



A KELET-NYUGATI RENDSZEREK ELŐNYEI A KISIPARI ÉS IPARI ÁGAZATBAN

Nagyobb hozam és költségmegtakarítás egyetlen MPP követővel

© Fronius International GmbH
Version V1.0 11/2021
Peter Schmidhuber, Jasmin Gross
Solar Energy

A Fronius fenntart minden jogot, különös tekintettel a sokszorosítás, a terjesztés és a fordítás jogát. Ennek a dokumentumnak egyetlen része sem sokszorosítható semmilyen formában, illetve nem tárolható, nem dolgozható fel, nem másolható vagy nem terjeszthető elektronikus rendszerekkel a Fronius írásbeli hozzájárulása nélkül. Emlékeztetjük, hogy a dokumentumban közzétett információk – bár annak elkészítése során a lehető legnagyobb gondossággal jártunk el – változhatnak, és ezért sem a szerző, sem a Fronius nem vállalhat jogi felelősséget. A nemspecifikus megfogalmazás egyaránt vonatkozik a férfi és a női formára.

INHALTSVERZEICHNIS

1	BEVEZETÉS.....	4
2	TÁJOLÁSI TÍPUSOK	5
3	KELET-NYUGATI RENDSZERFELÉPÍTÉS	6
4	AZ INVERTER KIVÁLASZTÁSA	7
5	TÁJOLÁSTÓL FÜGGŐ ENERGIAHOZAM	9
5.1	A napelemes rendszer hozamát befolyásoló tényezők	10
6	KELET-NYUGATI TÁJOLÁS 1 MPP KÖVETŐVEL.....	14
6.1	Alacsonyabb költségek egyetlen MPP követővel	15
6.2	A hatásfokra gyakorolt pozitív hatás	15
7	SZÁMÍTÁSI PÉLDA	17
7.1	A. példa: túlméretezés nélkül.....	17
7.2	B. példa: 120%-os túlméretezés.....	20
7.3	C. példa: 140%-os túlméretezés.....	22
8	A SZIMULÁCIÓK EREDMÉNYEI	24
9	VÉGKÖVETKEZTETÉS	25
10	FÜGGELÉK	26
11	ÁBRAJEGYZÉK.....	35
12	TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	35

1 BEVEZETÉS

A kisipari és ipari napelemes rendszerek tervezése során elengedhetetlen a helyi viszonyokhoz való alkalmazkodás annak érdekében, hogy alacsony költség mellett maximális hozamot érjünk el. Mindenekelőtt a klasszikus rendszerkialakítással együtt a rendszer tájolási irányát is el kell dönteni.

Ebben a dokumentumban elmagyarázzuk a kisipari és ipari napelemes rendszerek különböző rendszertájolásait, majd összehasonlítjuk egymással azokat – a várható hozam és az egyes rendszerek előnyei alapján. A kisipari és ipari ágazaton belüli rendszerek kelet-nyugati tájolását részletesen is tárgyaljuk: konkrétan a kelet-nyugati rendszerek inverterenként egyetlen MPP követővel történő megvalósításának hatását.

PV*SOL számításokat használunk annak bemutatására, hogy a különböző tájolások – mint például a klasszikus kelet-nyugati tájolás – egyetlen MPP követővel való csatlakoztatása nincs hatással a kisipari és ipari rendszer rendszer teljes energiahozamára, de számos előnnyel jár.

2 TÁJOLÁSI TÍPUSOK

Az erőművi méretű napelemes rendszerek különböző irányokba tájolhatók. A leghasznosabb tájolás a déli, a keleti vagy nyugati. E három tájolás kombinálása is lehetséges és bevett szokás (például délkeleti, kelet-nyugati, délnyugati).

A kelet-nyugati tájolás több teret biztosít a nagyobb teljesítménynek

Az egyik gyakori változat az úgynevezett „kelet-nyugati rendszer”, melynél a napelemes rendszer moduljai részben keletre, részben pedig nyugatra néznek. Ez a szerelési rendszer nagyon hatékony módszer, különösen lapos tetőkön, mivel először is több modul fér el a tetőfelületen, másrészt pedig nem kell attól tartani, hogy maguk a modulok árnyékot vethetnek. Ezzel szemben a déli fekvésű rendszereknél figyelembe kell venni, hogy a modulokat más modulok árnyékolhatják.

Emiatt a déli fekvésű rendszerekben fennálló kölcsönös árnyékolás miatt a kelet-nyugati tájolás alkalmazása majdnem **kétszer annyi modul** elhelyezését teszi lehetővé **a tetőfelületen**, mintha déli tájolóval szerelnénk fel azokat.



2. ábra: Déli tájolású napelemek



1. ábra: Kelet-nyugati napelemtájolás

3 KELET-NYUGATI RENDSZERFELÉPÍTÉS

Az üzleti vállalkozások lapos tetőjén elhelyezett kelet-nyugati rendszerek általában sorról sorra épülnek fel, melyeknek legfeljebb 10 fokos a dőlésszöge. Nem kell attól tartani, hogy a modulok árnyékolják egymást, mivel egymásnak háttal vannak elhelyezve. Lejtős, például nyeregtetőkön a modulokat hagyományosan a „tetővel párhuzamosan”, klasszikus modulszerelő rendszerekbe telepítik, illetve „beépítik a tetőbe”.



3. ábra: Kelet-nyugati rendszer lapostetőn való szerelési elrendezése

A napelemek lapostetőre történő felszerelése általában kevésbé nehéz, mivel a szélnek kitett terület kisebb, ami azt jelenti, hogy kevesebb ballaszt és rögzítés szükséges, mint a lapostetőn elhelyezett, déli fekvésű tartórendszerek esetében. Sok esetben ez is döntő tényező lehet, amikor ezt a tájolást választják. Régebbi tetőkön a déli fekvésű rendszerhez szükséges ballaszt okozta többletterhelés szerkezeti okokból sem mindig lehetséges.

Az inverterek elhelyezésének szempontjából különbséget teszünk a centralizált és a decentralizált rendszerkialakítás között. A helyi körülményektől függően a kisipari és ipari napelemes rendszer inverterei elhelyezhetők mind a modulok, mind az elosztódoboz közelében.

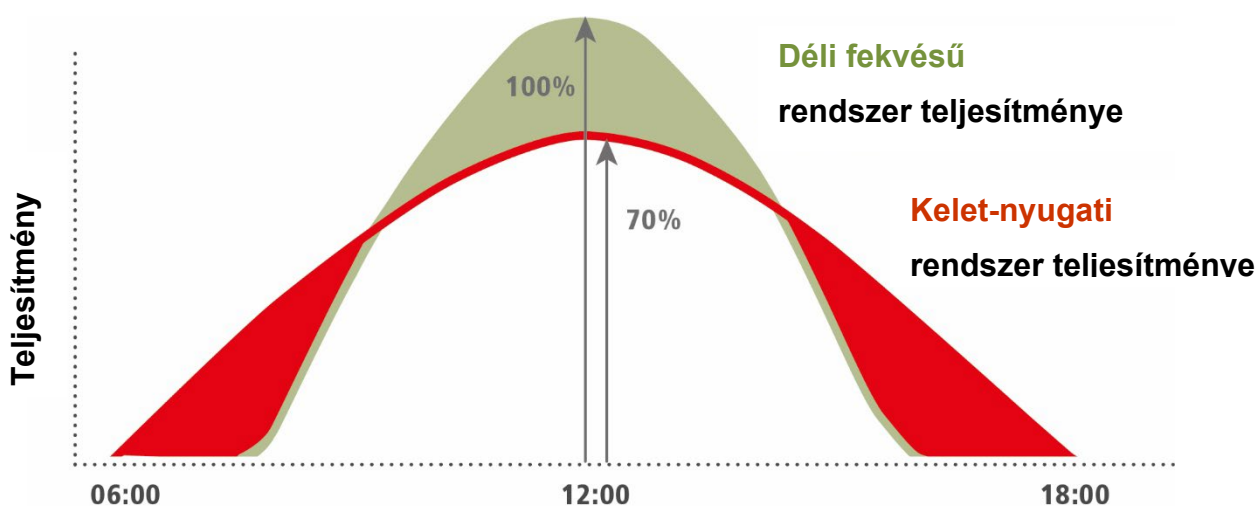
4 AZ INVERTER KIVÁLASZTÁSA

Miután megszületett a döntés a napelemes rendszer tájolásáról, elviekben meghatározzák a projekthez szükséges fő alkatrészeket. A napelemes rendszer lényeges eleme(i) az inverter(ek). Az inverter típusának meghatározása után foglalkozni kell az egyes eszközök teljesítményosztályának kérdésével.

Alacsonyabb kezdeti költségek kelet-nyugati rendszer esetén

Az inverter szükséges teljesítményosztálya elsősorban a napelemes rendszer teljes generátor-teljesítményétől függ. Ezen a téren azonban alapvető különbség van a déli és a kelet-nyugati tájolás között. Kelet-nyugati tájolás esetén például ugyanolyan generátor-teljesítmény érhető el alacsonyabb teljesítményosztályú inverter használatával, mint déli tájolás esetén. Ennek eredményeként jelentős költségmegtakarítás érhető el a projekt esetében.

A szükséges teljesítményosztályt illető különbségek az inverter maximális teljesítményéből fakadnak. Az azonos generátor-teljesítmény ellenére ez a maximális teljesítmény a tájolás típusától függően változik. Ez jól látható a napelemes rendszer hozama jelleggörbéjének összehasonlításából a két tájolási típus esetében.



4. ábra: Az inverter kapacitásának kihasználása kelet-nyugati és déli fekvésű rendszerben

A kelet-nyugati tájolású rendszerben a napelemes rendszer napi termelése a kora reggeli órákban, az első fénysugarak megjelenésekor elkezdődik, majd gyorsan növekszik, és jellemzően késő reggelre majdnem eléri a maximális termelést, mely szintet kora délutánig tartja. A jelleggörbe késő délután/este ismét leesik, de a termelés csak késő este áll le a nyugati oldalon. Ennek köszönhetően a napelemes rendszer hozamának jelleggörbéje széles, de mégis lapos.

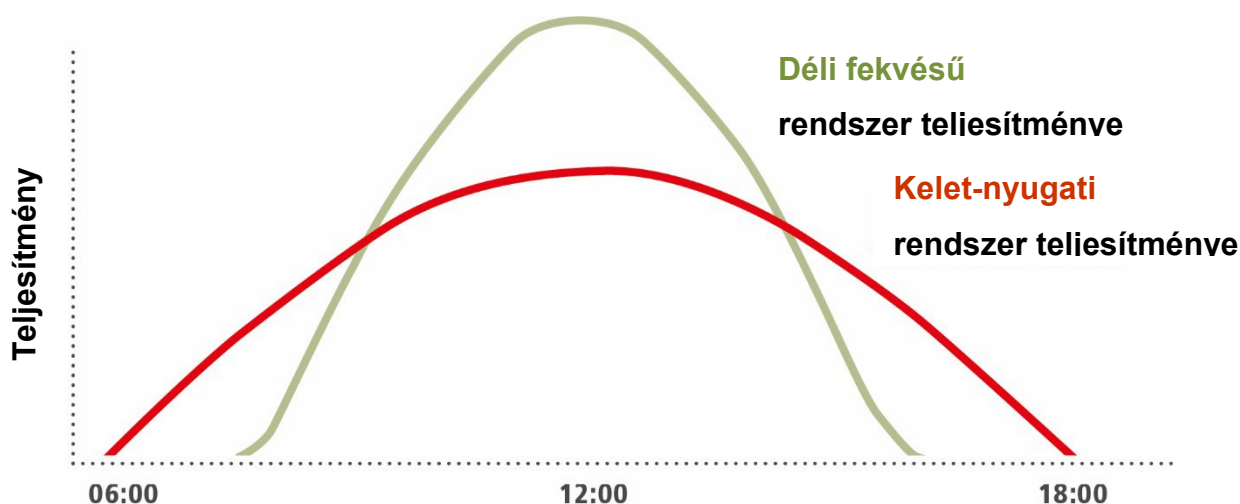
Ezzel szemben a déli tájolású napelemes rendszerben a termelés valamivel később kezdődik meg reggel, majd meredeken emelkedik. A déli fekvésű rendszer általában dél körül éri el rövid időre a legnagyobb hozamot, bár ez délutánra ismét csökken. A déli fekvésű rendszerek esetében jellemzően meredekebb, de keskenyebb a napelemes rendszer hozamának jelleggörbéje.

A déli fekvésű rendszer hozamának jelleggörbéjén az inverter leggyakrabban dél körül van igénybe véve, és az idő túlnyomó részében egészen 100%-os kapacitásig kihasználják. Ezzel szemben a laposabb, kelet-nyugati tájolású rendszerben az inverter kapacitását egyenletesebben használják a nap folyamán, miközben a maximális teljesítmény általában soha nem éri el a 100%-ot. Ezért a kelet-nyugati rendszerekben jelentősen túlméretezettek lehetnek az inverterek.

Az alacsonyabb teljesítményosztályú inverterek választása a kezdeti költségekre is pozitív hatással van, ami azt jelenti, hogy a teljes rendszerköltségre is pozitív a hatása.

5 TÁJOLÁSTÓL FÜGGŐ ENERGIAHOZAM

A napelemek kelet-nyugati tájolása mind lapostetőkön, mind hagyományos, lejtős tetőkön megvalósítható, és számos esetben rendkívül hasznos. A kelet-nyugati rendszerek általában hosszabb ideig termelnek energiát a nap folyamán. Mint már említettük, a déli fekvésű rendszerhez képest a kelet-nyugati rendszerben reggel korábban kezdődik és este később áll le a termelés. Ennek köszönhetően a napelemes rendszer hozamának jelleggörbéje széles, de lapos. Ugyanakkor a déli tájolás magasabb, de keskenyebb hozamjelleggörbét eredményez, mivel ez több energiát termel, mint a kelet-nyugati rendszer, különösen dél körül.



5. ábra: Az energiahozam jelleggörbéjének jellemző alakja a napelemes rendszer tájolásának függvényében

Magasabb saját fogyasztás a kelet-nyugati rendszerekben

A napelemes rendszer hozamának széles (keleti/nyugati) jelleggörbéje általában szilárd alapot kínál a magas saját fogyasztási arányhoz, mivel összességében hosszabb ideig termelődik energia, és ami a legfontosabb, a termelés egyenletesebben oszlik el a nap folyamán, ami általában minimális szinten tartja a napelemes rendszer időszakos többletenergiáját. Ennek eredményeként azok a vállalatok, melyek saját napelemes rendszerük esetében kelet-nyugati rendszertájolásra támaszkodnak, a magasabb saját fogyasztási arány előnyét élvezik. Minél magasabb a saját fogyasztás, annál gyorsabban megtérül a napelemes rendszerbe történő befektetés.

Ha a két tájolási típust a várható hozam alapján hasonlítjuk össze, feltételezve, hogy azonos a generátor-teljesítményük, a déli fekvésű rendszer általában többet termel, mint a kelet-nyugati rendszer.

De: Ha mindkét esetben megnézzük a használt tetőfelület arányát, a kelet-nyugati tájolás mindig jobb hozamot ér el, mint a déli tájolás, mivel a tetőfelület hatékonyabban használható, és több napelem telepíthető. Ugyanakkor a több napelem azt jelenti, hogy maga a PV generátor nagyobb. Minél nagyobb a PV generátor, annál nagyobb napelemes rendszer várható hozama.

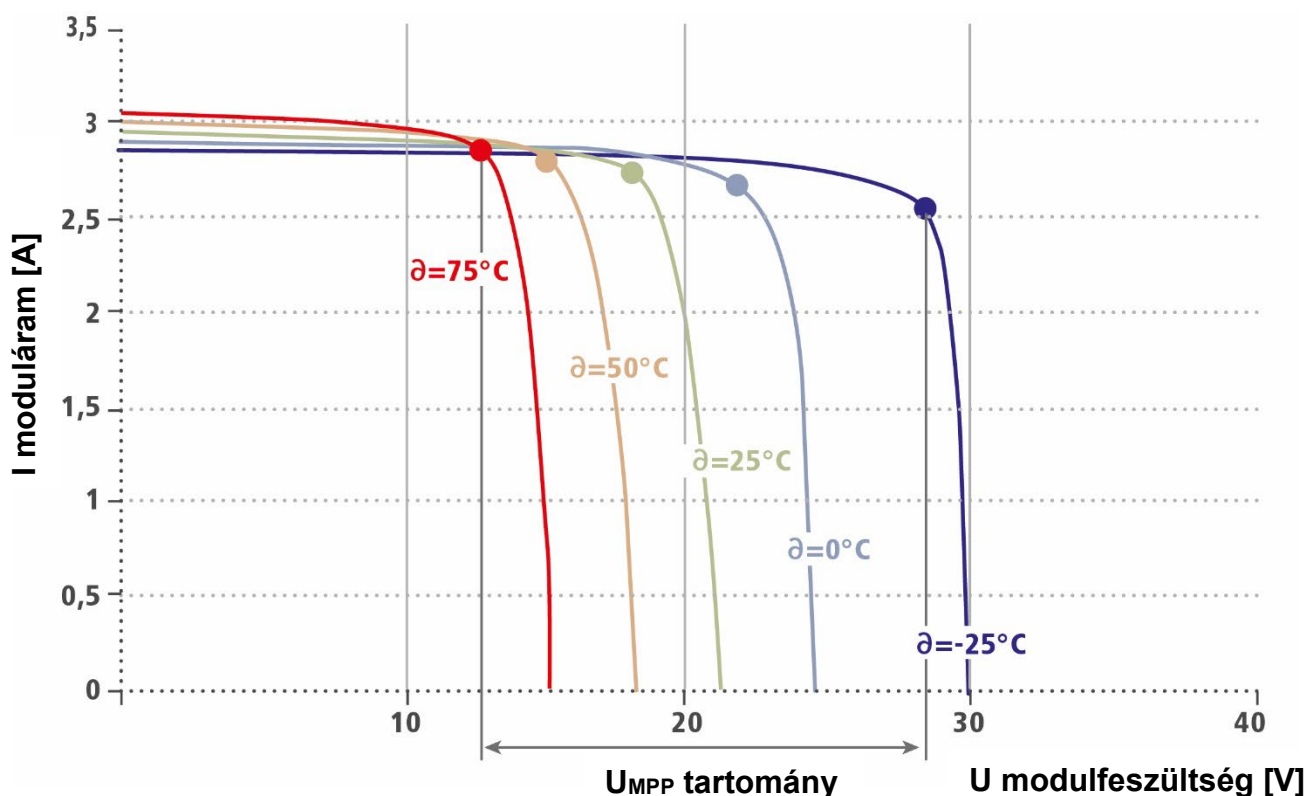
Az egyes inverterek kihasználtsága is általában magasabb a kelet-nyugati rendszerben, mivel a kétirányú tájolás csökkenti a csúcsterhelést. Ez először is az inverter kapacitásának jobb kihasználását, másodsor pedig az inverter jobb hatásfoktartományban történő üzemeltetését jelenti. A legtöbb inverter akkor a leghatékonyabb, ha nem működik teljes kapacitással.

5.1 A napelemes rendszer hozamát befolyásoló tényezők

A napelemes rendszer energiahozama alapvetően a napelemekre ható különböző, külső tényezőktől függ. Ezek közé tartozik a külső hőmérséklet, a napfénybesugárzás, valamint a napelemes MPP tracker használata az inverterekkel.

A hőmérséklet hatása

A környezeti hőmérséklet jelentős hatással van a napelemekre és így a napelemes rendszer hozamára. A magas hőmérséklet negatív hatással van a napelemes rendszer hozamára, mint az az alábbi ábrán nyilvánvaló.



6. ábra: Energiahozam a külső hőmérséklet függvényében

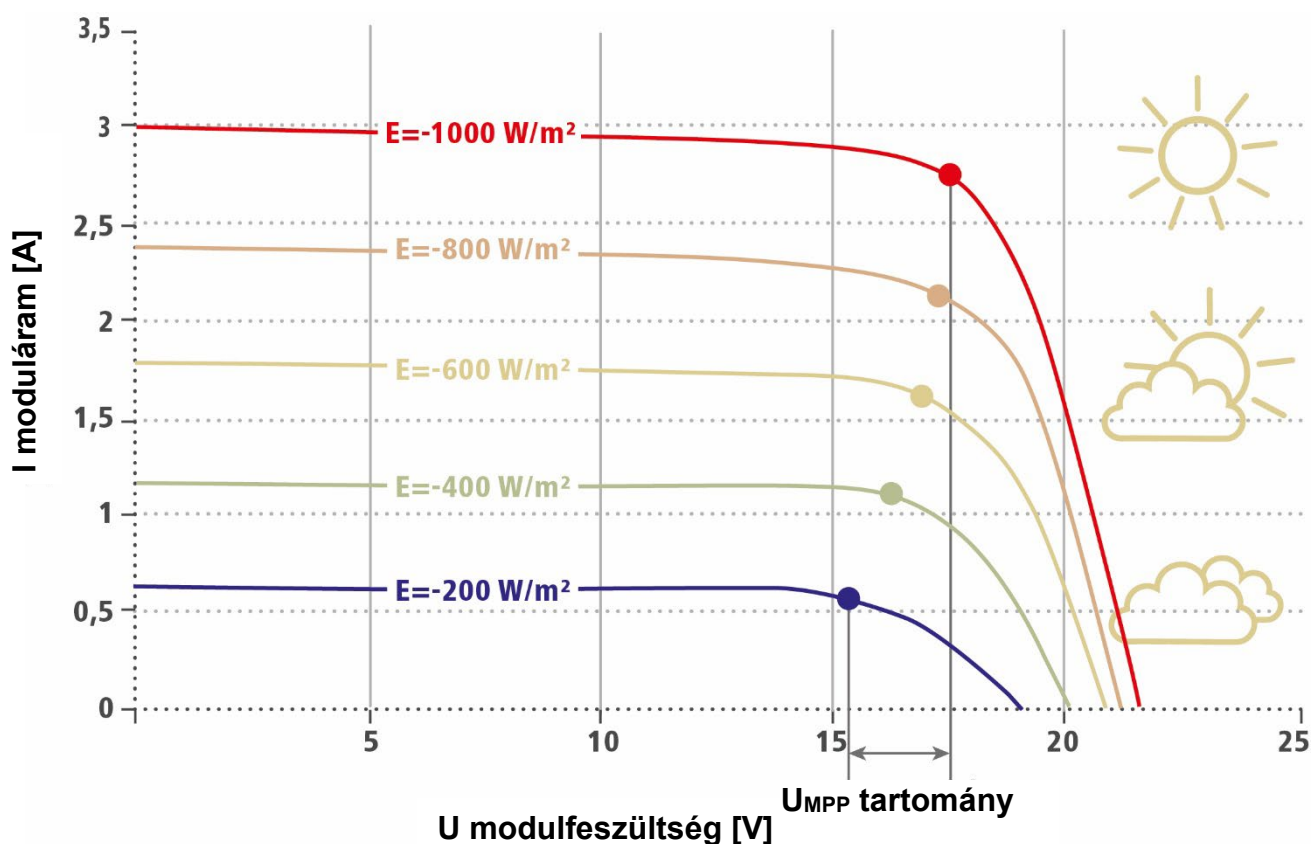
Mint látható, a hőmérséklet elsősorban a feszültséget (V) befolyásolja, nem pedig az áramot (A). Minél magasabb a hőmérséklet, annál alacsonyabb a feszültség. A kelet-nyugati rendszerben ez a hatás közvetetten arányos lenne. Reggel, az első napsugarak hatására megemelkedik a hőmérséklet a keleti

oldalon, ami a modulsor feszültségének csökkenését okozza. A nyugati oldalon viszont még alacsonyabb a hőmérséklet az árnyékban, ami a feszültség emelkedését okozza. Ez a hatás illesztési veszteséghez vezet mindkét oldalon, bár összességében az ellentétes helyzetek miatt ezek semlegesítik egymást.

A napfénybesugárzás hatása

A külső hőmérséklettel együtt a közvetlen napfénybesugárzás van a legnagyobb hatással a napelemekre és így a napelemes rendszer hozamára. A modulsorra eső közvetlen napfénybesugárzás a helytől, a napszaktól és az időjárási viszonyoktól függően eltérő. Minél nagyobb a besugárzott felületi teljesítmény, annál magasabb a napelemes rendszer várható hozama.

Az alábbi ábra a modul jelleggörbéjét mutatja a napfénybesugárzás függvényében.



7. ábra: Energiahozam a napfénybesugárzás intenzitásának függvényében

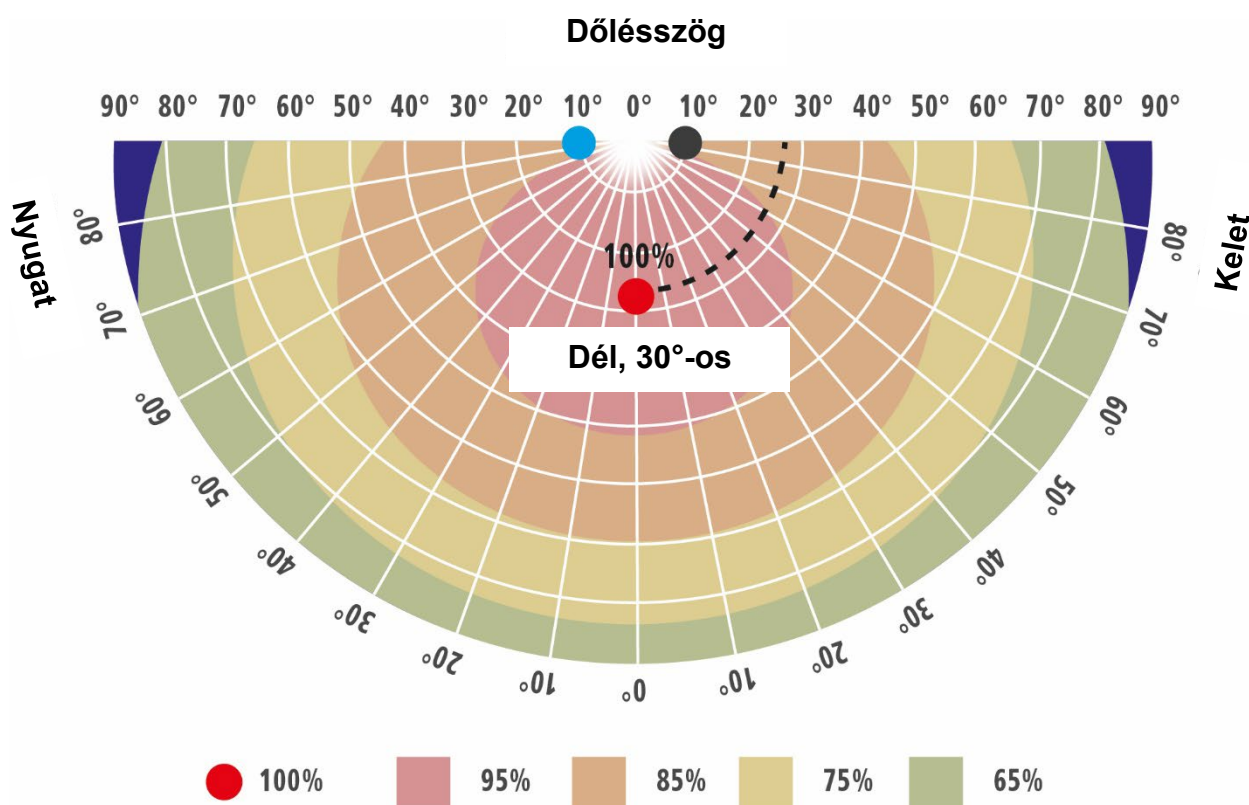
Könnyen belátható, hogy a feszültség szintje magas még akkor is, ha kevés a napfény. Ez csak kis mértékben változik egészen a maximális besugárzott felületi teljesítményig, mivel a besugárzott felületi teljesítmény elsősorban az áramerősségre (A), nem pedig a feszültségre (V) hat – ahogy a hőmérséklet esetében is.

Ez pozitívan hat a kelet-nyugati tájolásra, mivel már reggel napsütés éri a keleti oldalt, ám a feszültség szintje hasonló a nyugati oldaléhoz. Az ebből eredő illesztési veszteségek ezért marginálisak, tehát figyelmen kívül hagyhatók.

A modul dőlésszögének hatása

Tekintettel arra, hogy a napfénybesugárzás jelentős hatással bír a napelemes rendszer teljes energiahozamára, a napelemek megválasztott dőlésszögének lehetővé kell tennie az optimális napfénybesugárzást. Az ideális dőlésszög a tájolástól és a helytől függően eltérő.

Az alábbi ábrán energiahozam-diagram látható. Ezen látható, hogy az 1. példaként választott helyen déli fekvésű, a vízszintes síkkal majdnem 30°-os szöget bezáró dőlésű tájolás lenne az ideális (ld. fekete pontozott vonal). Az is látható, hogy kelet-nyugati tájolású, 10°-os dőlésszögű, lapostetőn elhelyezett rendszerrel még mindig a maximális besugárzott felületi teljesítmény majdnem 95%-a elérhető a napelemeden (ld. sötét narancssárga terület). A kék pont a kelet-nyugati rendszer nyugati részét, a fekete pont pedig a keleti részét jelöli.



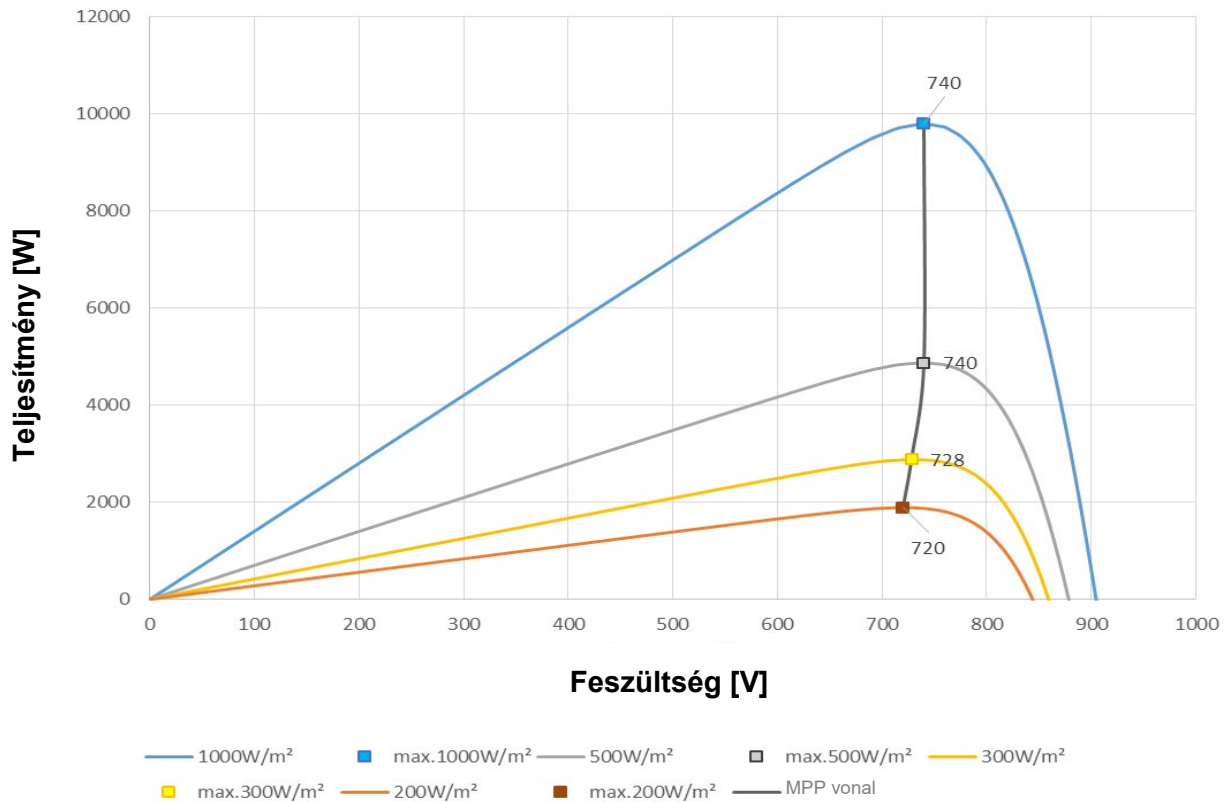
8. ábra: Ausztria energiahozam-diagramja az éves átlaghozam alapján

Ez azt jelenti, hogy elméletileg a déli fekvésű rendszer ideális dőlésszögéhez képest 5%-kal kevesebb a felhasználható energia az egyes modulokból. Annak ismeretében, hogy kelet-nyugati tájolás esetén majdnem **kétszer annyi modul telepíthető a tetőn**, a gyakorlatban ez azt jelenti, hogy bár a PV generátor nagyobb, végső soron nagyobb hozam generálható, mint déli tájolással.

A napelemes MPP követő hatása

Mint már említettük, a hőmérséklet és a besugárzott felületi teljesítmény hatással van a modulsor áram- és feszültség szintjére. Ez ugyanakkor hatással van az úgynevezett napelemes MPP követőre. Az inverterek napelemes MPP követőjének célja annak biztosítása, hogy a PV generátor mindig az optimális munkaponton működjön. Az optimális munkapont az a pont, amelyen maximális a generátor-teljesítmény.

Amint az alábbi ábra mutatja, a besugárzott felületi teljesítmény felső tartományba (500 W/m^2 – 1000 W/m^2) eső változásai általában nagyon minimális, ill. semmilyen hatással nem bírnak az MPP feszültségére nézve. Az MPP csak akkor lép át alacsonyabb feszültségtartományba, ha a besugárzott felületi teljesítmény 300 W/m^2 vagy kisebb.



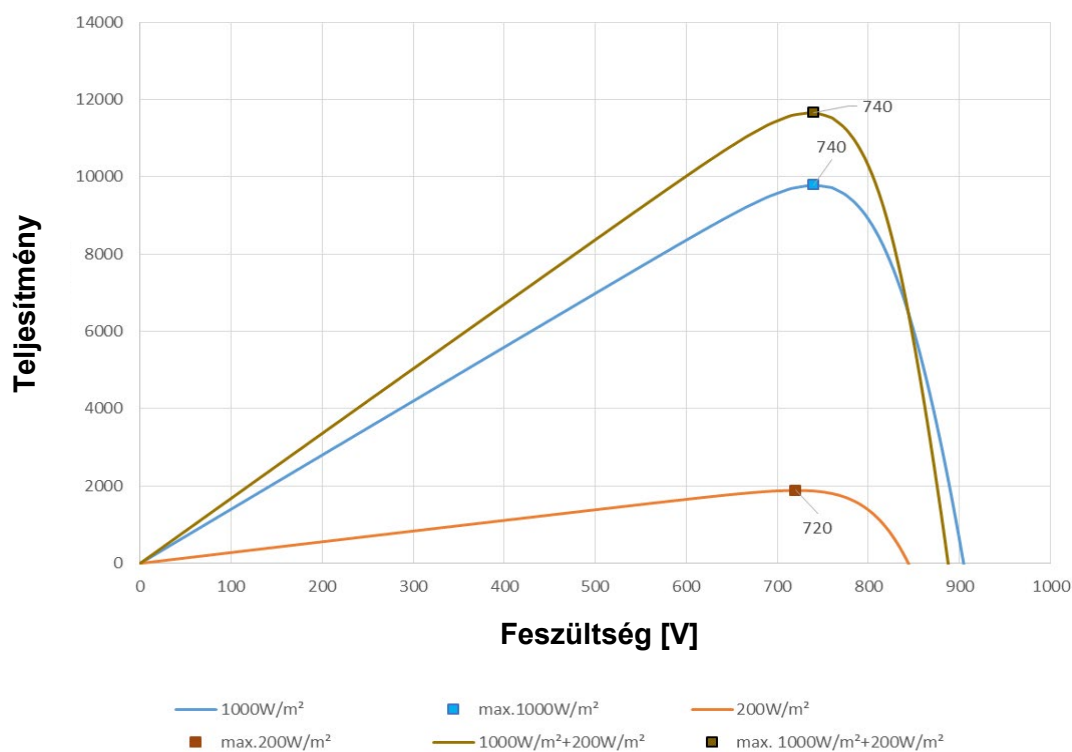
9. ábra: Az optimális munkapont a besugárzott felületi teljesítmény függvényében

Az ábrán néhány sztring tipikus jelleggörbéje látható, változó besugárzott felületi teljesítménnyel. Minél kisebb a besugárzott felületi teljesítmény, annál laposabb a sztring jelleggörbéje. Minél laposabb a hozam jelleggörbéje, annál kevesebb energia termelődik.

6 KELET-NYUGATI TÁJOLÁS 1 MPP KÖVETŐVEL

Ha két különböző tájolású sztring egyetlen MPP követőhöz csatlakozik, akkor az inverter ezeknek a sztringeknek a közös maximális teljesítménypontját keresi. A kelet-nyugati rendszerek sztringjeinek optimális munkapontja rendkívüli mértékben változhat a nap folyamán. A legnagyobb különbség a reggeli és az esti órákban van. A nap felkelésének időpontja az az időszak, amikor a kelet felé tájolt modulokon a legmagasabb besugárzott felületi teljesítmény regisztrálható, miközben a nyugati fekvésű sztringek még kis értékű besugárzott felületi teljesítményt kapnak. A különbség a nap folyamán fokozatosan csökken. Délben mindkét tájolású modulsorok munkapontja nagyjából azonos. A délutáni órákban ismét megnő a különbség a keleti és a nyugati fekvésű sztringek optimális munkapontja között.

Az alábbi ábra egyetlen MPP trackerrel megvalósított kelet-nyugati rendszert (olívaoszöld vonal) hasonlít össze olyan rendszerrel, melynél mind a keleti fekvés (kék), mind a nyugati fekvésű oldal (narancssárga) saját MPP trackerrel van felszerelve. A példa kelet-nyugati rendszer tipikus reggeli forgatókönyvét tükrözi. Mint látható, a keleti fekvésű sztring (kék) optimális munkapontja 740 V. A narancssárga, nyugati fekvésű sztringen, ahol valamivel alacsonyabb a termelés reggel, ez 720 V. Ha megnézzük az olívaoszöld sztringet, mely az egyetlen MPP követővel felszerelt kelet-nyugati rendszert ábrázolja, világosan látható, hogy a „magas” sztring a saját maximális teljesítménypontjában, míg az „alacsony” sztring valamivel a saját maximális teljesítménypontján kívül működik. Mivel azonban kicsi az eltérés, a teljes energiahozamra kifejtett hatása jelentéktelen (ld. 0. szakasz).



10. ábra: Az MPP követő viselkedése egy kelet-nyugati rendszerben reggel (09:00)

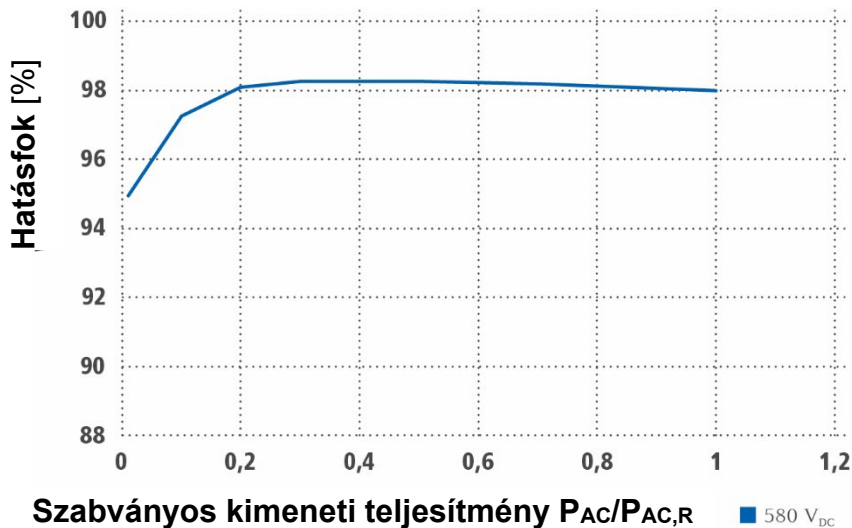
6.1 Alacsonyabb költségek egyetlen MPP követővel

Mint a 4. szakaszban ismertettük, kelet-nyugati rendszerek esetében lehetőség van alacsonyabb teljesítményosztályú inverterre támaszkodni, és így aktív megtakarítást érni el a kezdeti költségeknél. A napelemes projektek azonban nemcsak invertereket és modulokat használnak, hanem sok más, kisebb alkatrész is jelentős mértékben hozzájárul a teljes rendszerhez. Ez magában foglalja annak biztosítását, hogy az egyes inverterek biztonságosan működjenek, amihez túlfeszültség-védelmi eszközöket (SPD) telepítünk minden MPP követőhöz. Minél több MPP követőt használunk, annál több SPD szükséges. Ezért azok az inverterek, melyek egyetlen MPP követővel vannak felszerelve, kevesebb alkatrészt igényelnek, és következésképpen alacsonyabbak a rendszeregyensúly-költségek.

Az alkatrészszintű költségmegtakarítások mellett, egyetlen munkapont használata a napelemes rendszer hozamára is pozitív hatással van. Ez az inverter kapacitásának kihasználtságára gyakorolt pozitív hatásnak köszönhető.

6.2 A hatásfokra gyakorolt pozitív hatás

Az inverterek meghatározott hatásfokkal működnek. Ez a hatásfok azonban az inverter kapacitásának kihasználtságától függően változik. A Fronius Tauro példájából jól látható, hogy a legnagyobb hatásfoktartomány nem a teljes kapacitáson történő működtetéssel érhető el.



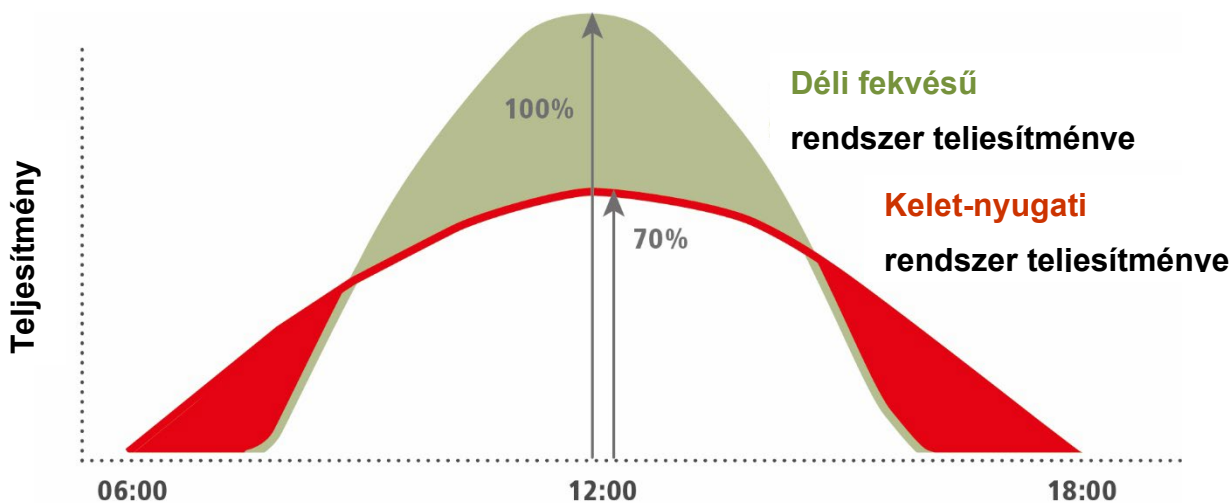
11. ábra: A Fronius Tauro hatásfoka

A diagramon látható, hogy az inverter sokkal hatékonyabb 50%-os kapacitáskihasználás mellett, mint teljes kapacitáson. Ez az inverter felépítésének fizikai vonatkozásain múlik.

Tehát általában hatékonyabb az invertert hosszú távon alacsonyabb terhelés mellett üzemeltetni, mint rövid távon teljes kapacitással. Az inverter kapacitásának kiegyensúlyozott kihasználása állandóan alacsony hőmérsékleten tartja az elektronikus alkatrészeket, védve az egyes alkatrészeket és az eszközt. Ez az

inverter élettartamára is pozitív hatással van. Az inverter kapacitásának hosszú távú, teljes terhelési tartományon kívül történő kihasználása könnyen megvalósítható az egyetlen MPP követővel felszerelt, kelet-nyugati tájolású rendszerrel. Keleti és nyugati fekvésű sztringek egyetlen MPP követőhöz való csatlakoztatásakor az áram eloszlik az egész nap folyamán, és optimális hatásfok érhető el. A nagyméretű napelemes rendszerekben, ha a keleti fekvésű és a nyugati fekvésű sztringeket eltérő MPP követővel felszerelt inverterhez telepítenék, akkor az eszközök nagyobb valószínűséggel működnének a teljes terhelési tartományban.

Ez a viselkedés könnyen megmagyarázható az alábbi ábra segítségével. A déli tájolású napelemes rendszer (zöld) teljes besugárzott felületi teljesítmény mellett dél körül éri el a legmagasabb hozamcsúcsokat. Az inverternek ebben a tartományban kell a legjobban dolgoznia. Ennek eredményeként az inverter a teljes terhelési tartományban működik.

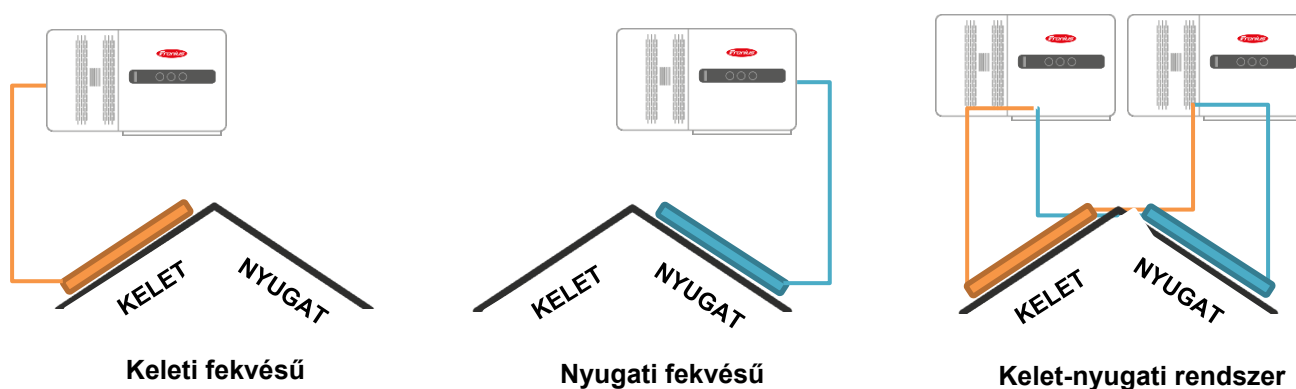


12. ábra: Az inverter kapacitásának kihasználása kelet-nyugati és déli fekvésű rendszerben

A kelet-nyugati rendszerben (piros) viszont az energiatermelés automatikusan egyenletesen oszlik el a tájolás miatt. A kelet-nyugati rendszer invertere ezért csak ritkán, illetve egyáltalán nem működik a teljes terhelési tartományban. Az energiatermelés nap folyamán történő jobb elosztása azt jelenti, hogy a kelet-nyugati rendszer invertere jobb hatásfoktartományban működik. Ez a jobb hatásfok nagyobb hozamot eredményez, amely a kelet-nyugati tájolásból adódó marginális illesztési veszteségeket is kiküszöbölné.

7 SZÁMÍTÁSI PÉLDA

Ez a szakasz számos példát tartalmaz, melyek eredményét a PV*SOL szoftverrel számítjuk ki. Minden napelemes rendszer példájában egy megfelelő keleti fekvésű modulokkal felszerelt invertert plusz egy megfelelő nyugati fekvésű modulokkal felszerelt invertert („külön MPP követővel”) hasonlítunk össze egy olyan rendszerrel, ahol a keleti és a nyugati fekvésű sztringeket két inverter köti össze („közös MPP követő”). Ennek célja, olyan kelet-nyugati rendszert bemutató összehasonlítás szimulálása, ahol a kelet és a nyugati fekvésű sztringeket először egyetlen MPP követővel, majd másodsor több, mint egy MPP követővel valósították meg. Ezután összehasonlítják a teljes energiahozamot.



13. ábra: A forgatókönyvben szereplő példák képi megjelenítése

7.1 A. példa: túlméretezés nélkül

Az alábbi példában két olyan rendszer összehasonlítása látható, amelyeknél azonos egyenáram/váltakozó áram teljesítményarányú Tauro ECO invertert és kelet-nyugati tájolást használó rendszert vetünk össze.

	KELETI FEKVÉSŰ	NYUGATI FEKVÉSŰ	KELET-NYUGATI RENDSZER
NAPELEMEK	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)
TÁJOLÁS	keleti fekvésű	nyugati fekvésű	Kelet-nyugati rendszer
DŐLÉSSZÖG	10°	10°	10°
NAPELEMEK SZÁMA SZTRINGENKÉNT	18	18	18
SZTRINGEK SZÁMA	10	10	10 Kelet / 10 Nyugat
SZTRINGEK KONFIGURÁCIÓJA	10 párhuzamos	10 párhuzamos	5 párhuzamos nyugati és 5 párhuzamos keleti összehangolás 1 inverteren

GENERÁTOR- TELJESÍTMÉNY	99 kW	99 kW	198 kW
INVERTER	1xTauro Eco 100-3-D	1xTauro Eco 100-3-D	2xTauro Eco 100-3-D

1. táblázat: Példák paramétereire, 1:1 nagyságú DC/AC arány

Az alábbi táblázatban látható három számítási példa PV*SOL szoftverrel kapott eredménye, 1:1 nagyságú DC/AC teljesítményarány esetén. A számítás részletei a mellékletben található.

Paraméter	„A” keleti fekvésű rendszer		„A” nyugati fekvésű rendszer		„A” kelet-nyugati rendszer	
	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
Illesztési veszteség (konfiguráció/árnyékolás)	0,0	0,00	0,0	0,00	194,97	0,10
Átalakítási veszteség (DC/AC)	2551,81	2,65	2518,96	2,64	4920,26	-2,57
PV generátor energiahozama (váltakozó áramú hálózat)	93.773,17 kWh		92.939,45 kWh		186.695,16	

2. táblázat: Összehasonlító PV*SOL számítás, 1:1 DC/AC

Az itt bemutatott PV*SOL számítások várhatóan nem mutatnak illesztési veszteségeket sem teljesen keleti fekvésű, sem nyugati fekvésű rendszerben. A PV*SOL szerint a nyugati tájolású napelemes rendszer valamivel alacsonyabb hozamot termel, mint a keleti fekvésű rendszer. Ez a helynek és a külső hőmérsékletnek köszönhető. Az átalakítási veszteség fontos tényező, mely mind a keleti fekvésű, mind a nyugati fekvésű rendszerben magasabb, mint a kelet-nyugati rendszerben. Ez a tényező az inverter működési hatékonyságától függ. A kelet-nyugati rendszerben 0,1%-os illesztési veszteség ismerhető fel. **A kelet-nyugati rendszer alacsonyabb átalakítási vesztesége azonban kompenzálja az illesztési veszteséget.**

Ahhoz, hogy a PV*SOL adatai alapján összehasonlítható rendszert kapjunk, a keleti és a nyugati fekvésű rendszer számított adatait összeadjuk, majd összevetjük a kelet-nyugati rendszer adataival.

Számítási példa	Hozam
Keleti fekvésű rendszer + nyugati fekvésű rendszer	186.712,64 kWh
Kelet-nyugati rendszer	186.695,16 kWh
Különbség	-17,48 kWh

3. táblázat: 1:1 DC/AC – eredmény

A számítás azt mutatja, hogy kiegyensúlyozott DC/AC generátorarány (nincs túlméretezés) esetén a különálló rendszerek **17,48 kWh energiával többet termelnek évente.** Ez azt jelenti, hogy a példákban

említett paramétereknek megfelelő rendszer csak **0,01%-kal** több hozamot termelne, mintha a keleti és nyugati fekvésű napelem modulsorokat két különálló MPP követőhöz csatlakoztatnánk. Ez az eredmény egyértelműen azt mutatja, hogy a túlméretezés nélküli rendszerekben az illesztési veszteségeket gyakorlatilag kompenzálja az egyetlen MPP követő használatából adódó jobb hatásfok, és így azok nem játszanak szerepet a tervezés során.

7.2 B. példa: 120%-os túlméretezés

Az alábbiakban két, Tauro Eco invertert és kelet-nyugati tájolást használó rendszer példájának összehasonlítása látható, melyeknél 1,2:1 a DC/AC arány.

	KELETI FEKVÉSŰ	NYUGATI FEKVÉSŰ	KELET-NYUGATI RENDSZER
NAPELEMEK	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)
TÁJOLÁS	keleti fekvésű	nyugati fekvésű	Kelet-nyugati rendszer
DŐLÉSSZÖG	10°	10°	10°
NAPELEMEK SZÁMA SZTRINGENKÉNT	18	18	18
SZTRINGEK SZÁMA	12	12	12 Kelet / 12 Nyugat
SZTRINGEK KONFIGURÁCIÓJA	12 párhuzamos	12 párhuzamos	6 párhuzamos, nyugati fekvésű és 6 párhuzamos, keleti fekvésű 1 inverteren
GENERÁTOR- TELJESÍTMÉNY	118,8 kW	118,8 kW	237,6 kW
INVERTER	1xTauro Eco 100-3-D	1xTauro Eco 100-3-D	2xTauro Eco 100-3-D

4. táblázat: Példák paraméterekre, 1,2:1 DC/AC arány

Az alábbi táblázatban látható három számítási példa PV*SOL szoftverrel kapott eredménye, 1,2:1 nagyságú DC/AC teljesítményarány esetén. A számítás részletei a mellékletben találhatóak.

Paraméter	„B” keleti fekvésű rendszer		„B” nyugati fekvésű rendszer		„B” kelet-nyugati rendszer	
	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
Illesztési veszteség (konfiguráció/árnyékolás)	0,0	0,00	0,0	0,00	-233,96	-0,1
Átalakítási veszteség (DC/AC)	-2.786,25	-2,42	-2.748,61	-2,4	-5.369,9	-2,34
PV generátor energiahozama (váltakozó áramú hálózat)	112.572,99 kWh		111.617,66 kWh		224.236,42 kWh	

5. táblázat: Összehasonlító PV*SOL számítás, 1,2:1 DC/AC arány

A PV*SOL számítás azt mutatja, hogy sem a teljesen keleti fekvésű, sem a nyugati fekvésű rendszerben nincs illesztési veszteség. A PV*SOL szerint a nyugati fekvésű rendszer valamivel kevesebb energiát termel, mint a keleti fekvésű rendszer. Ez a délutáni magasabb hőmérsékleteknek köszönhető, melyek befolyásolják a napelemek teljesítményét. Ismét érdekes összehasonlítani a DC/AC átalakítási tényezőt: a keleti és a nyugati fekvésű rendszerben ez magasabb, mint a kelet-nyugati rendszerben. Ugyanakkor a kelet-nyugati

rendszerben 0,1%-os illesztési veszteségek vannak. **A kelet-nyugati rendszer alacsonyabb átalakítási vesztesége azonban kompenzálja az illesztési veszteséget.**

Ahhoz, hogy a PV*SOL adatai alapján összehasonlítható rendszert kapjunk, a keleti és a nyugati fekvésű rendszer számított adatait összeadjuk, majd összevetjük a kelet-nyugati rendszer adataival.

Számítási példa	Hozam
Keleti fekvésű rendszer + nyugati fekvésű rendszer	224.190,65 kWh
Kelet-nyugati rendszer	224.236,42 kWh
Különbség	45,77 kWh

6. táblázat: 1,2:1 DC/AC arány – eredmény

A számítás **évi 45,77 kWh eltérést mutat a csupán egyetlen MPP követővel felszerelt kelet-nyugati rendszer javára.** Ez az eredmény egyértelműen azt mutatja, hogy a 20%-kal túlméretezett rendszerekben az illesztési veszteségeket **kompenzálja a megnövelt hatásfok**, melyek így nem játszanak szerepet a tervezés során.

7.3 C. példa: 140%-os túlméretezés

Az alábbiakban két, Tauro Eco invertert és kelet-nyugati tájolást használó rendszer példájának összehasonlítása látható, melyeknél 1,4:1 DC/AC arány.

	KELETI FEKVÉSŰ	NYUGATI FEKVÉSŰ	KELET-NYUGATI RENDSZER
NAPELEMEK	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)	Jinko Tiger Pro JKM550M-72HL4-(V)
TÁJOLÁS	keleti fekvésű	nyugati fekvésű	Kelet-nyugati rendszer
DŐLÉSSZÖG	10°	10°	10°
NAPELEMEK SZÁMA SZTRINGENKÉNT	18	18	18
SZTRINGEK SZÁMA	14	14	14 Kelet / 14 Nyugat
SZTRINGEK KONFIGURÁCIÓJA	14 parallel	14 parallel	7 párhuzamos, nyugati fekvésű és 7 párhuzamos, keleti fekvésű 1 inverteren
GENERÁTOR-TELJESÍTMÉNY	138,6 kW	138,6 kW	277,2 kW
INVERTER	1xTauro Eco 100-3-D	1xTauro Eco 100-3-D	2xTauro Eco 100-3-D

7. táblázat: Példák paramétereire, 1,4:1 nagyságú DC/AC arány

Az alábbi táblázatban látható három számítási példa PV*SOL szoftverrel kapott eredménye, 1,4:1 nagyságú DC/AC teljesítményarány esetén. A számítás részletei a mellékletben található.

Paraméter	„C” keleti fekvésű rendszer		„C” nyugati fekvésű rendszer		„C” kelet-nyugati rendszer	
	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
Illesztési veszteség (konfiguráció/árnyékolás)	0,0	0,00	0,0	0,00	-272,95	-0,10
Átalakítási veszteség (DC/AC)	-3.061,76	-2,3	-3.020,02	-2,28	-5.922,24	-2,23
PV generátor energiahozama (váltakozó áramú hálózat)	130.286,34 kWh		129.338,58 kWh		260.082,91 kWh	

8. táblázat: Összehasonlító PV*SOL számítás, 1,4:1 DC/AC arány

A PV*SOL számítás szerint – ahogy várható volt – sem a teljesen keleti fekvésű, sem a nyugati fekvésű rendszerben nincs illesztési veszteség. A számítás szerint a nyugati fekvésű rendszer valamivel kevesebb

energiát termel, mint keleti fekvésű rendszer, köszönhetően az időjárásnak és a délutáni magasabb hőmérsékletnek.

Érdeemes összehasonlítani a DC/AC átalakítási tényezőt, mely a keleti fekvésű és a nyugati fekvésű rendszerben magasabb, mint a kelet-nyugati rendszerben. A kelet-nyugati rendszerben 0,11% az illesztési veszteség. A kelet-nyugati rendszer alacsonyabb átalakítási vesztesége azonban kompenzálja az illesztési veszteséget.

Ahhoz, hogy a PV*SOL adatai alapján összehasonlítható rendszert kapjunk, a keleti és a nyugati fekvésű rendszer számított adatait összeadjuk, majd összevetjük a kelet-nyugati rendszer adataival.

Számítási példa	Hozam
Keleti fekvésű rendszer + nyugati fekvésű rendszer	259.624,92 kWh
Kelet-nyugati rendszer	260.082,91 kWh
Különbség	+457,99 kWh

9. táblázat: 1,4:1 DC/AC arány – eredmény

Ha összehasonlítjuk a két rendszerpéldát a PV*SOL szoftverben, a kelet-nyugati rendszer, melynél mindkét sztring közös MPP követőhöz csatlakozik, **457,99 kWh energiával többet termel évente**. Ez az eredmény egyértelműen azt mutatja, hogy a 40%-kal túlméretezett rendszerekben az illesztési veszteségeket **kompenzálja a magasabb hatásfok**, melyek így nem játszanak szerepet a tervezés során. Az is nyilvánvaló, hogy a kétféle tájolású rendszer két MPP követővel való telepítése hozam szempontjából is előnyös, különösen nagyfokú túlméretezés esetén.

8 A SZIMULÁCIÓK EREDMÉNYEI

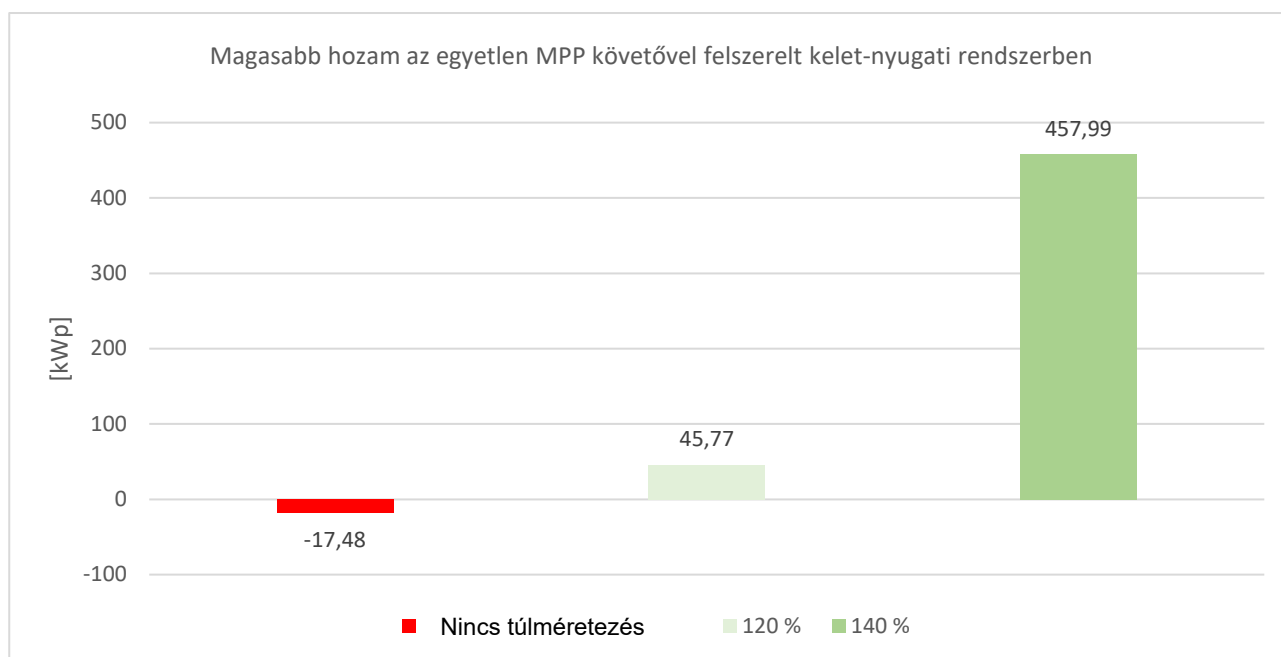
A fenti szimulációk különböző DC/AC arányokra mutatnak be példaforgatókönyveket.

A fenti számítási példák eredményeit összegyűjtöttük és még egyszer bemutatjuk az alábbi táblázatban.

Túlméretezés	egyenként 1 db MPP követő	1 db közös MPP követő	Különbség	
	(Keleti fekvésű rendszer + nyugati fekvésű rendszer)	(Kelet-nyugati rendszer)		
0 %	186.712,64 kWh	186.695,16 kWh	-17,48 kWh	0,01 %
20 %	224.190,65 kWh	224.236,42 kWh	45,77 kWh	0,02 %
40 %	259.624,92 kWh	260.082,91 kWh	457,99 kWh	0,176 %

10. táblázat: A számítási példák eredményeinek összehasonlítása

A PV*SOL számítások egyértelműen azt mutatják, hogy mindhárom számítási forgatókönyvben a közös munkaponttal felszerelt példarendszer – a kelet-nyugati rendszer – gyakorlatilag azonos vagy jobb eredményt produkál, mint a vele összehasonlított, különálló munkaponttal felszerelt rendszer. Ez az inverter kapacitásának és hatásfokának kihasználása miatt van. A számítások azt is mutatják, hogy minél nagyobb a DC/AC arány túlméretezése, annál nagyobb a hozam a kelet-nyugati rendszerben a keleti fekvésű és a nyugati fekvésű rendszerrel összevetve. Ez azt jelenti, hogy különösen a túlméretezett napelemes rendszerek esetében gazdaságosság szempontjából észszerű mindkét tájolást ugyanahhoz az MPP követőhöz csatlakoztatni. Az ilyen rendszer által elért magasabb hatásfok kompenzálja az illesztési veszteségeket, melyek így nem játszanak szerepet a tervezés során.



14. ábra: Magasabb hozam az 1 db MPP követővel felszerelt kelet-nyugati rendszerben a túlméretezés függvényében

9 VÉGKÖVETKEZTETÉS

Az előző szakaszokban lehetőség nyílt a kelet-nyugati rendszerek jövedelmező szempontjainak bemutatására a déli fekvésű rendszerekhez képest. Sikerült kimutatnunk, hogy a kelet-nyugati tájolás, ellentétben a déli tájolással, bizonyos tetőkön és felületeken több teret kínál a nagyobb generátor-teljesítménynek, így ezzel a tájolással mindig nagyobb teljes hozam érhető el. Ezenkívül az 1 db munkaponttal felszerelt kelet-nyugati tájolású rendszerek aktívan költségeket takarítanak meg mind az inverterek, mind az olyan alkatrészek esetében, mint a túlfeszültség-védelmi eszközök. Azt is elmagyaráztuk, hogy a kelet-nyugati rendszerek ideális alapot kínálnak a magas saját fogyasztási arányhoz, aminek eredményeként a kisipari és ipari napelemes rendszerek gyorsabban megtérülnek.

Az előzőekben bemutatott számítások cáfolják azt az elméletet, hogy a különböző irányokba néző, de azonos munkaponthoz csatlakoztatott sztringek negatívan hatnak egymásra, és így csökkentenék a rendszer teljes hozamát. A PV*SOL számítások eredményei azt mutatják, hogy inverterenként csupán egyetlen MPP követővel megvalósított kelet-nyugati rendszer akár jövedelmezőbb is lehet, mint a számos munkaponttal felszerelt kelet-nyugati rendszer. Képesek voltunk kimutatni, hogy az inverter kihasználtsága is jelentősen befolyásolja a napelemes rendszer teljes hozamát. Hatásfok szempontjából az egyetlen munkaponttal felszerelt kelet-nyugati rendszerek optimálisan használják ki az invertereket. Ez azt mutatja, hogy nagyobb rendszerekben, melyeknél több invertert telepítenek, érdemes egy inverterre váltani mind a keleti, mind a nyugati fekvésű sztringek esetében. Ennek eredményeként az inverter terhelése jobb, továbbá jobb hatásfok érhető el, ami végső soron nagyobb hozamhoz vezet.

Az a következtetés azonban, hogy az egyetlen munkaponttal felszerelt kelet-nyugati rendszer mindig több hozamot termel, mint a számos munkaponttal felszerelt ugyanolyan rendszer, nem általános érvényű. Az olyan külső befolyásoló tényezők, mint az elhelyezkedés, a napfénybesugárzás, a dőlésszög, az inverter maga és még sok más tényező, döntő jelentőségűek az eredmény szempontjából.

A fenti számítási példákból azonban kitűnik, hogy az egyetlen MPP követővel megvalósított kelet-nyugati tájolású rendszerek energiahozama azonos szintű a több munkaponttal felszerelt rendszerekével, és semmiképp nem várható veszteség a két rendszert összevetve.

Az egyetlen munkaponttal megvalósított kelet-nyugati rendszerek nemcsak maximális hozamot termelnek, hanem a több munkapont használatával összefüggő költségeket is csökkentik.

10 FÜGGELÉK

„A” keleti fekvésű rendszer

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-7,46 kWh/m ²	-0,72 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 025,66 kWh/m²	
	1 025,66 kWh/m ²	
	x 464,169 m ²	
	= 476 079,05 kWh	
Global PV Radiation	476 079,05 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-374 519,41 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	101 559,64 kWh	
Low-light performance	-839,56 kWh	-0,83 %
Deviation from the nominal module temperature	-1 574,30 kWh	-1,56 %
Diodes	-495,73 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-1 973,00 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	96 677,05 kWh	
Failing to reach the DC start output	-8,95 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-1,15 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-20,96 kWh	-0,02 %
MPP Matching	-28,99 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	96 617,00 kWh	
Energy at the Inverter Input	96 617,00 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-292,01 kWh	-0,30 %
DC/AC Conversion	-2 551,81 kWh	-2,65 %
Standby Consumption (Inverter)	-67,99 kWh	-0,07 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	93 705,18 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	93 773,17 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-15,78 kWh/m ²	-1,53 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 017,34 kWh/m²	
	1 017,34 kWh/m ²	
	x 464,169 m ²	
	= 472 215,63 kWh	
Global PV Radiation	472 215,63 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-371 480,15 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	100 735,47 kWh	
Low-light performance	-843,97 kWh	-0,84 %
Deviation from the nominal module temperature	-1 649,92 kWh	-1,65 %
Diodes	-491,21 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-1 955,01 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	95 795,36 kWh	
Failing to reach the DC start output	-8,53 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-1,06 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-11,20 kWh	-0,01 %
MPP Matching	-28,73 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	95 745,84 kWh	
Energy at the Inverter Input	95 745,84 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-287,43 kWh	-0,30 %
DC/AC Conversion	-2 518,96 kWh	-2,64 %
Standby Consumption (Inverter)	-67,94 kWh	-0,07 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	92 871,51 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	92 939,45 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-11,62 kWh/m ²	-1,12 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 021,50 kWh/m²	
	1 021,50 kWh/m ²	
	x 928,338 m ²	
	= 948 294,67 kWh	
Global PV Radiation	948 294,67 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-745 999,56 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	202 295,11 kWh	
Low-light performance	-1 683,53 kWh	-0,83 %
Deviation from the nominal module temperature	-3 224,22 kWh	-1,61 %
Diodes	-986,94 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-3 928,01 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	-194,97 kWh	-0,10 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	192 277,45 kWh	
Failing to reach the DC start output	-16,43 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-2,03 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-15,44 kWh	-0,01 %
MPP Matching	-57,67 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	192 185,88 kWh	
Energy at the Inverter Input	192 185,88 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-570,46 kWh	-0,30 %
DC/AC Conversion	-4 920,26 kWh	-2,57 %
Standby Consumption (Inverter)	-135,82 kWh	-0,07 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	186 559,34 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	186 695,16 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-7,46 kWh/m ²	-0,72 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 025,66 kWh/m²	
	1 025,66 kWh/m ²	
	x 557,003 m ²	
	= 571 294,86 kWh	
Global PV Radiation	571 294,86 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-449 423,29 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	121 871,57 kWh	
Low-light performance	-1 007,47 kWh	-0,83 %
Deviation from the nominal module temperature	-1 889,16 kWh	-1,56 %
Diodes	-594,87 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-2 367,60 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	116 012,47 kWh	
Failing to reach the DC start output	-8,20 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-1,67 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-255,16 kWh	-0,22 %
MPP Matching	-34,72 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	115 712,71 kWh	
Energy at the Inverter Input	115 712,71 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-353,47 kWh	-0,31 %
DC/AC Conversion	-2 786,25 kWh	-2,42 %
Standby Consumption (Inverter)	-67,83 kWh	-0,06 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	112 505,16 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	112 572,99 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-11,62 kWh/m ²	-1,12 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 021,50 kWh/m²	
	1 021,50 kWh/m ²	
	x 1114,005 m ²	
	= 1 137 953,61 kWh	
Global PV Radiation	1 137 953,61 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-895 199,47 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	242 754,13 kWh	
Low-light performance	-2 020,24 kWh	-0,83 %
Deviation from the nominal module temperature	-3 869,06 kWh	-1,61 %
Diodes	-1 184,32 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-4 713,61 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	-233,96 kWh	-0,10 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	230 732,94 kWh	
Failing to reach the DC start output	-15,11 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-2,95 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-349,76 kWh	-0,15 %
MPP Matching	-69,11 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	230 296,01 kWh	
Energy at the Inverter Input	230 296,01 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-689,67 kWh	-0,30 %
DC/AC Conversion	-5 369,92 kWh	-2,34 %
Standby Consumption (Inverter)	-135,54 kWh	-0,06 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	224 100,89 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	224 236,42 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-15,78 kWh/m ²	-1,53 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 017,34 kWh/m²	
	1 017,34 kWh/m ²	
	x 557,003 m ²	
	= 566 658,75 kWh	
Global PV Radiation	566 658,75 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-445 776,18 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	120 882,57 kWh	
Low-light performance	-1 012,77 kWh	-0,84 %
Deviation from the nominal module temperature	-1 979,91 kWh	-1,65 %
Diodes	-589,45 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-2 346,01 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	114 954,44 kWh	
Failing to reach the DC start output	-7,81 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-1,54 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-196,81 kWh	-0,17 %
MPP Matching	-34,42 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	114 713,85 kWh	
Energy at the Inverter Input	114 713,85 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-347,58 kWh	-0,30 %
DC/AC Conversion	-2 748,61 kWh	-2,40 %
Standby Consumption (Inverter)	-67,79 kWh	-0,06 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	111 549,87 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	111 617,66 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-7,46 kWh/m ²	-0,72 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 025,66 kWh/m²	
	1 025,66 kWh/m ²	
	x 649,836 m ²	
	= 666 510,67 kWh	
Global PV Radiation	666 510,67 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-524 327,17 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	142 183,49 kWh	
Low-light performance	-1 175,38 kWh	-0,83 %
Deviation from the nominal module temperature	-2 204,01 kWh	-1,56 %
Diodes	-694,02 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-2 762,20 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	135 347,88 kWh	
Failing to reach the DC start output	-7,62 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-2,22 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-1 527,19 kWh	-1,13 %
MPP Matching	-40,14 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	133 770,70 kWh	
Energy at the Inverter Input	133 770,70 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-422,60 kWh	-0,32 %
DC/AC Conversion	-3 061,76 kWh	-2,30 %
Standby Consumption (Inverter)	-67,72 kWh	-0,05 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	130 218,62 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	130 286,34 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-11,62 kWh/m ²	-1,12 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 021,50 kWh/m²	
	1 021,50 kWh/m ²	
	x 1299,673 m ²	
	= 1 327 612,54 kWh	
Global PV Radiation	1 327 612,54 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-1 044 399,39 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	283 213,16 kWh	
Low-light performance	-2 356,94 kWh	-0,83 %
Deviation from the nominal module temperature	-4 513,90 kWh	-1,61 %
Diodes	-1 381,71 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-5 499,21 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	-272,95 kWh	-0,10 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	269 188,43 kWh	
Failing to reach the DC start output	-14,12 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-3,92 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-2 264,03 kWh	-0,84 %
MPP Matching	-80,07 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	266 826,29 kWh	
Energy at the Inverter Input	266 826,29 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-821,14 kWh	-0,31 %
DC/AC Conversion	-5 922,24 kWh	-2,23 %
Standby Consumption (Inverter)	-135,33 kWh	-0,05 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	259 947,58 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	260 082,91 kWh	

PV System Energy Balance

PV System Energy Balance

Global radiation - horizontal	1 041,97 kWh/m²	
Deviation from standard spectrum	-10,42 kWh/m ²	-1,00 %
Ground Reflection (Albedo)	1,57 kWh/m ²	0,15 %
Orientation and inclination of the module surface	-15,78 kWh/m ²	-1,53 %
Shading	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflection on the Module Interface	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Global Radiation at the Module	1 017,34 kWh/m²	
	1 017,34 kWh/m ²	
	x 649,836 m ²	
	= 661 101,88 kWh	
Global PV Radiation	661 101,88 kWh	
Soiling	0,00 kWh	0,00 %
STC Conversion (Rated Efficiency of Module 21,33 %)	-520 072,21 kWh	-78,67 %
Rated PV Energy	141 029,66 kWh	
Low-light performance	-1 181,56 kWh	-0,84 %
Deviation from the nominal module temperature	-2 309,89 kWh	-1,65 %
Diodes	-687,69 kWh	-0,50 %
Mismatch (Manufacturer Information)	-2 737,01 kWh	-2,00 %
Mismatch (Configuration/Shading)	0,00 kWh	0,00 %
PV Energy (DC) without inverter down-regulation	134 113,51 kWh	
Failing to reach the DC start output	-7,27 kWh	-0,01 %
Down-regulation on account of the MPP Voltage Range	-2,05 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Current	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. DC Power	0,00 kWh	0,00 %
Down-regulation on account of the max. AC Power/cos phi	-1 290,94 kWh	-0,96 %
MPP Matching	-39,84 kWh	-0,03 %
PV energy (DC)	132 773,40 kWh	
Energy at the Inverter Input	132 773,40 kWh	
Input voltage deviates from rated voltage	-414,80 kWh	-0,31 %
DC/AC Conversion	-3 020,02 kWh	-2,28 %
Standby Consumption (Inverter)	-67,68 kWh	-0,05 %
Total Cable Losses	0,00 kWh	0,00 %
PV energy (AC) minus standby use	129 270,89 kWh	
PV Generator Energy (AC grid)	129 338,58 kWh	

11 ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Kelet-nyugati napelemtájolás	5
2. ábra: Déli tájolású napelemek	5
3. ábra: Kelet-nyugati rendszer lapostetőn való szerelési elrendezése	6
4. ábra: Az inverter kapacitásának kihasználása kelet-nyugati és déli fekvésű rendszerben.....	7
5. ábra: Az energiahozam jelleggörbéjének jellemző alakja a napelemes rendszer tájolásának függvényében	9
6. ábra: Energiahozam a külső hőmérséklet függvényében	10
7. ábra: Energiahozam a napfénybesugárzás intenzitásának függvényében.....	11
8. ábra: Ausztria energiahozam-diagramja az éves átlaghozam alapján.....	12
9. ábra: Az optimális munkapont a besugárzott felületi teljesítmény függvényében.....	13
10. ábra: Az MPP követő viselkedése egy kelet-nyugati rendszerben reggel (09:00).....	14
11. ábra: A Fronius Tauro hatásfoka	15
12. ábra: Az inverter kapacitásának kihasználása kelet-nyugati és déli fekvésű rendszerben.....	16
13. ábra: A forgatókönyvben szereplő példák képi megjelenítése	17
14. ábra: Magasabb hozam az 1 db MPP követővel felszerelt kelet-nyugati rendszerben a túlméretezés függvényében	24

12 TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: Példák paraméterekre, 1:1 nagyságú DC/AC arány	18
2. táblázat: Összehasonlító PV*SOL számítás, 1:1 DC/AC	18
3. táblázat: 1:1 DC/AC – eredmény.....	18
4. táblázat: Példák paraméterekre, 1,2:1 DC/AC arány	20
5. táblázat: Összehasonlító PV*SOL számítás, 1,2:1 DC/AC arány	20
6. táblázat: 1,2:1 DC/AC arány – eredmény.....	21
7. táblázat: Példák paraméterekre, 1,4:1 nagyságú DC/AC arány	22
8. táblázat: Összehasonlító PV*SOL számítás, 1,4:1 DC/AC arány	22
9. táblázat: 1,4:1 DC/AC arány – eredmény.....	23
10. táblázat: A számítási példák eredményeinek összehasonlítása	24