási költségek, mondjuk egy biomassza erőművel szemben. Azonban számos más tényezőt kell figyelembe vennünk a teljes költségkép kialakításakor. A költségeket fajlagos egységekben, a megtermelt villamos energia mennyiségéhez viszonyítva fogjuk kifejezni, mivel ezek általában arányosan változnak a rendszer méretével.

A 4. számú táblázat alapján az éves karbantartási és üzemeltetési költség 1.231.966 Ft.

Ez az összeg tartalmazza a rendszer működtetéséhez szükséges összes költséget, beleértve a karbantartást, adminisztrációt, biztosítást, adatkapcsolatot, vagyonvédelmet és az inverterek energiafogyasztását.

A költségtételek részletes bontása:

- **Tervezett karbantartás:** Ez a legnagyobb tétel, ami azt jelenti, hogy a rendszer rendszeres karbantartása jelentős költséggel jár. Ide tartozhatnak például a napelemek tisztítása, az inverterek ellenőrzése, a kábelek ellenállásának mérése stb.
- **Adminisztráció:** Ide tartozhatnak az adminisztratív feladatokhoz kapcsolódó költségek, például a szerződések kezelése, a számlázás, a könyvelés.
- **Biztosítás:** A rendszer biztosítása kötelező lehet, és a díja a rendszer értékétől és a biztosítási feltételektől függ.

- **Gyártói garancia ügyintézés:** Ha a gyártó garanciát vállal a termékekre, akkor ennek ügyintézésével is járhatnak költségek.
- **Adatkapcsolat biztosítása:** Az adatkapcsolat szükséges a rendszer működéséhez és a termelt energia méréséhez.
- **Vagyonvédelem:** A napelempark védelme érdekében szükséges lehet riasztórendszer és őrző-védő szolgálat igénybevétele.
- **Inverterek energiafogyasztása:** Az inverterek is fogyasztanak villamos energiát, ami szintén növeli a költségeket.

Az éves üzemeltetési költségek a következő tételekből tevődnek össze

Éves kalkulálható kiadások		
Tervezett karbantartás	608.542	nettó Ft
Adminisztráció		
Karbantartás		
Biztosítás	203.200	
Gyártói garancia ügyintézés	35.348	
Adatkapcsolat biztosítása	50.800	
Vagyonvédelmi riasztás kezelése	53.552	
Vagyonvédelmi Kivonulószolgálat ellátása	138.853	
Inverterek, biztánságtechnika villamosenergia költsége:*	141.702	
Kalkulálható éves kiadás nettó	1.231.966	nettó Ft

*villamosenergia havi részszámla a mellékletben

4. táblázat: Éves kalkulálható kiadások, saját munka, vállalkozó üzemeltetésre vonatkozó árajánlata alapján, illetve a villamosenergia költségek figyelembevételével. (forrás: saját munka)

4. Villamosenergia értékesítése

Elengedhetetlen, hogy a megtermelt villamosenergiát értékesíteni tudjuk, enélkül ugyanis nem tudunk bevételt termelni, a beruházásunk pedig soha nem térül meg. A napelempark adottságaiból következik, hogy kizárólag a szabadpiacon tudunk értékesíteni, ahol energiakereskedőknek tudjuk felkínálni a termékünket, azaz az elektromos energiát.

4.1 Az értékesítési módszer

A nyugat-magyarországi cég által telepített 480kW_p teljesítményű napelemez erőmű által termelt villamos energia értékesítésére pályázat kiírása, valamint a beérkezett ajánlatok energiaszakmai értékelése, mely alapján a profit maximalizálást, ezáltal a beruházás megtérülési idejének redukálását tudjuk elérni:

A közzétett ajánlatkérési dokumentáció a következő releváns részeket tartalmazza:

Ajánlatkérés tárgya:

Az ajánlatkérő létrejövő szerződés keretén belül az ajánlatkérés mellékletében rögzített telephelyen és műszaki paraméterekkel rendelkező kiserőművében villamos energiát termel és kereskedelmi célból értékesíti kívánja a nyertes ajánlattevő részére az ajánlatkérésben meghatározott áron és időtartamban. A létrejövő szerződés egyben mérlegköri tagsági szerződésként is szolgál.

Szerződéses időszak: 2025. január 1-től -2025. december 31-ig

Az átvett villamos energia egységárának meghatározása:

A „Day-ahead” alapú szállítások elszámoló árának alapja a HUPX Day-ahead auction (HUPXDAM) órás, €/MWh-s ára, valamint az 5. sz. táblázatból kiolvasható további tételek, melyet az iparági árazási trendek alapján határoztam meg. A szállított villamos energia elszámolása a következő képlet szerint történik:

$$D_{hó} = \sum_{j=1}^z Round_2 \left(\sum_{i=1}^k VOL_i * (HUPX_i - "S") \right) * FX_j$$

ahol a

$D_{hó}$	- havi szállítási díj HUF-ban. Ez az érték az ÁFA-t nem tartalmazza
VOL_i	- szállítási volumen MWh-ban a nap i-edik órájában,
$HUPX_i$	- HUPX DAM Day-ahead auction óras ára a j-edik nap i-edik órájában EUR/MWh-ban,
k	- órák száma a j-edik napon
$Round_2$	- kerekítés HUF/MWh-ban 2 tizedesjegyre
napszám	- napok száma a hónapban
FX_j	- a j-edik szállítási napon érvényes Magyar Nemzeti Bank által publikált euró/forint deviza középárfolyam
„S”	- Spread EUR/MWh-ban a nap i-edik órájába, amely az alábbi képlet alapján kerül kiszámításra:

5. táblázat: Villamosenergia értékesítési árat meghatározó képlet összetevői (forrás: saját munka)

„S”= $HUPX_i \cdot \dots\dots\dots\%$, de „S” nem lehet kisebb, mint $\dots\dots\dots$ EUR/MWh

Versenyeztetés lefolytatásának összefoglalása:

Az ajánlatkérési felhívás 4 gazdasági szereplő részére került megküldésre

Ajánlattevők:

Az ajánlattételi felhívásban megjelölt határidőig összesen 3 ajánlattevőtől érkezett be ajánlat:

Az ajánlatok összehasonlításának módszertana:

A beérkezett ajánlatok összehasonlítása két fő szempont alapján történt meg:

- az átvételi ár meghatározására vonatkozó ajánlatok összehasonlítása
- az ajánlatkérési felhívásban előírt szerződéses feltételek vállalása

Mivel egy új, korábban nem üzemelő erőműről van szó, így a termelésre vonatkozó tényadatok nem álltak rendelkezésre, így erre vonatkozóan csak „elméleti” számok állnak rendelkezésre, egy hasonló felépítésű és teljesítményű erőmű termelési adataiból kalkulálva. Az ajánlatok összehasonlításához egy másik, közeli lokációban található hasonló kialakítású és teljesítményű erőmű (a termelési adatok jelen projekt méretéhez hozzáigazított) , 2024.

január 1. -2024. április 21-ig tartó időszak termelési adatait vettem figyelembe az alábbiak szerint:

- A magyar energiatőzsdei HUPX_DAM piac órás elszámolási árai, forrása: <https://hupx.hu/hu/piaci-adatok/dam/historikus-adatok>
- 480kWp teljesítményű napelemes erőmű várható termelése (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)

Ezen adatok alapul vételével az előzetesen az ajánlattételi felhívásban meghatározott árképlet szerint került kiszámításra az időszak alatt elérhető elméleti árbevétel. Fontos kiemelni, hogy azért elméleti, mert ez a számítás az ajánlatok összehasonlításához és a legjobb ajánlat kiválasztásához megfelelő, azonban a tényleges termelési adatok és ezáltal az elérhető árbevételi adatok eltérőek lehetnek az itt számított eredményektől:

Az ajánlattételi felhívásra a következő ajánlat érkezett a kereskedőktől:

Megnevezés	Mértékegység	Kereskedő 1	Kereskedő 2	Kereskedő 3
"S" tényező értéke	%	8,25%	6,50%	36%
"S" tényező minimum értéke	EUR/MWh	5	7	29,14

6. táblázat: Kereskedői ajánlatok összehasonlítása (forrás: saját munka)

Spread, azaz a kereskedői árrés minimális értéke alapján a Kereskedő 1 ajánlata tűnik a legvonzóbbnak, mivel a legalacsonyabb "S" tényező értékkel rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy az ő árajánlata a legközelebb áll az alapárhoz, vagyis a legkedvezőbb feltételeket kínálja. S tényező minimális százalékos aránya alapján viszont a Kereskedő 2 értéke a legalacsonyabb, így az ő ajánlata tűnik a legkedvezőbbnek.

Hasonlítsuk össze egy átlagos tavaszi nap várható órás termelését, valamint a hozzá tartozó tőzsdei árakat, így az ebből befolyó várható bevételeket a kereskedők feltételei alapján a 7.,8. és a 9. táblázatban.

Kereskedő 1	2024.04.10					
"S" értéke	%	8,250%				
minimum "S" érték	EUR/MWh	5				
Időpont	Várható termelés (kWh)	HUPX DAM (EUR/MWh)	"S" értéke képlet alapján	"S" értéke az elszámoláshoz	Villamos energia átvételi ára (EUR/MWh)	Árbevétel (EUR/MWh)
04. 10. 00:00	-	50,18	4,14	5,00	45,18	-
04. 10. 01:00	-	22,59	1,86	5,00	17,59	-
04. 10. 02:00	-	30,74	2,54	5,00	25,74	-
04. 10. 03:00	-	21,59	1,78	5,00	16,59	-
04. 10. 04:00	-	24,84	2,05	5,00	19,84	-
04. 10. 05:00	-	24,04	1,98	5,00	19,04	-
04. 10. 06:00	16,52	49,32	4,07	5,00	44,32	0,73
04. 10. 07:00	88,94	74,48	6,14	6,14	68,34	6,08
04. 10. 08:00	153,75	99,63	8,22	8,22	91,41	14,05
04. 10. 09:00	163,13	105,63	8,71	8,71	96,92	15,81
04. 10. 10:00	153,75	79,59	6,57	6,57	73,02	11,23
04. 10. 11:00	131,25	69,06	5,70	5,70	63,36	8,32
04. 10. 12:00	138,13	54,93	4,53	5,00	49,93	6,90
04. 10. 13:00	150,63	41,92	3,46	5,00	36,92	5,56
04. 10. 14:00	143,13	30,64	2,53	5,00	25,64	3,67
04. 10. 15:00	125,63	30,06	2,48	5,00	25,06	3,15
04. 10. 16:00	135,04	50,05	4,13	5,00	45,05	6,08
04. 10. 17:00	123,69	59,00	4,87	5,00	54,00	6,68
04. 10. 18:00	32,39	73,02	6,02	6,02	67,00	2,17
04. 10. 19:00	2,47	94,54	7,80	7,80	86,74	0,21
04. 10. 20:00	-	175,54	14,48	14,48	161,06	-
04. 10. 21:00	-	175,72	14,50	14,50	161,22	-
04. 10. 22:00	-	109,88	9,07	9,07	100,81	-
04. 10. 23:00	-	83,67	6,90	6,90	76,77	-
Várható napi bevétel €						90,64

7. táblázat: Egyes számú kereskedő ajánlata alapján számított bevétel 2024 április 10-i termelés alapján (forrás: saját munka, HUPX árak alapján)

Kereskedő 2	2024.04.10					
"S" értéke	%	6,5%				
minimum "S" értéke	EUR/MWh	7				
Időpont	Várható termelés (kWh)	HUPX DAM (EUR/MWh)	"S" értéke képlet alapján	"S" értéke az elszámoláshoz	Villamos energia átvételi ára (EUR/MWh)	Árbevétel (EUR/MWh)
04. 10. 00:00	-	50,18	3,26	7,00	43,18	-
04. 10. 01:00	-	22,59	1,47	7,00	15,59	-
04. 10. 02:00	-	30,74	2,00	7,00	23,74	-
04. 10. 03:00	-	21,59	1,40	7,00	14,59	-
04. 10. 04:00	-	24,84	1,61	7,00	17,84	-
04. 10. 05:00	-	24,04	1,56	7,00	17,04	-
04. 10. 06:00	16,52	49,32	3,21	7,00	42,32	0,70
04. 10. 07:00	88,94	74,48	4,84	7,00	67,48	6,00
04. 10. 08:00	153,75	99,63	6,48	7,00	92,63	14,24
04. 10. 09:00	163,13	105,63	6,87	7,00	98,63	16,09
04. 10. 10:00	153,75	79,59	5,17	7,00	72,59	11,16
04. 10. 11:00	131,25	69,06	4,49	7,00	62,06	8,15
04. 10. 12:00	138,13	54,93	3,57	7,00	47,93	6,62
04. 10. 13:00	150,63	41,92	2,72	7,00	34,92	5,26
04. 10. 14:00	143,13	30,64	1,99	7,00	23,64	3,38
04. 10. 15:00	125,63	30,06	1,95	7,00	23,06	2,90
04. 10. 16:00	135,04	50,05	3,25	7,00	43,05	5,81
04. 10. 17:00	123,69	59,00	3,84	7,00	52,00	6,43
04. 10. 18:00	32,39	73,02	4,75	7,00	66,02	2,14
04. 10. 19:00	2,47	94,54	6,15	7,00	87,54	0,22
04. 10. 20:00	-	175,54	11,41	11,41	164,13	-
04. 10. 21:00	-	175,72	11,42	11,42	164,30	-
04. 10. 22:00	-	109,88	7,14	7,14	102,74	-
04. 10. 23:00	-	83,67	5,44	7,00	76,67	-
Várható napi bevétel €						89,10

8. táblázat: Kettes számú kereskedő ajánlata alapján számított bevétel 2024 április 10-i termelés alapján (forrás: saját munka, HUPX árak alapján)

Kereskedő 3	2024.04.10					
"S" értéke	%	36%				
minimum "S" értéke	EUR/MWh	29,14				
Időpont	Várható termelés (kWh)	HUPX DAM (EUR/MWh)	"S" értéke képlet alapján	"S" értéke az elszámoláshoz	Villamos energia átvételi ára (EUR/MWh)	Árbevétel (EUR/MWh)
04. 10. 00:00	-	50,18	18,06	29,14	21,04	-
04. 10. 01:00	-	22,59	8,13	29,14	- 6,55	-
04. 10. 02:00	-	30,74	11,07	29,14	1,60	-
04. 10. 03:00	-	21,59	7,77	29,14	- 7,55	-
04. 10. 04:00	-	24,84	8,94	29,14	- 4,30	-
04. 10. 05:00	-	24,04	8,65	29,14	- 5,10	-
04. 10. 06:00	16,52	49,32	17,76	29,14	20,18	0,33
04. 10. 07:00	88,94	74,48	26,81	29,14	45,34	4,03
04. 10. 08:00	153,75	99,63	35,87	35,87	63,76	9,80
04. 10. 09:00	163,13	105,63	38,03	38,03	67,60	11,03
04. 10. 10:00	153,75	79,59	28,65	29,14	50,45	7,76
04. 10. 11:00	131,25	69,06	24,86	29,14	39,92	5,24
04. 10. 12:00	138,13	54,93	19,77	29,14	25,79	3,56
04. 10. 13:00	150,63	41,92	15,09	29,14	12,78	1,92
04. 10. 14:00	143,13	30,64	11,03	29,14	1,50	0,21
04. 10. 15:00	125,63	30,06	10,82	29,14	0,92	0,12
04. 10. 16:00	135,04	50,05	18,02	29,14	20,91	2,82
04. 10. 17:00	123,69	59,00	21,24	29,14	29,86	3,69
04. 10. 18:00	32,39	73,02	26,29	29,14	43,88	1,42
04. 10. 19:00	2,47	94,54	34,03	34,03	60,51	0,15
04. 10. 20:00	-	175,54	63,19	63,19	112,35	-
04. 10. 21:00	-	175,72	63,26	63,26	112,46	-
04. 10. 22:00	-	109,88	39,56	39,56	70,32	-
04. 10. 23:00	-	83,67	30,12	30,12	53,55	-
Várható napi bevétel €						52,10

9. táblázat: Hármas számú kereskedő ajánlata alapján számított bevétel 2024 április 10-i termelés alapján (forrás: saját munka, HUPX árak alapján)

Kereskedői ajánlatok összehasonlítása				
Megnevezés	Mértékegység	Kereskedő 1	Kereskedő 2	Kereskedő 3
"S" tényező értéke	%	8,25%	6,50%	36%
"S" tényező minimum értéke	EUR/MWh	5	7	29,14
Összes becsült árbevétel 01.01-04.21.időszakban erőműegységenként	EUR/MWh	8 342,35	8 166,50	4 382,18

10. táblázat: Kereskedői ajánlatok összehasonlítása (forrás: saját munka)

Az alkalmazott és előzetesen meghatározott árképlet alapján, valamint a számítottak eredményeként (10. sz táblázat) a legkedvezőbb ajánlatot az egyes kereskedő adta.

A vizsgált időszakban az elméleti 2688 órából (112 nap*24 óra) összesen 1265 olyan óra van, amikor a napelemes erőmű termel. Ebből az 1265 órából az egyes kereskedő ajánlata alapján 473 óra kerül elszámolásra a minimális 5 EUR/MWh-ás míg 1085 óra pedig 5-7EUR/MWh spreaddel, míg a második kereskedő ajánlata esetén a minimális 7 EUR/MWh-s spreaddel 1187 óra kerül elszámolásra. Ez okozza azt, hogy bár látszólag az egyes kereskedő %-os spread értéke magasabb, mégis a vizsgált időszakban a nagyobb árbevételt és ez által a kedvezőbb ajánlat az egyes kereskedőé. A harmadik kereskedő ajánlata említésre sem méltó. Fontos kiemelni, hogy ez a január 1 és április 21 időszak alapján került meghatározásra.

Összegzés, javaslat:

Jelen értékelés a cég új napelemes erőműve által megtermelt és értékesíteni kívánt villamos energia értékesítésére érkezett ajánlatok összehasonlítását szolgálja. Ebben összehasonlításra kerültek a beérkezett ajánlatokban szereplő, a villamos energiáért kínált, árképlet szerinti árak, továbbá az elvárt szerződéses feltételekkel kapcsolatos vállalások.

Mivel az elvárt szerződéses feltételek elfogadását és szerződésbe foglalását minden ajánlattevő vállalta, így a legkedvezőbb ajánlat kiválasztása az ajánlati ár alapján lehetséges. Mivel új, korábban nem üzemelő erőműről van szó, így nem tényadatokra, hanem csak elméleti adatokra alapozva készült az összehasonlítás, amely azonban alkalmas a legelőnyösebb ajánlat kiválasztására.

A vizsgált időszakra vonatkozó, órás részletezettségű számítások alapján a legkedvezőbb ajánlatot az első kereskedő adta.

4.2 A várható éves hozam meghatározása folyamatos termelés esetén

Ezen adat meghatározásához elengedhetetlen az órai tőzsdei árak elemzése:

A magyarországi villamosenergia tőzsdei árának alakulása: egy komplex kép

A magyarországi villamosenergia tőzsdei ára számos tényező együttes hatására alakul, így az éves és napi ingadozások is igen jelentősek lehetnek.

Éves szinten

- **Fűtési szezon:** Télen, a fűtési szezonban általában magasabb az áramfogyasztás, ami az árak emelkedéséhez vezethet. A hideg időjárás és a megnövekedett kereslet kombinációja jelentős hatással van a tőzsdei árakra.
- **Nyári csúcsok:** Nyáron az erős hőség miatt szintén nőhet az energiaigény, például a légkondicionálók használatának köszönhetően. Ez szintén áremelkedést okozhat.
- **Karbantartási munkálatok:** Az erőművekben végzett karbantartási munkálatok korlátozhatják a rendelkezésre álló kapacitást, ami szintén nyomást gyakorolhat az árakra, bár a diverzifikált erőműhálózat miatt ez nem jellemző nagymértékben.
- **Globális tényezők:** A nemzetközi energiapiacok eseményei, például a földgázárak változása, az olaj árának alakulása vagy geopolitikai feszültségek szintén hatással lehetnek a hazai áramárakra.

Napi szinten

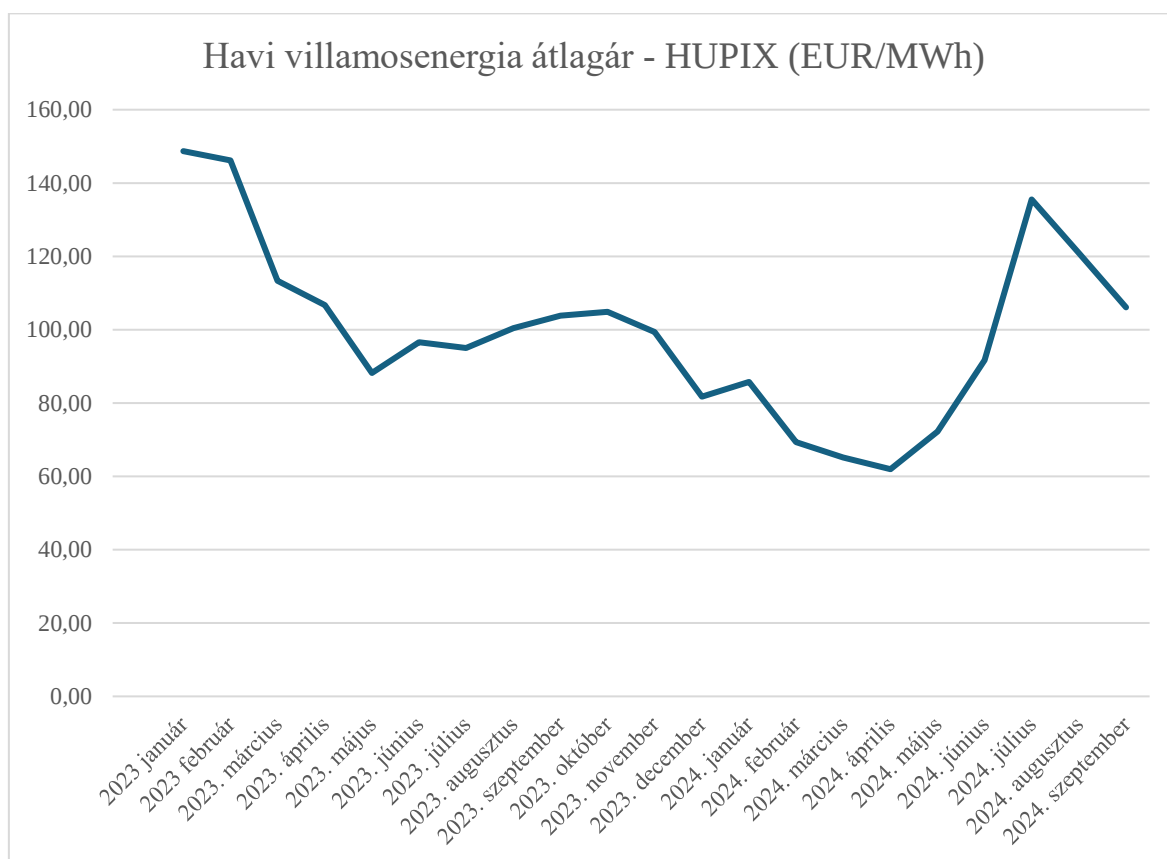
- **Csúcsidőszakok:** A nap folyamán vannak olyan időszakok, amikor magasabb az áramfogyasztás, például reggel és este. Ezekben a csúcsidőszakokban általában magasabbak az árak.
- **Éjszakai órák:** Éjszaka, amikor alacsonyabb az áramfogyasztás, az árak is jellemzően alacsonyabbak.
- **Véletlen események:** Hirtelen bekövetkező események, például egy erőmű meghibásodása vagy egy váratlan időjárási jelenség is jelentős áringadozásokat okozhatnak.

A HUPX szerepe:

Magyarországon – ahogy a szakirodalmi feldolgozásban már említettem - a villamosenergia-kereskedelem központi platformja a **HUPX** (Magyar Villamosenergia-piaci Egyesülés). A HUPX naponta közzéteszi a tőzsdei árak alakulását, így bárki nyomon követheti az árváltozásokat.

Girish, G. P. és munkatársainak tanulmánya (2013) is kifejti, mi befolyásolja a villamosenergia árát. A tanulmány a versenyző villamosenergia-piacok működését vizsgálja. A villamosenergia árát - hasonlóan más árukhoz - a piac határozza meg, a kereslet és kínálat függvényében.

A 9. sz. ábrán bemutatom a 2023.01.-2024.09. hónapokra jutó átlagárakat havi bontásban:



9. ábra: Havi villamosenergia átlagár - HUPIX (EUR/MWh) (forrás: saját munka, HUPX.hu közzétett adatai alapján)

A táblázat alapján az elmúlt másfél évben a magyarországi villamosenergia tőzsdei ára jelentős ingadozásokat mutatott.

A 9. sz. ábra jellegzetességei a vizsgálódásaim alapján a következők:

- **Csúcs az év elején:** 2023 elején tapasztalhattuk a legmagasabb átlagos árat, majd ezt követően folyamatos csökkenés következett be.
- **Stabilizálódás:** Az év második felében az árak viszonylag stabil szinten mozogtak, kisebb ingadozásokkal.

HUPX napi átlagos tőzsdei villamosenergia árak alakulása három egymást követő nyári napon								
dátum	óra	Adott óra átlagára(EUR/MWh)	dátum	óra	Adott óra átlagára(EUR/MWh)	dátum	óra	Adott óra átlagára(EUR/MWh)
2024.07.14	H1	137,290 EUR	2024.07.15	H1	140,190 EUR	2024.07.16	H1	128,160 EUR
2024.07.14	H2	130,050 EUR	2024.07.15	H2	121,560 EUR	2024.07.16	H2	102,800 EUR
2024.07.14	H3	102,760 EUR	2024.07.15	H3	127,470 EUR	2024.07.16	H3	91,780 EUR
2024.07.14	H4	97,850 EUR	2024.07.15	H4	111,430 EUR	2024.07.16	H4	88,540 EUR
2024.07.14	H5	76,110 EUR	2024.07.15	H5	111,450 EUR	2024.07.16	H5	78,120 EUR
2024.07.14	H6	73,630 EUR	2024.07.15	H6	126,750 EUR	2024.07.16	H6	83,030 EUR
2024.07.14	H7	61,800 EUR	2024.07.15	H7	142,230 EUR	2024.07.16	H7	102,480 EUR
2024.07.14	H8	14,280 EUR	2024.07.15	H8	152,980 EUR	2024.07.16	H8	145,400 EUR
2024.07.14	H9	0,290 EUR	2024.07.15	H9	113,890 EUR	2024.07.16	H9	103,200 EUR
2024.07.14	H10	-0,880 EUR	2024.07.15	H10	75,430 EUR	2024.07.16	H10	80,400 EUR
2024.07.14	H11	-21,040 EUR	2024.07.15	H11	63,170 EUR	2024.07.16	H11	52,780 EUR
2024.07.14	H12	-14,570 EUR	2024.07.15	H12	54,400 EUR	2024.07.16	H12	54,350 EUR
2024.07.14	H13	-48,420 EUR	2024.07.15	H13	63,430 EUR	2024.07.16	H13	78,420 EUR
2024.07.14	H14	-72,850 EUR	2024.07.15	H14	86,550 EUR	2024.07.16	H14	86,970 EUR
2024.07.14	H15	-9,340 EUR	2024.07.15	H15	109,290 EUR	2024.07.16	H15	94,100 EUR
2024.07.14	H16	14,680 EUR	2024.07.15	H16	97,610 EUR	2024.07.16	H16	135,860 EUR
2024.07.14	H17	71,510 EUR	2024.07.15	H17	118,080 EUR	2024.07.16	H17	186,150 EUR
2024.07.14	H18	86,060 EUR	2024.07.15	H18	132,060 EUR	2024.07.16	H18	265,250 EUR
2024.07.14	H19	179,240 EUR	2024.07.15	H19	422,890 EUR	2024.07.16	H19	413,860 EUR
2024.07.14	H20	391,490 EUR	2024.07.15	H20	687,400 EUR	2024.07.16	H20	579,180 EUR
2024.07.14	H21	416,270 EUR	2024.07.15	H21	699,630 EUR	2024.07.16	H21	774,480 EUR
2024.07.14	H22	434,920 EUR	2024.07.15	H22	540,800 EUR	2024.07.16	H22	705,910 EUR
2024.07.14	H23	203,930 EUR	2024.07.15	H23	351,310 EUR	2024.07.16	H23	300,870 EUR
2024.07.14	H24	154,000 EUR	2024.07.15	H24	181,860 EUR	2024.07.16	H24	182,410 EUR

11. táblázat: HUPX napi átlagos órás tőzsdei villamosenergia árak alakulása három egymást követő nyári napon (forrás: saját munka, HUPX.hu közzétett adatai alapján)

- **Nyári emelkedés:** 2024 júliusában ismét jelentős áremelkedés volt tapasztalható, ami valószínűleg az extrém hőséghez és a megnövekedett energiaigényekhez köthető.

- **Őszi visszaesés:** július utáni emelkedést követően az árak ismét csökkenésnek indultak, és az őszi hónapokban stabilizálódtak.

A 11. számú táblázatban három egymást követő nap, órás egységeit elemezve elmondható, hogy az árak szintén jelentős ingadozást mutatnak, ami a villamosenergia-piac jellemzője.

Az árváltozások jellemzői a megfigyelésem alapján:

- **Éjszakai és nappali árak:** Általánosságban elmondható, hogy az éjszakai órákban alacsonyabbak az árak, míg a nappali és kora esti órákban magasabbak. Ez a fogyasztási csúcsoknak és völgyeknek köszönhető.
- **Negatív árak:** Több esetben is előfordulnak negatív árak, ami azt jelenti, hogy a termelőknek fizetniük kellett azért, hogy az energiát a hálózatba táplálják. Ez általában akkor fordul elő, ha a megújuló energiaforrások (pl. szél-, naperőművek) termelése meghaladja a fogyasztást, és a hálózat túlterheltséggel küzd.
- **Nagy amplitúdójú ingadozások:** Az árak óránként jelentős mértékben változnak, ami a villamosenergia-piac volatilitását mutatja. Ez a különböző külső tényezők, például az időjárás, a gazdasági helyzet és a geopolitikai események hatásának köszönhető.
- **Kiugró árak az esti órákban:** Este a napenergia-termelés jelentősen csökken vagy teljesen leáll, így kevesebb megújuló energia áll rendelkezésre, míg hőhullámok idején az esti legkondicionálásra az igény hirtelen az egekbe szökik, így a megújuló energiát más forrásból kell hirtelen pótolni.

A várható éves árbevételt és a kiadást meghatározva máris számítható a két érték különbsége, mely az éves hozam (12. sz. táblázat):

Kalkulálható éves bevétel nettó	32 404	EUR* (400HUF/EUR)
Kalkulálható éves bevétel nettó	12 961 600	Ft
Kalkulálható éves kiadás nettó	1 231 966	Ft
Éves bevétel és kiadás különbsége:	11 729 634	Ft

12. táblázat: Várható éves hozam (forrás: saját munka)

Feltételezzük, hogy az infláció hatása a projekt összes pénzügyi tételére egyformán hat, így nem különítem el az árváltozásokat. A számításaimkban az inflációt állandónak tekintem, így az árváltozások hatását figyelmen kívül hagyom.

Napelemes rendszer hatásfok csökkenése

A napelemek teljesítménye az idő múlásával fokozatosan csökken. Ennek oka az üvegek elöregedése és a napelem belsejében található anyagok fokozatos lebomlása. Az éves átlagos teljesítménycsökkenés körülbelül 1%, ami hosszú távon jelentős hatással lehet az energiahozamra.

Éves szinten keletkező hatásfok csökkenés ~1%		
Évek száma	Éves hozam a hatásfok csökkenés miatt várható bevétel	
2025	12 961 600	Ft
2026	12 831 984	Ft
2027	12 703 664	Ft
2028	12 576 628	Ft
2029	12 450 861	Ft
2030	12 326 353	Ft
2031	12 203 089	Ft
2032	12 081 058	Ft
2033	11 960 248	Ft
2034	11 840 645	Ft
Összesen:	123 936 130	Ft

13. táblázat: Hatásfok csökkenés miatt keletkező árbevétel csökkenés alakulása (forrás: saját munka)

Az 13. számú táblázat adatai alapján az alábbi nyilvánvaló megállapításokat tehetjük:

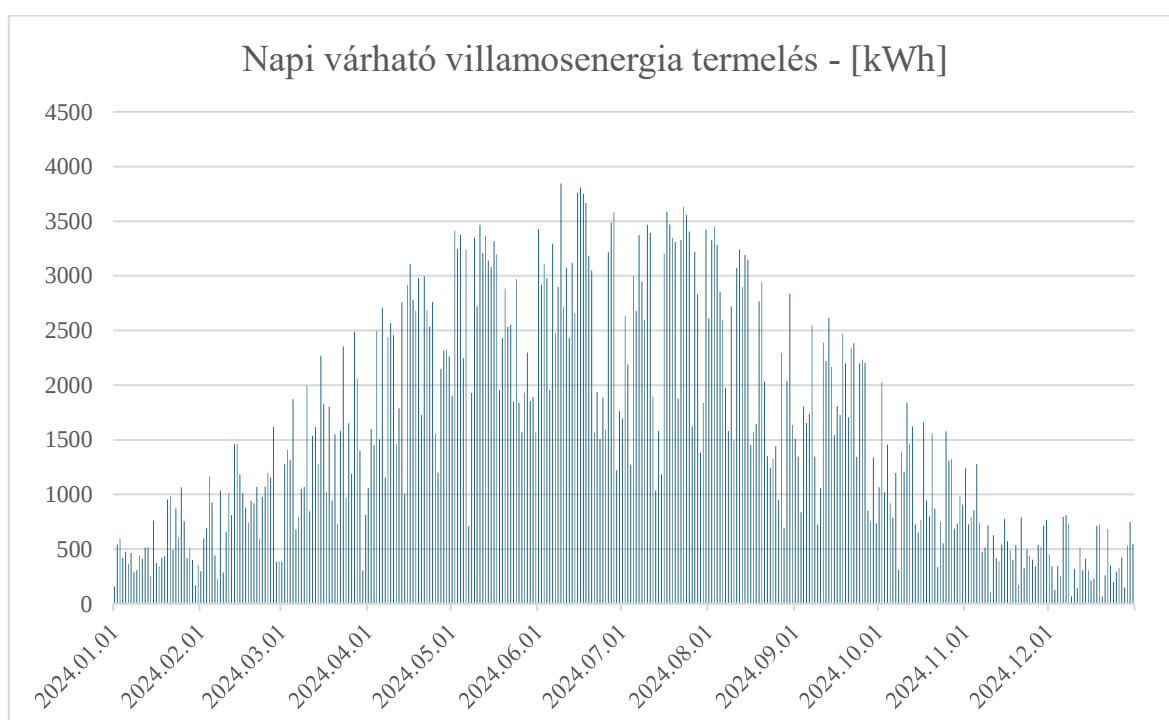
- **Csökkenő trend:** Az éves bevétel az évek előrehaladtával folyamatosan csökken. Ez a tendencia egyenes összefüggésben van a meghatározott, éves szinten 1%-os hatásfok csökkenéssel.
- **Közel lineáris a csökkenés:** A bevétel csökkenése közel lineáris, vagyis évről évre nagyjából azonos mértékben csökken. Ez azt jelenti, hogy a hatásfok csökkenésének hatása minden évben hasonló mértékben érvényesül a bevételre.

- **Összesített veszteség:** A 10 éves időszak alatt összesen több mint 12 millió forint bevételkiesés következik be a hatásfok csökkenés miatt.

5. Profitmaximalizálás különböző technológiák felhasználásával

Ahogy korábban említettem: dolgozatom célja nem csupán a tervezés, megvalósítás és az üzemeltetés, valamint a villamosenergia értékesítés bemutatása, hanem ezen túlmenően azt vizsgáltam, hogy miként léphetnénk egy további szintet, vagyis miként lehetne a maximumot, egészen pontosan a maximális profitot „kiszedni” a projektől.

5.1 A villamosenergia termelés várható megoszlása - a menetrend



10. ábra: Napi várható termelés (forrás: saját munka)

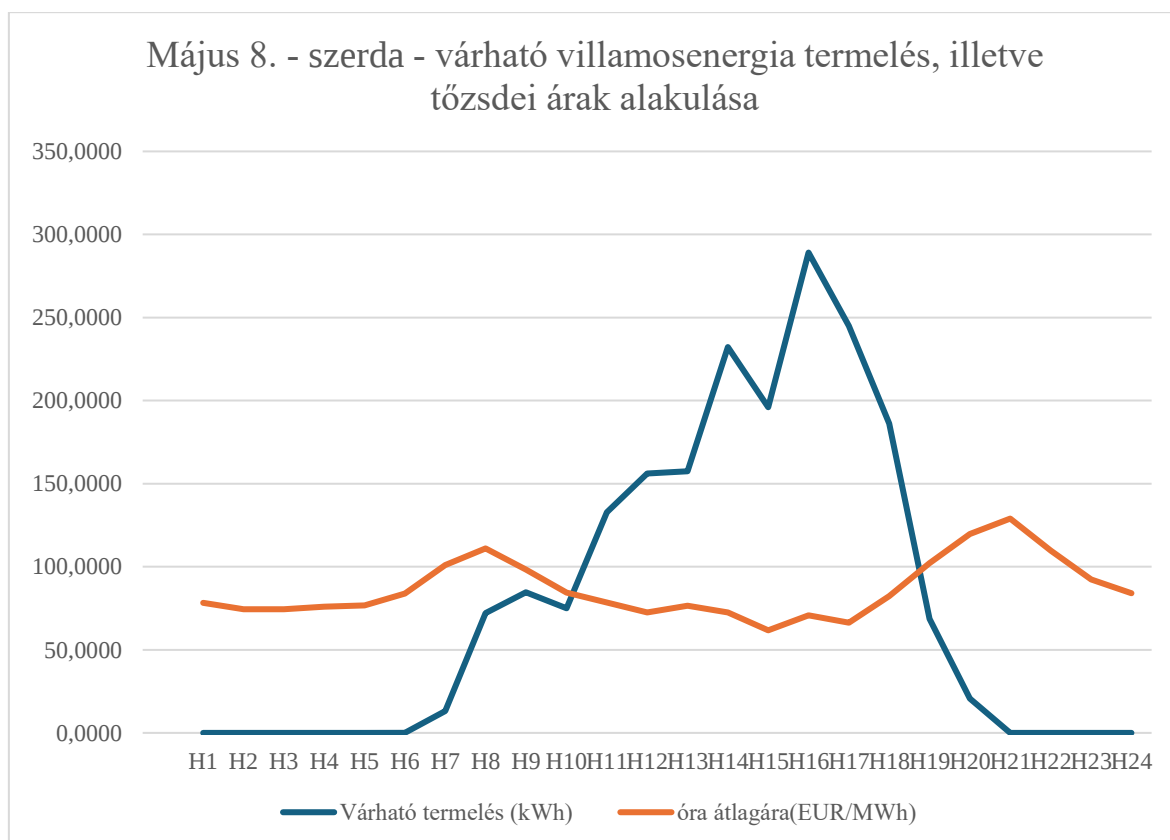
A 10. sz. ábra alapján, és a rendelkezésre álló adatok alapján az alábbi megállapításokat teszem:

- **Éves ciklus:** A grafikonon egyértelműen látható az éves ciklus, vagyis a villamosenergia-termelés jelentős ingadozásokat mutat az év során. A diagram fésű jellegét elsősorban a napi időjárási viszonyoknak köszönhetjük.
- **Nyári csúcs:** A termelés nyáron a legmagasabb. A nyári hónapokban a hosszabb nappalok, az intenzívebb napsugárzás és a kedvező időjárási körülmények együttesen teszik lehetővé, hogy a napelemes rendszerek maximális teljesítményt nyújtsanak.

- **Téli mélypont:** Télen a termelés általában a legalacsonyabb. Ekkor rövidebb nappalok, a gyengébb napsugárzás és a kedvezőtlenebb időjárási körülmények együttesen okozzák azt, hogy a napelemes rendszerek kevesebb energiát termeljenek.

5.2 A villamosenergia tőzsdei árának alakulása

Ahhoz, hogy a teljes képet lássuk, érdemes az év több napjából mintát vennünk, ahol a napi várható termelést az órás energiaárakkal vetjük össze:



11. ábra: Villamosenergia termelésünk, illetve tőzsdei árak alakulása 2024 május 8. (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

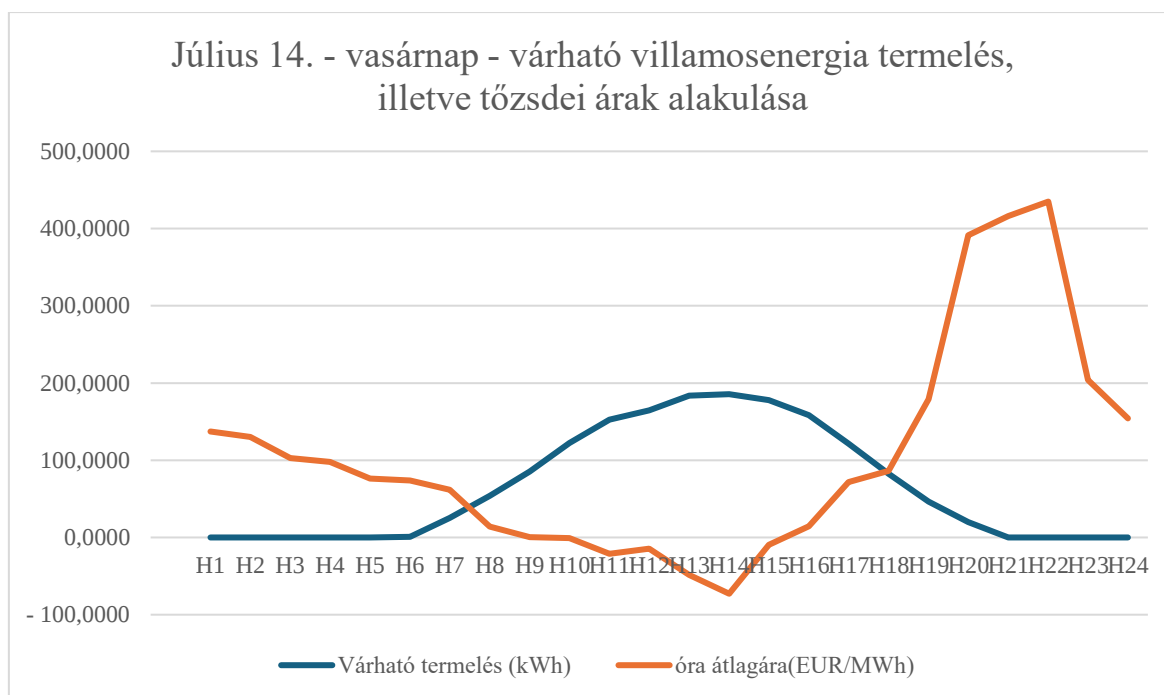
A 11. ábra alapján a villamosenergia tőzsdei ára és a termelési mennyiség között érdekes összefüggéseket lehet megfigyelni május 8-án.

Reggeli és délelőtti órák: A termelési csúcs idején (16-18 óra között) az árak is a legmagasabbak, ami a megnövekedett kereslettel magyarázható.

Délutáni és esti órák: A termelési mennyiség csökkenésével az árak általában szintén csökkennek, de vannak kivételek. Például a 20-21 óra közötti időszakban a termelés már

alacsony, de az ár mégis megemelkedik, ami arra utalhat, hogy valamilyen váratlan esemény történt a piacon.

Esti órák: Az alacsony termelés mellett az árak már emelkedő trendet mutatnak, ami a háztartások növekvő keresletének köszönhető.



12. ábra: Villamosenergia termelés, illetve tőzsdei árak alakulása 2024 július 14. (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

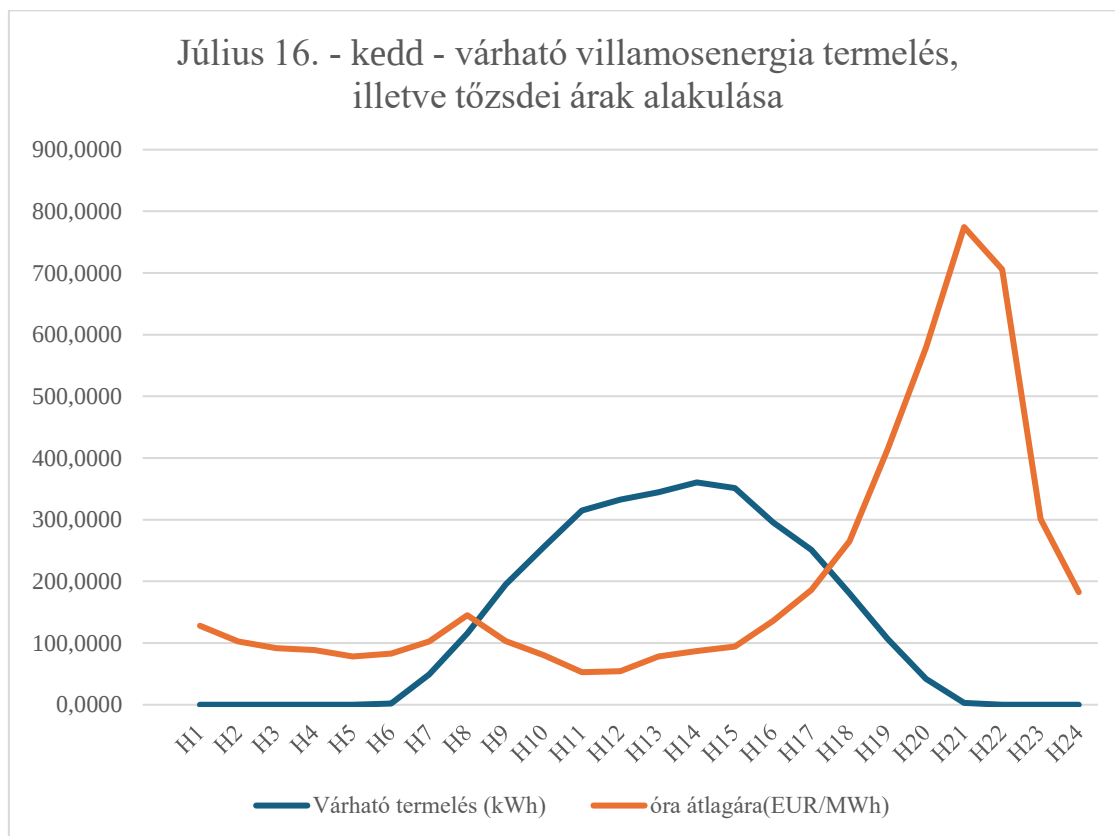
A villamosenergia tőzsdei árának és termelési mennyiségének összefüggése július 14-én, vasárnap.

A 12. ábra alapján a villamosenergia tőzsdei ára és a termelési mennyiség között érdekes összefüggéseket lehet megfigyelni július 14-én:

- **Termelés:** A termelési mennyiség egy tipikus napi profilt mutat: az éjszakai órákban nulla, majd fokozatosan emelkedik a reggeli és délelőtti órákban elérve a csúcsot az ebéd utáni órákban. Délután ismét csökken, majd este újra emelkedik, bár nem olyan magas szintre, mint a délelőtti csúcsban.
- **Ár:** Az ár alakulása jóval volatilisabb. Bár a termelési csúcsokkal többnyire magasabb árak társulnak, a kapcsolat nem lineáris és több kivétel is van.

Órai bontásban elemezve:

- **Reggeli és délelőtti órák:** A termelési csúcs idején az árak általában magasabbak, ami a megnövekedett kereslettel magyarázható. Azonban vannak olyan időszakok is, amikor a termelés növekedése ellenére az árak csökkennek, ami arra utalhat, hogy a kínálat rugalmasabban reagált a kereslet növekedésére.
- **Délutáni és esti órák:** A termelési mennyiség csökkenésével az árak általában szintén csökkennek, de nem mindig arányosan. Vannak olyan esetek, amikor a termelés jelentős mértékben csökken, de az árak mégis magas szinten maradnak, ami arra utalhat, hogy a kereslet rugalmatlanabb ezen a időszakban.
- **Éjszakai órák:** Az alacsony termelés mellett az árak is általában alacsonyabbak, ami a csökkent keresletnek köszönhető.



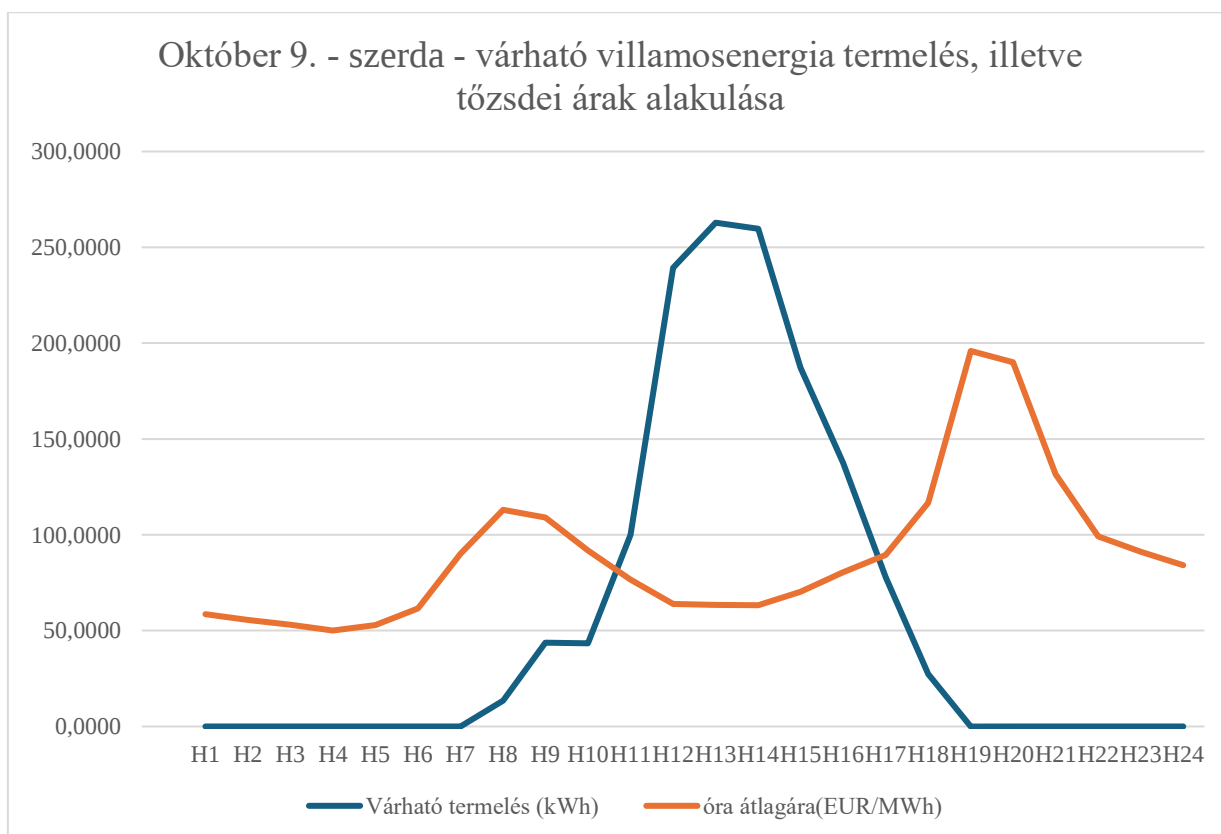
13. ábra: Villamosenergia termelés, illetve tőzsdei árak alakulása 2024 július 16. (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

A július 16-i villamosenergia-termelés és tőzsdei árak elemzése

A 13. ábra a július 16-i napra vonatkozóan ábrázolja az óránkénti villamosenergia-termelést és a tőzsdei árakat. Az előző elemzéshez hasonlóan, itt is látható, hogy a két adat között összefüggések mutatkoznak, de nem mindig egyenes arányosság.

A fenti ábra jellegzetességei a következők:

- **Termelés:** A termelési profil nagyjából megegyezik a két nappal ezelőttivel: éjszaka alacsony, reggel és délelőtt emelkedik, majd délután és este csökken. Ez a tipikus napi termelési trendet tükrözi.
- **Árak:** Az árak alakulása itt is volatilis. A termelési csúcsokkal általában magasabb árak járnak, de vannak kivételek.
- **Reggeli és délelőtti órák:** A termelési csúcs idején az árak általában magasabbak, ami a megnövekedett kereslettel magyarázható. Azonban itt is láthatóak olyan időszakok, amikor a termelés növekedése ellenére az árak csökkennek, ami a kínálat rugalmasságára utalhat.
- **Délutáni és esti órák:** A termelési mennyiség csökkenésével az árak általában növekednek.
- **Éjszakai órák:** Az alacsony termelés mellett az árak is általában alacsonyabbak, ami a csökkent keresletnek köszönhető.



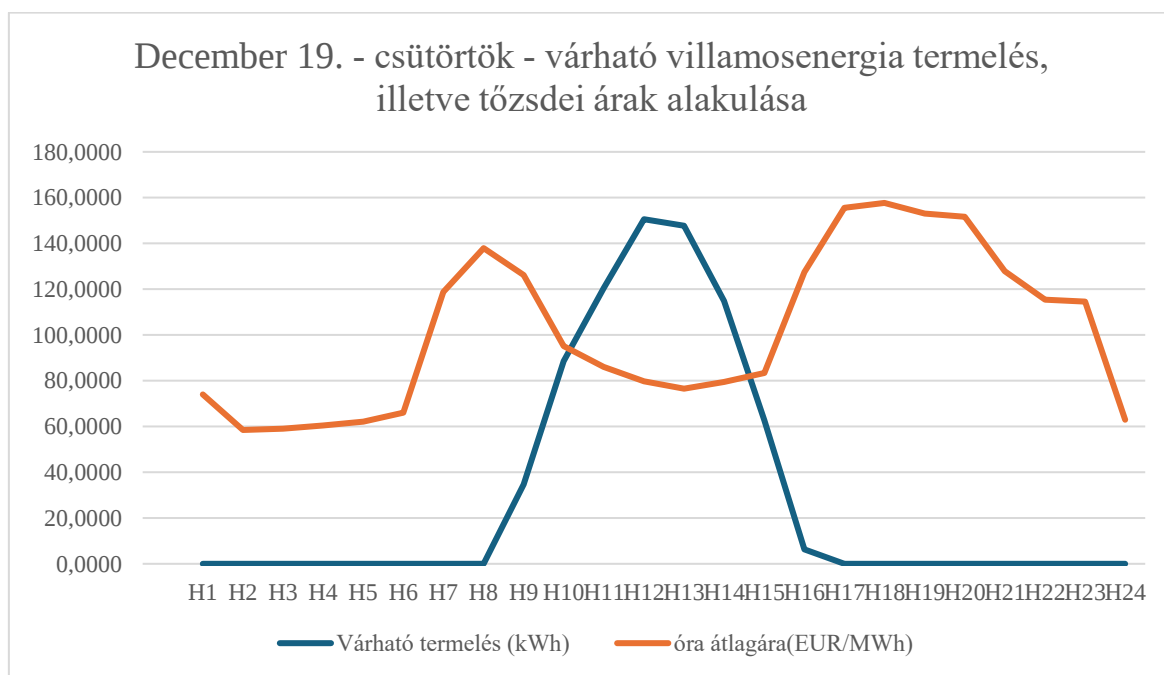
14. ábra: Villamosenergia termelés, illetve tőzsdei árak alakulása 2024 október 9. (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

A 14. ábra október 9-én mutatja be a várható termelést, illetve a tőzsdei árak alakulását:

Reggeli és délelőtti órák: A termelési csúcs idején (16-18 óra között) az árak is a legmagasabbak, ami a megnövekedett kereslettel magyarázható. Az októberi időszakban ez a csúcs valószínűleg a fűtési szezon kezdetével is összefüggésben állhat.

Délutáni és esti órák: A termelési mennyiség csökkenésével az árak általában szintén csökkennek, de vannak kivételek. Például a 20-21 óra közötti időszakban a termelés már alacsony, de az ár mégis megemelkedik, ami arra utalhat, hogy a háztartásoknak megnövekedett a fogyasztási igénye.

Éjszakai órák: Nulla termelés mellett az árak is általában alacsonyabbak, ami a csökkent keresletnek köszönhető.



15. ábra: Villamosenergia termelés, illetve tőzsdei árak alakulása 2023 december 19.

(forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

A 15. ábra egy karácsonyhoz nagyon közeli munkanapon ábrázolja a várható termelést, illetve a tőzsdei árak alakulását:

Reggeli és délelőtti órák: A termelési csúcs idején (16-18 óra között) az árak is a legmagasabbak, ami a megnövekedett kereslettel magyarázható. Az decemberi időszakban ez a csúcs valószínűleg a fűtési szezon közepével is összefüggésben állhat.

Délutáni és esti órák: A termelési mennyiség csökkenésével az árak általában szintén csökkennek, de vannak kivételek. Például a 20-21 óra közötti időszakban a termelés már alacsony, de az ár mégis megemelkedik, ami arra utalhat, hogy valamilyen váratlan esemény történt a piacon.

Éjszakai órák: Az alacsony termelés mellett az árak is általában alacsonyabbak, ami a csökkent keresletnek köszönhető.

Következtetésem a 12,13,14 és 15-es ábrákat követően, illetve az egész naptári évre vonatkozóan összességében:

- A termelési görbe az évszakoknak megfelelően alakul, a termelési csúcs a napközepi órákban van, azonban a napok hosszával arányosan szűkül a termelési órák száma.
- A napelemes termelési órákban jellemzően visszaesik a villamosenergia órás tőzsdei ára, mivel ilyenkor mindenki tud termelni, ezzel jelentős többletenergiát juttatva a hálózatba. Nyári hétvégéken a negatív tőzsdei ár is jellemző az elképesztő mértékű túlkínálat miatt. A kora reggeli és esti órákban jellemzően magasabb a villamosenergia ár, mely a hőhullámos időszakokban a hirtelen megnövekedő kereslet miatt az egekbe, akár 700-800€/MWh-ra is felugrik.
- A tőzsdei árakra vonatkozóan E. Belenguer és munkatársai 2024-es publikációja remekül mutatja be az árak volatilitását. Véleményük szerint az elektromos energia ára számos, egymással összefüggő tényező komplex kölcsönhatásának eredménye. Az energiaigény időbeli fluktuációja, az időjárási viszonyok változatossága, a fosszilis tüzelőanyagok árának ingadozása, az emissziós szabályozások hatása és a generáló kapacitások rendelkezésre állása mind jelentős hatással vannak az árak alakulására. A villamosenergia-rendszer egy dinamikus rendszer, amelyben az egyensúly fenntartása érdekében az áramtermelésnek folyamatosan igazodnia kell a változó fogyasztói igényekhez.

5.3 Növeljük a profitot - a termelés leállítása várható negatív bevétel esetén

A negatív áras órák azt jelentik, hogy a termelőknek fizetniük kell azért, hogy valaki megvegye tőlük az áramot. Ez jellemzően akkor fordul elő, ha a megújuló energiaforrások (pl. szél-, naperőművek) termelése meghaladja a keresletet, és nincs megfelelő kereslet a piacon.

Ezen órák gyakorisága várhatóan növekedni fog a megújuló energiaforrások térnyerésével. Nemzetgazdasági szinten ez nem feltétlenül jelent problémát, sőt, hosszú távon előnyös lehet, hiszen ösztönzi a rugalmas fogyasztást és az energiatárolási megoldások fejlesztését. A projekt szempontjából viszont jelen pillanatban igenis problémát jelent, mivel annak ellenére, hogy villamosenergiát termelünk, még mi fizetünk azért, hogy ezt a hálózatba tápláljuk.

Esetünkben az is problémát jelent, hogyha a villamosenergia ára nem éri el az 5€/MWh-t, ugyanis a nyertes kereskedő ajánlata ezt a minimális spread értékes alkalmazza. Ahhoz, hogy profitálni is tudjunk, a tőzsdei árak ezen érték felett kell lennie.

Vizsgáljuk hát meg, hogy a megelőző egy évben, azaz az elmúlt 8784 órában (2024 szökőév) hány olyan órában termelnénk villamosenergiát úgy, hogy – a minimális spread értéket is figyelembe véve – nekünk kellene fizetni az értékesített villamos energiáért.

Ez az érték 433 óra lenne, mely több mint 18 egész napnak felelne meg.

Nézzünk egy jellemzően negatív áras napot, mely a nyári hőhullám egyik hétvégéjét jellemzi, 2024 július 14-et:

2024.07.14	Termelés az órában (kWh)	Villamosenergia tőzsdei ára (€/MWh)	"S" értéke képlet alapján	"S" értéke az elszámolóshoz	Villamosenergia átvételi ára (EUR/MWh)	Árbevétel folyamatos termelés esetén (EUR/MWh)
H1	0	137,29	11,33	11,33	125,96	-
H2	0	130,05	10,73	10,73	119,32	-
H3	0	102,76	8,48	8,48	94,28	-
H4	0	97,85	8,07	8,07	89,78	-
H5	0	76,11	6,28	6,28	69,83	-
H6	1,004045	73,63	6,07	6,07	67,56	0,07
H7	25,24865	61,80	5,10	5,10	56,70	1,43
H8	53,92933	14,28	1,18	5,00	9,28	0,50
H9	85,26546	0,29	0,02	5,00	- 4,71	- 0,40
H10	122,2309	-0,88	- 0,07	5,00	- 5,88	- 0,72
H11	152,4788	-21,04	- 1,74	5,00	- 26,04	- 3,97
H12	164,6289	-14,57	- 1,20	5,00	- 19,57	- 3,22
H13	183,63	-48,42	- 3,99	5,00	- 53,42	- 9,81
H14	185,5515	-72,85	- 6,01	5,00	- 77,85	- 14,45
H15	177,8944	-9,34	- 0,77	5,00	- 14,34	- 2,55
H16	158,4423	14,68	1,21	5,00	9,68	1,53
H17	121,4125	71,51	5,90	5,90	65,61	7,97
H18	82,4508	86,06	7,10	7,10	78,96	6,51
H19	46,61036	179,24	14,79	14,79	164,45	7,67
H20	19,79294	391,49	32,30	32,30	359,19	7,11
H21	0,174443	416,27	34,34	34,34	381,93	0,07
H22	0	434,92	35,88	35,88	399,04	-
H23	0	203,93	16,82	16,82	187,11	-
H24	0	154,00	12,71	12,71	141,30	-
Összes veszteség:						- 35,12 €

14. táblázat: Villamosenergia árbevétel – 2024 július 14-én (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

A 14-es táblázatban az ismert adatok alapján a napelemes rendszerrel 2024. július 14-én több órában is negatív árbevételt realizálunk. Ez azt jelenti, hogy a megtermelt villamos energiáért összesen 35,12 eurót kellett fizetnünk.

A 15. táblázatban láthatjuk, hogy mi történne, akkor, ha az év 8784 órájából azon 433 órában leállítanánk a termelést, amikor negatív bevételre tennénk szert.

Kalkulálható éves összbevétel nettó	32 404	EUR
Kalkulálható éves negatív bevétel nettó	1 609	EUR*
Kalkulálható éves új árbevétel nettó	34 013	EUR

*órás termelési adatok és órás tőzsdei árakból kalkulálva

15. táblázat: Villamosenergia árbevétel – egy teljes naptári évben (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

Ez 4,97 százalékos profitnövekedést jelent évente.

A megvalósítás módja:

Az intelligens invertereknek köszönhetően a napelemes rendszerek termelését precízen lehet ütemezni. Ezek a készülékek lehetővé teszik a felhasználó számára, hogy meghatározza, mely időszakokban termeljen a rendszer. A programozható üzemmódok mellett számos inverter rendelkezik távoli eléréssel, így akár okostelefonról is módosíthatóak a beállítások. Az automatizált üzemmódok pedig lehetővé teszik, hogy a rendszer a hálózati viszonyok függvényében optimalizálja a termelését.

A projekt keretében alkalmazott Huawei SUN2000-60KTL-M0 inverter rendelkezik olyan funkciókkal, amelyek lehetővé teszik a termelés időbeli korlátozását.

Ez azt jelenti, hogy beállíthatjuk az invertert úgy, hogy bizonyos időszakokban ne termeljen áramot. Az ütemezett leállás funkcióval beállíthatjuk, hogy az inverter bizonyos időpontokban vagy időszakokban automatikusan leálljon.

Ebből az is következik, hogy ez nem igényel beruházást, gyakorlatilag szakértői beállítással, programozással éves szinten átlagosan további ~1600 EUR profitra tehetünk szert.

5.4 Akkupakk telepítése

Ahogy már korábban említettem, dolgozatom célja az, hogy a projekt megvalósulását és üzembe helyezését követően, hosszútávon gondolkozva a maximális profitot érjem el a bevétel-kiadás figyelembevételével.

Mint az a korábban bemutatott napi villamosenergia órás tőzsdei ár, valamint az adott óra termelési adatainak elemzésből látható, hogy megfigyelhető az az egész éves trend, hogy a napközepi termelési órákban a villamosenergia tőzsdei ára általában visszaesik, míg az esti órákban ennél – sok esetben – jóval magasabb, így célszerű lehet ezekben az órákban egy akkupakkba tölteni a megtermelt villamosenergiát, majd az esti, már-már napsütéses órákban ezeket a hálózatba visszatáplálni. Ebben az esetben nem céлом az, hogy a negatív bevétellel foglalkozzak, ilyen esetben az is elegendő, hogy eltérés van a villamos energia tőzsdei ára között a nappali és az esti órákban, természetesen az utóbbi javára.

Akkumulátorba táplálás időszakának kiválasztása:

Célszerű lehet napi csúcstermelési időszakban, azaz 12 és 15 óra között akkumulátor pakkba tölteni a megtermelt villamosenergiát. Mivel 480kW csúcsteljesítményű rendszerről beszélünk így elméletileg 1440kWh össz tárolási kapacításra lenne szükségünk, azonban költség-haszon szempontjából elemezve a helyzetet elegendő lehet ~1 MWh környéki akkumulátor kapacitás is. Annak a valószínűsége, hogy három órán keresztül csúcskapacitáson termeljen az erőmű, gyakorlatilag nulla.

Egy másik ügyfelünk visszawattos rendszert telepített a csarnoképületének energiaigényének fedezésére, ahol a 16. sz. táblázat szerinti releváns műszaki teljesítményű akkupakk telepítésére kapott ajánlatot:

Tecloman THESS-150-315 akkupakk költségei		
Maximális kapacitás	315	kWh
Maximális töltési teljesítmény	165	kW
Maximális kisülési teljesítmény	165	kW
Nettó ár telepítéssel	31 000 000	Ft

16. táblázat: Tecloman THESS-150-315 akkupakk műszaki paraméterei és költségei

(forrás: saját munka)

Ha figyelembe vesszük az erőművünk 480 kWp csúcsteljesítményét, véleményem szerint három ilyen termék beszerzése volna célszerű, melynek költségei a 17. sz. táblázatból kiolvasható.

Tecloman THESS-150-315 X 3db – költségei:		
Kapacitás:	945	kWh
Maximális töltési teljesítmény	495	kW
Maximális kisülési teljesítmény	495	kW
Nettó ár telepítéssel	93 000 000	Ft

17. táblázat: 3 db Tecloman THESS-150-315 akkupakk műszaki paraméterei és költségei
(forrás: saját munka)

június 17.	Termelés az órában (kWh)	Hálózatba (kWh)	Villamosenergia tőzsdei ára (EUR/MWh)	Árbevétel (EUR)
H1	-	-	89,63	0,00
H2	-	-	87,93	0,00
H3	-	-	65,78	0,00
H4	-	-	67,00	0,00
H5	-	-	68,08	0,00
H6	18,25	18,25	89,41	1,50
H7	68,90	68,90	114,60	7,24
H8	147,23	147,23	126,03	17,02
H9	231,92	231,92	103,47	22,02
H10	309,58	309,58	82,39	23,40
H11	366,26	366,26	69,74	23,44
H12	403,00	403,00	67,03	24,78
H13	416,88	416,88	53,04	20,03
H14	406,91	406,91	49,09	17,94
H15	384,76	384,76	54,93	19,21
H16	345,16	345,16	68,79	21,78
H17	281,39	281,39	77,82	20,09
H18	203,41	203,41	92,31	17,23
H19	119,57	119,57	154,02	16,90
H20	44,87	44,87	223,51	9,20
H21	3,11	3,11	254,93	0,73
H22	-	-	237,51	0,00
H23	-	-	159,62	0,00
H24	-	-	143,62	0,00
Összesen:	3 751,21	3 751,21		262,51

18. táblázat: Bevétel alapesetben június 17-én, órás bontásban, alapértelmezett betáplálás esetén (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

A szemléltetés kedvéért nézzük meg július 17-ét, mekkora árbevételt tudunk elérni alapesetben. A 18. sz. táblázat alapján megállapítottam, hogy alapesetben, **ezen a napon 262,51 EUR** árbevételt tudunk elérni.

Termelés akkumulátorba 12:00-15:00 között, hálózatba táplálás 20:00-23:00 között					
június 17.	Termelés az órában (kWh)	Akkutöltés (kWh)	Hálózatba (kWh)	Villamosenergia tőzsdei ára (EUR/MWh)	Árbevétel akkumulátorba töltés esetén (EUR)
H1	-		-	89,63	-
H2	-		-	87,93	-
H3	-		-	65,78	-
H4	-		-	67,00	-
H5	-		-	68,08	-
H6	18,25		18,25	89,41	1,50
H7	68,90		68,90	114,60	7,24
H8	147,23		147,23	126,03	17,02
H9	231,92		231,92	103,47	22,02
H10	309,58		309,58	82,39	23,40
H11	366,26		366,26	69,74	23,44
H12	403,00		403,00	67,03	24,78
H13	416,88	416,88	-	53,04	-
H14	406,91	406,91	-	49,09	-
H15	384,76	121,21	263,55	54,93	13,16
H16	345,16		345,16	68,79	21,78
H17	281,39		281,39	77,82	20,09
H18	203,41		203,41	92,31	17,23
H19	119,57		119,57	154,02	16,90
H20	44,87		44,87	223,51	9,20
H21	3,11		480,00	254,93	112,27
H22	-		468,11	237,51	102,01
H23	-		-	159,62	-
H24	-		-	143,62	-
Összesen:	3 751,21	945,00	3 751,21		432,05

19. táblázat: Termelés akkumulátorba 12:00-15:00 között, hálózatba táplálás 20:00-23:00 között, június 17-én, órás bontásban (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

Figyelembe véve, hogy 945 kWh az összes akkumulátorkapacitásunk, melyet elméletben 495 kW-tal tudunk tölteni, nézzünk egy átlagos nyári napot, amikor magas a napsütéses órák száma és jelentős eltérés van a napközbeni és az esti villamosenergia árak között.

A javasolt eljárásom a következő:

- Napközben 12:00 és 15:00 között a megtermelt villamosenergiát az akkumulátorok maximális kapacitásáig, azaz 945 kWh-ig töltjük, azt követően – negatív ár kivételével – a hálózatra tápláljuk.
- Este 20:00 és 23:00 között a pillanatnyi termelést – amennyiben még van – és az akkumulátorban tárolt villamos energiát a maximális 480kW teljesítménnyel a hálózatra tápláljuk.
- Negatív bevételt generáló órában – akkutöltés kivételével - továbbra is leállítjuk a termelést.

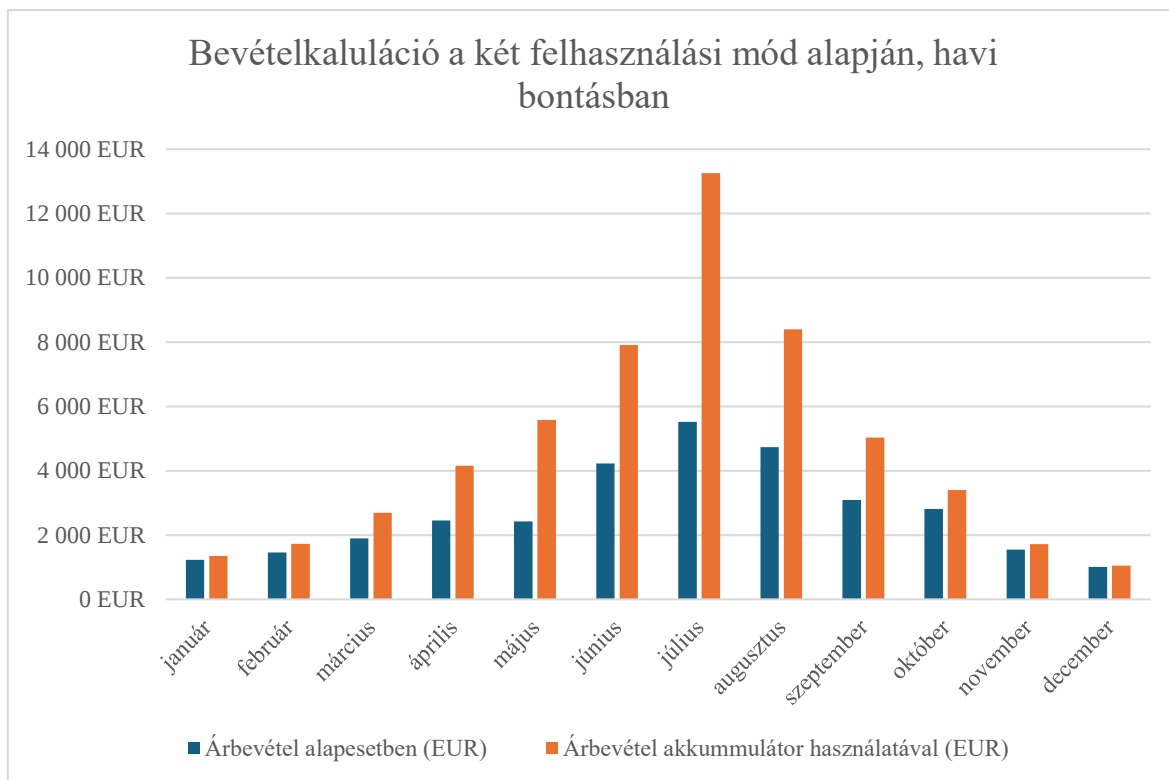
A 19. sz. táblázatból pedig azt tudom megállapítani, hogy az alkalmazott technológiával **további 169,54 EUR bevételtöbblet** érhető el. Ez a **többlethozam 64,58%** ezen a napon.

Vizsgáljunk meg egy egész évet:

A 16. számú ábra a két különböző termelési módot hasonlítja össze egy egész évre vonatkozóan, hónapok szerinti bontásban. A két modell között az akkumulátor használata és a „nem betáplálás negatív árbevétel esetén” a fő különbség.

Megfigyeléseim:

- **Átlagos trend:** Mindkét modell esetében az árbevétel szezonális ingadozásokat mutat. Általában a melegebb hónapokban (június-augusztus) a legmagasabb az árbevétel, míg a hidegebb hónapokban (november-február) a legalacsonyabb.
- **Akkumulátor hatása:** Az akkumulátor használata általában magasabb árbevételt eredményez. Ez azt sugallja, hogy az akkumulátor segítségével hatékonyabban tudják kihasználni a termelt energiát úgy, hogy az energiát tároljuk és később, magasabb áron adják el.



16. ábra: Bevételekalkuláció a két felhasználási mód alapján, havi bontásban (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

Végig futtatva a kalkulációt egy teljes naptári évre hasonló arányszámokat figyelhetünk meg:

Kalkulálható éves összbevétel alapesetben	32 404	EUR
Kalkulálható éves bevétel akkupakk alkalmazásával	56 275	EUR
Kalkulálható többletbevétel nettó	23 871	EUR

20. táblázat: Várható többletbevétel alakulása - Termelés akkumulátorba 12:00-15:00 között, hálózatba táplálás 20:00-23:00 között, egy teljes naptári évben (forrás: saját munka, HUPX.hu tőzsdei árak alapján)

A 20. számú táblázatból kiolvasható, hogy az alkalmazott technológiával 23.871 EUR többletbevétel érhető el, az ehhez kapcsolható **többlethozam pedig 73,76 % az évben.**

5.5. Következtetések és javaslatok

Meglátásom szerint ezeket a következtetéseket vonhatjuk le a számításokból:

A termelés leállítása várható negatív bevétel esetén:

Világosan látható, hogy amennyiben – a már rendelkezésre álló okos invertereket – az előre publikált HUPX órás villamosenergia árak szerint előre konfiguráljuk hetente, akkor gyakorlatilag bármilyen újabb beruházás nélkül többletprofitra tehetünk szert.

A megelőző egy év tőzsdei árai alapján, ez jelen tudásunk szerint évente 1609 euró többletbevételt eredményez, mely 400HUF/EUR árfolyamon számolva nettó 643.600 forintot jelent. Major (2024) szerint a villamosenergia-piacon tapasztalható áringadozások oka a naperőművek kapacitásának növekedése, a fogyasztói igények változása és a szélsőséges időjárási körülmények együttes hatása. A növekvő naperőmű-kapacitás, a változó fogyasztói szokások és az egyre gyakoribb hőhullámok következtében a villamosenergia-piacon szélsőséges árváltozások figyelhetők meg mind negatív, mind pedig pozitív irányban.

Habár a dolog némi emberi erőforrás igénnyel jár, nem kizárt, hogy a jövőben ez is automatizálható lesz.

Ezen tények összességét figyelembe véve a javaslatom az, hogy a termelés megkezdését követően mindenképpen érdemes a termelést leállítani azokban az órákban, mely számunk negatív bevételt, azaz kiadást eredményez.

Akkupakk telepítése esetén:

Az számítási elemzésekből és diagramokból az alábbi következtetéseket tudjuk levonni:

- A vizsgált időszakban gyakorlatilag mindvégig megfigyelhető az a trend, hogy a termelési órákban a villamosenergia tőzsdei ára alacsonyabb a nap többi időszakához képest. Ennek oka a már korábban kifejtett magas kínálat (megújuló energiát termelő erőművek) és az arányaiban kisebb kereslet.
- Az esti időszakok (20:00-23:00) órás ára jelentősen, sok esetben többszöröse is a napközbeni (12:00-15:00) tőzsdei árak.
- Az év egészét figyelembe véve jól látható, hogy igen jelentős: 23.871 EUR, azaz ~ 9.550.000 Ft bevételtöbblet érhető el ezen technológia alkalmazásával.
- Major (2024) állítását is figyelembe véve ez a többlet vélhetően tovább fog növekedni, a napon belüli szélsőséges áringadozásoknak köszönhetően.

- Albert Biber, Mine Felder, Christoph Wieland és Hartmut Spliethoff 2022-es publikációja sem vélekedik erről másként. Tanulmány eredményei is megerősítették, hogy a szél- és naperőművek termelése a negatív és alacsony árak kialakulásának fő hajtóerejei, míg a gázüzemű erőművek a hálózati terhelés mellett a pozitív árak fő tényezői.

A kérdés már csak az, hogy megéri-e?

Számítsuk hát ki - egy egyszerű megtérülésszámítással -, hogy vajon mennyi idő alatt térül meg a beruházásunk:

Kalkulálható éves többletbevétel	32 404	EUR
Kalkulálható éves többletbevétel	9 548 400	Ft * 400HUF/EUR
Beruházás összköltsége	93 000 000	Ft
Beruházás várható megtérülése	9,74	év

21. táblázat: A beruházás megtérülési idejének számítása (forrás: saját munka)

A megtérülési idő számítása (21. sz. táblázat):

- **9,74 év alatt** a projekt által termelt bevétel fedezi a kezdeti beruházás költségét.
- **A 9,74 év elteltével** minden további évben a projekt nettó profitot termel.

Ezen tényeket figyelembe véve a megtérülési idő gyengének mondható. A gazdasági szereplők sokkal jobban szeretik azokat a beruházásokat, melyek néhány éven belül megtérülnek. Öt éven túli tervezés pedig manapság már túlmutat a hosszútávú tervezési skálán.

Azon szempontokat figyelembe véve viszont, hogy a napelempark tervezett élettartama akár 20-25 év, úgy mindenképpen érdemes elgondolkodni a beruházás megvalósításán, még annak függvényében is, hogy az akkumulátor élettartama véges, idővel a maximális tárolókapacitás csökken. Ezt ellensúlyozza a jövőbeni várható még nagyobb eltérés a nappali és az esti órák tőzsdei ára között, illetve annak a valószínűsége is roppant csekély, hogy csökkennének az egységárak a piacon, ennek inkább ellenkezője várható. Az akkumulátor technológia fejlődése, valamint az akkumulátorok piaci árának jövőbeni várható csökkenése viszont néhány éven belül kimondottan vonzóvá teheti ezt a típusú beruházást.

Christoph Goebel és munkatársai cikke (2017) – habár lakossági akkumulátor felhasználásról nyilatkozott - megerősíti a más tanulmányok által kiemelt akkumulátoros

tárolás potenciálját, ugyanakkor rámutatnak arra is, hogy a jövedelmezőség elérése érdekében további akkumulátorköltség-csökkentésre van szükség minden körülmények között.

Összefoglalás

Munkám célja a napelemes rendszerek működésének és gazdasági vonatkozásainak mélyreható vizsgálata volt. Küldetésem az volt, hogy részletesen bemutassam a napelemes technológia alapelveit, majd egy konkrét, nyugat-magyarországi napelemparkon keresztül szemléltessem a beruházás műszaki és gazdasági összetevőit. Témamunkám további célja javaslatok megfogalmazása volt a napelemes rendszerek hatékonyságának növelésére és a profit maximalizálására, mindezt úgy, hogy figyelembe vettem a hazai napelempiac sajátosságait és a villamosenergia-hálózat működését.

A szakirodalmi áttekintésem átfogó képet nyújt a napenergia hasznosításának különböző módjairól és a napelemes rendszerek működéséről. Kifejtettem a fotovoltaikus hatás elvét, amely a napelemek működésének alapja. Összehasonlítottam a különböző típusú napelempanellek jellemzőit, előnyeit és hátrányait. A napelemparkok tervezésével kapcsolatban a dolgozatomban ismertetem azokat a lépéseket, amelyeket egy sikeres projekt megvalósításához követni kell. Kitértem a szükséges engedélyekre és a különböző technológiák kiválasztásának szempontjaira. Külön fejezetet szenteltem Magyarországon napelem potenciáljának, bemutattam a hazai napelempiac helyzetét és a támogatási rendszereket. Végül áttekintést adtam a magyar villamosenergia-átviteli rendszer, illetve a villamosenergia-tőzsde működéséről, mely a villamosenergia-értékesítés szempontjából nélkülözhetetlen.

A tanulmány lényegi része egy napelem park projekt gazdasági életképességét vizsgálja. Részletesen elemzi a beruházás költségeit, az üzemeltetéssel járó kiadásokat, valamint a megtermelt energia értékesítésének lehetőségeit. Vizsgálatom kitért arra, hogy a megtermelt villamos energiát pályázat útján hogyan lehet értékesíteni, a legkedvezőbb ajánlati árat választva. Az értékesítés során a tőzsdei árak és a kereskedői árrés játszott kulcsszerepet.

Tanulmányom rámutat arra, hogy a villamosenergia ára erősen ingadozik, és számos tényezőtől függ, például a kereslettől, a kínálattól és az időjárástól. A napelemes termelés növekedésével az árak általában csökkennek, sőt, előfordulhatnak negatív árak is.

Az intelligens invertereknek köszönhetően a termelés ütemezhető, így elkerülhető a negatív árak miatti veszteség. Egy másik beruházás lehetőségét vizsgálva pedig kifejtettem az akkumulátoros tárolás lehetőségét, mellyel a nappal termelt energiát az esti csúcsidőszakban értékesíthetjük, így további jelentős többletbevételt tudunk elérni.

6. Irodalomjegyzék

- A villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény 3. § 24.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv>
- A1 Solar - Minden, amit a napelem akkumulátorokról tudnod kell –
<https://a1solar.hu/minden-amit-a-napelem-akkumulatorokrol-tudnod-kell/>
- Albert B., Mine F., Christoph W. és Hartmut S., The Electricity Journal Volume 35, Issue 8, 2022 október, Negative price spiral caused by renewables? Electricity price prediction on the German market for 2030, DOI: 10.1016/j.tej.2022.107188
- American Solar Energy Society (megtekintve: 2024) Thin-Film Solar Panels
<https://ases.org/thin-film-solar-panels/>
- Andinet A., Bolando, S. Soma S., Vsireddy R. Ram P., Renewable Energy Focus, Volume 43, 2022 December, Design and modeling of 500 kW solar farms for Arbaminch city, oldalsz: 172-182 DOI: 10.1016/j.ref.2022.09.007
- Baranyai G. Enyedi Gy. Regionális Tudományok Doktori Iskola, Gazdaság-és Társadalomtudományi Kar, Szent István Egyetem - A napenergia hatásai a hazai térben (2019) oldalszám: 1-8. <https://journal.unim-mate.hu/index.php/stm/article/view/3306/3681>
- Bozsik N. és Magda R. (2020) A megújuló energiák szerepe az Európai Unió új tagállamaiban. Logisztika Trendek és legjobb gyakorlatok kiadvány, 6 (1). pp. 70-76. ISSN 2416-0555 DOI: 10.21405/logtrend.2020.6.1.70
- Dobi I., Légekör 66. évfolyam 3. szám. (2021) - Napfénytartam és globálsugárzás sokévi átlag térképek Magyarországra
- Edward A. F., The University of Arizona - College of Agriculture and Life Sciences - Solar Photovoltaic (PV) System Components - 2018 május - 1-8 oldal.
<https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1742-2018.pdf>
- Európai Tanács - A villamosenergia-piac reformja (megtekintve 2024)
<https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/electricity-market-reform/>
- E. Belenguer, J. Segarra-Tamarit, E. Pérez és R. Vidal-Albalade – Mathematics and Computers in Simulation, Volume 229, 2024 március, oldalszám: 350-361 - Short-term electricity price forecasting through demand and renewable generation prediction - DOI: 10.1016/j.matcom.2024.10.004

- E.ON 2024 - Ki a kereskedő és ki az elosztó? megtekintve: 2024
<https://www.eon.hu/hu/blog/az-uzlet-energiaja/ki-a-kereskedo-ki-az-elosztó.html>
- Figen B. és Lütü Ş., Energy Procedia Volume 100, 2016 November, oldalszám: 50-53 „The selection of the best solar panel for the photovoltaic system design by using AHP” DOI: 10.1016/j.egypro.2016.10.151
- Gáspár B., Vér K., Závecz Á. (2011), Hitelintézeti szemle, 70-88 oldal.
https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1224/1/HSzemle_2011_01_gaspar_ver_zavec_70_88.pdf
- Girish, G. P., Vijayalakshmi: Determinants of Electricity Price in Competitive Power Market. International Journal of Business and Management. 2013. 8. évf. 21. sz., oldalszám: 70-75. DOI: 10.5539/ijbm.v8n21p70
- Goebel, C., Cheng, Vicky J., Hans-Arno: Profitability of Residential Battery Energy Storage Combined with Solar Photovoltaics Energies. 2017., 10. évf. 7. sz. p. 976.
<https://www.mdpi.com/1996-1073/10/7/976>
- Govinda R. Timilsina, Lado K., Patrick A. Narbel, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 1, 2012 január, oldalszám: 449-465 DOI: 10.1016/j.rser.2011.08.009
- Huawei SUN2000-(5K-12K)-MAP0 series user manual
<https://support.huawei.com/enterprise/en/doc/EDOC1100366802>
- Hupx - A magyar energiatőzsdei HUPX_DAM piac órás elszámolási árai, (megtekintve: 2024) <https://hupx.hu/hu/piaci-adatok/dam/historikus-adatok>
- Husi G., Bartha I és Tóth J. - Napelemek gyártástechnológiája a Yingli Green Energy Társaságnál (2009) <https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/16bd6888-90e5-4492-a93b-e3a5ee5e18d9/content>
- José C., Csaba Cs., Béla M. Energy Volume 278, Part B, 2023 szeptember, 127971- Electricity scenarios for Hungary: Possible role of wind and solar resources in the energy transition DOI: 10.1016/j.energy.2023.127971
- Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt, (megtekintve: 2024) <https://web.archive.org/web/20120926200313/http://mavir.hu/web/mavir/142>
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal adatszolgáltatása 2024
https://www.mekh.hu/download/0/0c/71000/4_2_brutto_villamos_energia_termeles_eves_2014_2023e.xlsx

- Major A., MVM Next üzleti hírek VII. Évfolyam • 5. Szám 2024. október – Egyre gyakoribbak a negatív és extrém magas árampiaci árak
<https://mvmenergiakereskedo.hu/attachments/27457>
- Matusz-Kalász D., Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar, PhD értekezés (2023), Szilíciumkristályos napelemek működését befolyásoló tényezők vizsgálata és állapotfelmérésük módszertana
http://193.6.1.94:9080/JaDoX_Portlets/documents/document_44454_section_42870.pdf
- Mohammadnoor I., Mohammadreza A., Yasmin H. Md Thayoob, Mohammadreza F., 2012 november 8, Proceedings National Graduate Conference, A Review on Comparison between Traditional Silicon Solar Cells and Thin- Film CdTe Solar Cells 5. oldal https://www.researchgate.net/profile/Mohammadreza-Aghaei/publication/253327599_A_Review_on_Comparison_between_Traditional_Silicon_Solar_Cells_and_Thin-Film_CdTe_Solar_Cells/links/0046351f7fa81e7b54000000/A-Review-on-Comparison-between-Traditional-Silicon-Solar-Cells-and-Thin-Film-CdTe-Solar-Cells.pdf
- MVM villamosenergia gyakori kérdések portál (megtekintve: 2024)
<https://mvmenergiakereskedo.hu/oldal/321>
- MVM Next Üzleti hírek V. Évfolyam • 7. szám 2022. augusztus - Új csúcsot állítottak fel a magyarországi naperőművek
<https://mvmenergiakereskedo.hu/attachments/4494>
- Olajos I. és Szilágyi Sz., Miskolci Egyetem (2013) - A megújuló energiaforrások európai uniós jogi szabályozása, különös tekintettel a megújuló energiaforrásokra vonatkozó irányelvekre – 441-450. oldal - <https://real.mtak.hu/91669/1/megujulo-publ-SzSz-OI.pdf>
- Photovoltaic Geographical Information System (megtekintve: 2024)
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- PVCase.com, Solar plant design guide: the basics (megtekintve: 2024)
<https://pvcase.com/blog/solar-plant-design-guide-the-basics/>
- Rajczy I. Bevezetés a villamosenergia-piac működésébe (2022)
https://www.parlament.hu/documents/10181/63291245/Infojegyzet_2022_28_villa

mosenergia-piac+mukodese.pdf/9f2978d1-cb97-7df2-de98-071a9e36a383?t=1668695963700

- Raveendhra D., M.K. Pathak, Recent trends in solar PV inverter topologies , Solar Energy Volume 183, 2019 május 1., Oldalszám: 57-73 DOI: 10.1016/j.solener.2019.02.065
- Sarayu V., M. VanithaSri és A. RamaKoteswaraRao, Optik Volume 248, 2021 december, 168055 „Performance analysis of mono crystalline, poly crystalline and thin film material based 6×6 T-C-T PV array under different partial shading situations DOI: 10.1016/j.ijleo.2021.168055
- Solar Capture Technologies (megtekintve: 2024) Why are Monocrystalline solar panels the best? <https://www.solarcapturetechnologies.com/what-are-monocrystalline-solar-panels/>
- Synergy.net (megtekintve: 2024) The role of the solar inverter in your solar PV system <https://www.synergy.net.au/Blog/2023/07/What-is-a-solar-inverter>
- Tritec-Energy (megtekintve: 2024) Fotovoltaikus hatás <https://www.tritec-energy.com/hu/glossar/photovoltaischer-effekt/>
- Yinghao C., Global Energy Network Institute (GENI) , 2011 augusztus, Review and Comparison of Different Solar Energy Technologies <https://www.geni.org/globalenergy/research/review-and-comparison-of-solar-technologies/Review-and-Comparison-of-Different-Solar-Technologies.pdf>

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Sifter Gergely András

A Hallgató Neptun kódja: Z7YJYV

A dolgozat címe: Napelempark, mint energetikai beruházás tervezése, megvalósítása és üzemeltetése

A megjelenés éve: 2024

A konzulens intézetének neve: Műszaki intézet

A konzulens tanszékének a neve: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

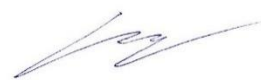
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően

- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év november hó 05. nap



Hallgató aláírása

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Sifter Gergely András (név) (hallgató Neptun azonosítója: Z7YJYV)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2024 év november hó 6 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

8. Mellékeltek

Az alkalmazott inverter műszaki adatlapja

Stringwechselrichter (SUN2000-60KTL-M0)



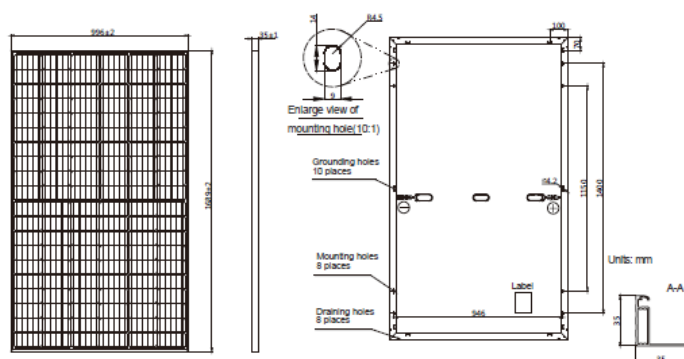
Technische Daten	SUN2000-60KTL-M0
	Wirkungsgrad
Max. Wirkungsgrad	98.9% bei 480 V AC; 98.7% bei 380 V AC / 400 V AC
Europäischer Wirkungsgrad	98.7% bei 480 V AC; 98.5% bei 380 V AC / 400 V AC
	Eingang
Max. nutzbare DC-Leistung	67,400 W
Max. Eingangsspannung	1,100 V
Max. Strom pro MPPT	22 A
Max. Kurzschlussstrom pro MPPT	30 A
Start-Eingangsspannung	200 V
MPPT-Betriebsspannungsbereich	200 V bis 1,000 V
Eingangs-Nennspannung	600V bei 380V AC / 400V AC; 720V bei 480V AC
Max. Anzahl Eingänge	12
Anzahl MPP-Tracker	6
	Ausgang
AC-Nennwirkleistung	60,000 W
Max. AC-Scheinleistung	66,000 VA
Max. AC-Wirkleistung ($\cos\phi=1$)	66,000 W
Ausgangs-Nennspannung	220V / 380V, 230V / 400V, default 3W+N+PE; 3W+PE optional in settings 277V / 480V, 3W+PE
AC-Nenn-Netzfrequenz	50 Hz / 60 Hz
Ausgangs-Nennstrom	91.2 A bei 380V AC, 86.7 A bei 400V AC, 72.2 A bei 480V AC
Max. Ausgangsstrom	100 A bei 380V AC, 95.3 A bei 400V AC, 79.4 A bei 480V AC
Blindleistungsbereich	0,8 induktiv... 0,8 kapazitiv
Klirrfaktor	THD < 3%
	Schutz
DC-seitige Trennvorrichtung	Ja
Schutz vor Inselbildung	Ja
AC-Überstromschutz	Ja
DC-Verpolungsschutz	Ja
Überwachung auf Strangfehler am PV-Generator	Ja
DC-Überspannungsableiter	Typ II
AC-Überspannungsableiter	Typ II
Isolationsüberwachung	Ja
DC- und AC-Fehlerstromüberwachung	Ja
DC-seitige Trennvorrichtung	Ja

Az alkalmazott inverter műszaki adatlapja (forrás:

[https://solar.huawei.com/en/download?p=%2F-](https://solar.huawei.com/en/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Fmea%2Fdatasheet%2FSUN2000-60KTL-M0.pdf)

[%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Fmea%2Fdatasheet%2FSUN2000-60KTL-M0.pdf](https://solar.huawei.com/en/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Fmea%2Fdatasheet%2FSUN2000-60KTL-M0.pdf))

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	18.7kg±3%
Dimensions	1689±2mm×996±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1000mm(+)/1000mm(-)
Packaging Configuration	30 Per Pallet

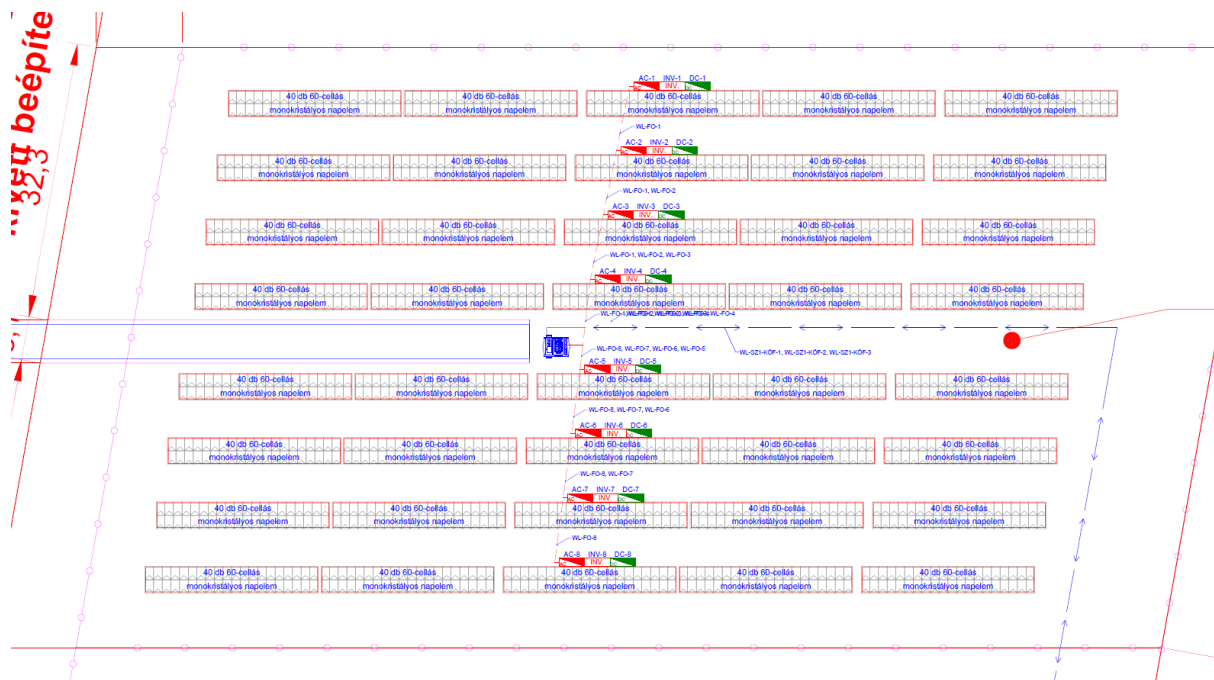
ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S10 -320/PR	JAM60S10 -325/PR	JAM60S10 -330/PR	JAM60S10 -335/PR	JAM60S10 -340/PR
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	320	325	330	335	340
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	40.27	40.56	40.84	41.12	41.36
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	33.62	33.87	34.13	34.36	34.63
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	10.16	10.23	10.30	10.38	10.46
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	9.52	9.60	9.67	9.75	9.82
Module Efficiency [%]	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0.051%/°C				
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc})	-0.289%/°C				
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp})	-0.350%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

Az alkalmazott napelempanel műszaki adatlapja (forrás:

<https://www.jasolar.com/uploadfile/2020/0528/20200528012226444.pdf>)



Az erőmű kiviteli terve (forrás: tervdokumentáció, kiviteli terv)



Számla sorszáma: 830000880613

Oldalszám: 3/4

SZÁMLARÉSZLETEZŐ

Számlázott termék: Business
Mérési pont azonosító: HU00011
Szerződött teljesítmény (kW/hó): 5

Elosztói engedélyes: E.ON Észak-dunántúli Ár. Zrt.
Szerződésszám:

Mérő gyártási száma	Mért jellemző	Elszámolási időszak	Induló mérőállás	Záró mérőállás	LM	Fogyasztás (kWh/kWh/ kVArh)	Szorzó	Mennyiség (kWh/kWh/ kVArh)
690262390- 101465/00	Hatásos fogyasztás	2024.06.01-2024.06.30	99	256	Leol		1	
	Elszámolt hatásos fogyasztás (idősről):					157 kWh		157 kWh
690262390- 101465/00	Induktív meddő fogyasztás	2024.06.01-2024.06.30	0	0			1	
690262390- 101465/00	Kapacitív meddő fogyasztás	2024.06.01-2024.06.30	20	557			1	

Tétel megnevezése	Fogyasztási időszak	Mennyiség	Mérték- egység	Nettó egységár és mértékegysége	Nettó érték (Ft)	ÁFA (%)	Bruttó érték (Ft)
Villamos energia kereskedelmi díj	2024.06.01-2024.06.30	157	kWh	50,0000 Ft/kWh	7.850	27	9.970
Energiadíj összesen					7.850		9.970
Részszámlákban elszámolt energiadíj					0		0
Fizetendő energiadíj					7.850		9.970
Jövedéki adó	2024.06.01-2024.06.30	157	kWh	0,3585 Ft/kWh	56	27	71
Jövedéki adó összesen					56		71
Részszámlákban elszámolt jövedéki adó					0		0
Fizetendő jövedéki adó					56		71
Részszámlákban elszámolt rendszerhasználati díjak					0		0
Kedvezményes árú villamosenergia- ellátás támogatása	2024.06.01-2024.06.30	157	kWh	0,0800 Ft/kWh	13	AHK	13
Kapcsolt termelés szerkezet átalakítás	2024.06.01-2024.06.30	157	kWh	1,4500 Ft/kWh	228	AHK	228
Átvételi kötelezettség alá eső villen. tám.	2024.06.01-2024.06.30	157	kWh	7,3332 Ft/kWh	1.151	AHK	1.151
Pénzeszközök összesen					1.392	AHK	1.392
Fizetendő pénzeszközök					1.392	AHK	1.392
Nettó számlaérték összesen					9.298		

Tájékoztató adatok:

A számla közvetített szolgáltatást tartalmaz

Leolvasás módja (LM): Leol – leolvasás elosztói engedélyes által; Becs – becsült; Dikt – fogyasztó által diktált; Ell – elosztói ellenőrzés

AHK: adó hatályán kívüli

Az energia auditot, energetikai szolgáltatást végző szervezetek elérhetősége és a lakossági ügyfelek átlagfogyasztása a következő internetes honlapon található:
www.eon.hu

Társaságunk nyilatkozik arról, hogy minden energiaforrás részesülhet olyan ösztönzőkből, amelyek nem a részletezett árban feltüntetett illeteken keresztül kerülhetnek finanszírozásra.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal mint egyablakos kapcsolattartó pont tájékoztatást nyújt a felhasználók részére a jogaikra, az alkalmazandó jogszabályokra és a jogvita esetén rendelkezésükre álló vitarendezési mechanizmusokra vonatkozóan:
www.mekh.hu

A bíróságon kívüli vitarendezéssel kapcsolatos jogairól és elérhetőségeiről a következő linken tájékozódhat:
<https://www.eon.hu/hu/egyeb/birosagon-kivuli-vitarendezes.html>

A kereskedőváltás feltételeiről a következő linken tájékozódhat:
<https://www.eon.hu/hu/egyeb/kereskedovaltas.html>

Amennyiben Ön nem lakossági felhasználó és évente 100.000 kWh-nál kevesebbet fogyaszt, a kereskedők versenypiaci ajánlatairól az alábbi elérhetőségen

A telephely villamosenergia havi részszámlája (forrás: telephely - E.ON havi részszámla)