



A Fronius Tauro használati útmutatója

BOS költségek megtakarításához és a TCO alacsonyan tartásához

© Fronius International GmbH

Version 1.0, 04/2021

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.

TARTALOMJEGYZÉK

1	BEVEZETÉS	4
2	A NAPELEMES RENDSZEREK KÖLTSÉGSZERKEZETE	5
2.1	Teljes tulajdonlási költség	5
2.1.1	A tőkebefektetés	5
2.1.2	Rendszeregyensúly-költségek.....	6
2.1.3	Működési költségek	6
2.2	Hozam.....	7
2.2.1	Teljesítményvesztés a kábelben.....	7
3	TAURO VÁLTOZATOK ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETÜK	9
3.1	Decentralizált rendszerkialakítás	9
3.1.1	D változat	9
3.2	Centralizált rendszer kialakítás	10
3.2.1	P változat	10
3.3	A változatok rendszerköltségeinek összehasonlítása	10
3.3.1	Középpontban a befektetési költségek.....	12
3.4	A Tauro változatok alkalmazási területe	12
4	AC DAISY CHAINING OPCIO	13
4.1	Mi az AC Daisy Chaining?	13
4.2	Az AC Daisy Chaining speciális, önálló alkalmazása	14
4.3	Hogyan térül meg az AC Daisy Chaining?	14
4.3.1	D változat AC Daisy Chaining-gel és anélkül	14
4.3.2	AC Daisy Chaining önálló alkalmazása kábel ikresítéssel	21
4.4	P változat AC Daisy Chaining-gel és anélkül	22
4.5	Az AC Daisy Chaining változatok költség-összehasonlítása	24
5	ÖSSZEFOGLALÁS	25
6	ÁBRAJEGYZÉK	26
7	FORRÁSOK	27
8	FÜGGELÉK	28

1 BEVEZETÉS

Ez a cikk a kereskedelmi napelemes rendszerek költség szerkezetét és a teljes tulajdonlási költséget (TCO) befolyásoló, fő pénzügyi tényezőket ismerteti. Ezenkívül részletesen elmagyarázza a Fronius Tauro néhány termék jellemzőjét, és bemutatja azok hatását a teljes rendszer költségekre nézve.

A cikk kiemeli a kereskedelmi inverter megtakarítási potenciálját és sokféle lehetséges alkalmazását, annak változatai és opciói mellett. Különösen a Precombined (P) és a Direct (D) változatnak a TCO-ra és az energiatermelés teljes költségére (LCOE) gyakorolt hatását mutatja be az említett változatok közötti különbséggel együtt. Ezenkívül részletesen ismerteti az AC Daisy Chaining funkciót, és bemutatja a BOS költségekre gyakorolt pénzügyi hatását. Másik fókuszpontja azt a változatot vagy opciót mutatja be, amely a tipikus kereskedelmi napelemes rendszerek számára a legköltséghatékonyabb választás az egyes megadott helyzetekben.

2 A NAPELEMES RENDSZEREK KÖLTSÉGSZERKEZETE

Az energiatermelés teljes költsége (LCOE) információt nyújt arra vonatkozóan, hogy mennyibe kerül a villamos energia előállítása, és mi a végső hozama. Ezt az energiarendszerek terén világszerte irányértéknek tekintik.

Az LCOE, azaz az „energiatermelés teljes költsége” alatt a napelemes rendszer összköltségének és várható hozamának arányát értjük. A teljes tulajdonlási költség (TCO) fedezi az összes felmerült költséget, például a tőke- és beruházási költségeket, a telepítési és munkaerő-költségeket, valamint a rendszer bizonyos időközönként történő szervizelésével, üzemeltetésével és karbantartásával járó különféle költségeket.

A napelemes rendszereknél az energiatermelés teljes költségét euró/kW vagy euró/MW egységben adjuk meg.

$$\text{Az energiatermelés teljes költsége} = \frac{\text{TCO}}{\text{hozam}} \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right]$$

Minél alacsonyabb a TCO, és minél nagyobb a napelemes rendszer hozama, annál alacsonyabb, ezért kedvezőbb az energiatermelés teljes költsége.

2.1 Teljes tulajdonlási költség

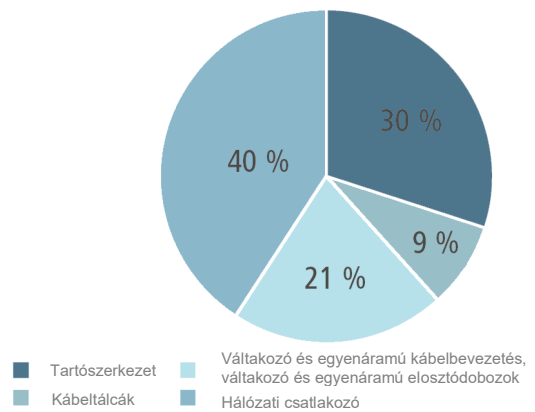
A teljes tulajdonlási költség (TCO) a rendszer teljes költségét jelenti, ahol a beszerzési költségeken túl a későbbi használat szempontjait, például a javításokat, a karbantartást, az egyéb üzemeltetési költségeket és – ha szükséges – az ártalmatlanítás költségeit is szándékosan figyelembe vesszük (lásd Gabler-féle üzleti lexikon).

2.1.1 A tőkebefektetés

A tőkebefektetés (CAPEX) fontos szerepet játszik a teljes tulajdonlási költség (TCO) alakulásában. Ez az inverterek beszerzési költségei mellett a szolármodulok beszerzési költségeit, valamint a munkaerő- és a BOS költségeket is tartalmazza (lásd a Gabler-féle üzleti lexikont). Az inverterek kiválasztásakor általában a CAPEX költségeket használják egyedüli döntési kritériumként.

2.1.2 Rendszeregyensúly-költségek

A rendszeregyensúly-költségek (BOS) költségek a teljes CAPEX költségek kb. egyharmadát teszi ki. Ezek a szolármodulok, a váltakozó és az egyenáramú kábelbevezetés, valamint a különböző elosztók költségéből állnak. A BOS költségek a kábeltálcákat, a hálózat csatlakoztatásához szükséges elemeket, valamint a rendszer megfelelő működéséhez jelentős mértékben hozzájáruló, egyéb kiegészítő komponenseket és alkatrészeket is tartalmazzák. A BOS költségek közé tartozhat még a berendezésfelügyelet, az energiagazdálkodási szoftver és a különféle érzékelők (lásd: Sinovoltaics).



1. ábra: A rendszeregyensúly-költségek összetétele.
Forrás: kereskedelmi napelemes rendszer Észak-Olaszországban

Ha a napelemes projekt kezdeti költségeit a lehető legalacsonyabb szinten szeretné tartani, a BOS költségek a legjobb és legnagyobb megtakarítási lehetőséget kínálják. A Fronius Tauro ECO számos olyan funkciót kínál, amelyek egyetlen célja a költségek – különösen a BOS költségek – megtakarítása a projektben.

2.1.3 Működési költségek

A kezdeti költségek azonban nem az egyedüli tényezőt jelentik, ha a teljes napelemes rendszer 10, 15 vagy 20 évig üzemel. A működési költségek (OPEX) összeadódnak az üzemelés során. Ez magában foglalja az üzemeltetés eredményeként felmerült összes költséget, például az energiaköltségeket, a javításokat, a karbantartást és a szervizelést (lásd Gabler-féle üzleti lexikon).

A Fronius Tauro ECO formatervezése hatékony lehetőségeket kínál a rendszer OPEX költségeinek alacsony szinten tartására.

Karbantartás nélküli hűtőrendszer

A Fronius Tauro ECO aktív hűtőrendszerrel van felszerelve. Az aktív hűtés mellett a Fronius Tauro kettős falszigeteléssel is el van látva. Ez a kombináció lehetővé teszi a belső hőmérséklet és az érzékeny teljesítményelektronika hőmérsékletének rendkívül alacsony szinten történő tartását még extrém meleg körülmények között is. Ennek az innovatív hűtőrendszernek köszönhetően a Fronius Tauro maximális teljesítményt képes elérni akár 50 °C-os környezeti hőmérsékleten is. Ez viszont pozitív hatással van a napelemes rendszer összhozamára, valamint a teljesítményelektronika élettartamára.

Ennek az egyedülálló hűtőrendszernek köszönhetően a Fronius Tauro védtelen kültéri helyekre is telepíthető. Ez azt is jelenti, hogy nem kell árnyékolásra és tető készítésére költeni.

Ez az aktív hűtőrendszer különleges előnyt kínál az OPEX költségek szempontjából, mivel néhány más hűtőrendszerrel ellentétben nincsenek előírt karbantartási időközök, amelyek szakembereket igényelnének.

Hatékony szervizelési és karbantartási technológiák

A Fronius Tauro fejlesztésekor a mérnökök mindenekelőtt a szervizelés és karbantartás egyszerűségére összpontosítottak. Az intelligens formaterv a nagy belső térrel nemcsak kényelmet nyújt a telepítés során, hanem azt is lehetővé teszi a telepítő számára, hogy probléma esetén idő tekintetében hatékony szervizelést végezzen. Ezen a téren a Fronius egyszerű alkatrészcsere támaszkodik a teljes eszköz időigényes cseréje helyett. A Fronius Tauro segítségével a tápegységet egyetlen személy egyszerűen kicserélheti. Ez az eljárás a teljes készülékcsere helyébe lép, és rendkívül pozitív hatással van a szervizelési és személyzeti költségekre. Azt is biztosítja, hogy szervizkiszállítás esetén a hiba gyorsan javítható legyen, és biztosított legyen a rendszer hosszú távú hozama.

Az OPEX és a CAPEX a BOS költségekkel együtt kiadja a teljes tulajdonlási költséget.

2.2 Hozam

A napelemes rendszer hozamát elvileg hosszabb távon kell számolni. A saját fogyasztásra szánt rendszerek esetében 20 éves időszak lenne megfelelő. Attól függően, hogy a napelemes rendszer hosszú vagy rövid távú befektetés-e, ez az érték változtatható.

A napelemes rendszer számos tényezője befolyásolja a teljes rendszer hozamát. A helyi időjárási viszonyok, a besugárzás, a tájolás, a modul dőlése, az árnyékolás, a szennyeződés és a modulhőmérséklet mellett az inverter is jelentős hatással van a hozamra.

Továbbá a modulok által termelt energia egyenáramú kábeleken keresztül jut el az inverterhez. Ott a rendszer újra átalakítja azt, majd váltakozó áramú vonalakon szállítja a fő csatlakozási ponthoz. Ezeket a kábeltávolságokat viszont ritkán veszik figyelembe hozamot befolyásoló tényezőként. Ennek ellenére jelentős hatással vannak a hozamra. Főleg nagy áramerősségek és nagy távolságok esetén jelentkeznek jelentős veszteségek, amelyek negatívan befolyásolják a hozamot a napelemes rendszer élettartama alatt.

2.2.1 Teljesítményvesztés a kábelben

A teljesítményvesztést a kábelek fizikai állapota és a környezet okozza. Ezen veszteségek mértékét befolyásolja a kábel keresztmetszete, anyaga, hossza, hőmérséklete és a kábelben átfolyó áram erőssége. Ezek a veszteségek feszültségesést okoznak, amely viszont teljesítmény veszteséget vagy csökkenő hozamhoz vezet a napelemes rendszerekben.

A napelemes rendszereket általában úgy tervezik, hogy az összes teljesítményvesztés átlagosan ne haladja meg az 1,0%-ot. Ez azonban nem törvényi vagy normatív követelmény, ezért néha 3% feletti teljesítményvesztésű napelemes rendszereket is terveznek.

Az 1,0%-os energiavesztés első ránézésre nem tűnik soknak. Ez a kis érték azonban 20 év alatt több ezer eurónyi veszteséghez vezethet.

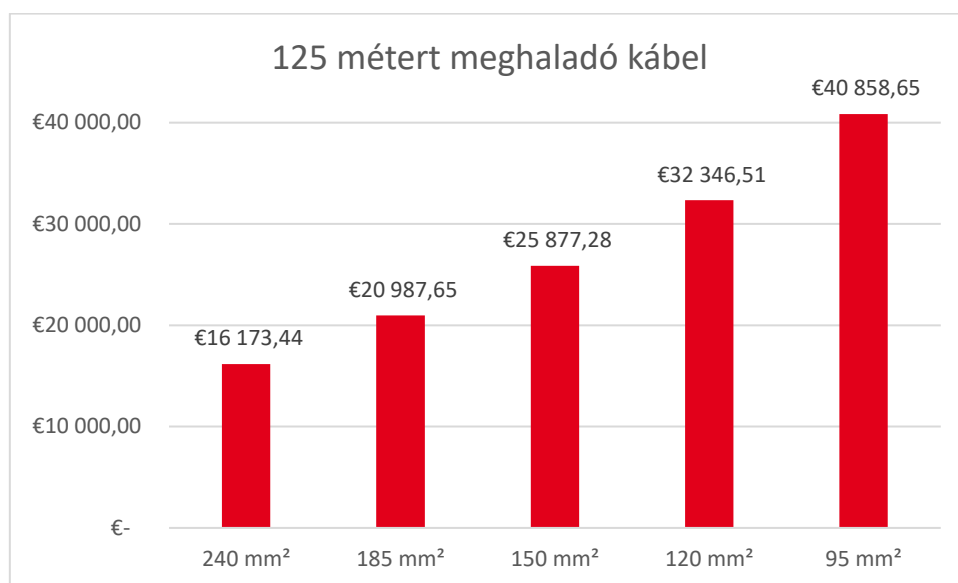
Az alábbi táblázatban szeretnénk bemutatni a teljesítményvesztés váltakozó áramú kábelekre gyakorolt pénzügyi hatásait egy 2 MWp teljesítményű rendszerben 20 év alatt.

Teljesítményveszteség (%)	Pénzügyi veszteség 20 év alatt
1%	€16.173,44
2%	€32.346,88
3%	€48.520,32
4%	€64.693,76

Mint jól látható, 20 év alatt mindössze 1%-os energiaveszteség mellett is több ezer eurós pénzügyi veszteség keletkezik. Minél nagyobb a kábeleken a százalékos veszteség, annál nagyobb a pénzügyi veszteség is. Ezek ugyanolyan arányban nőnek a kábel keresztmetszetén belül.

Minél nagyobb a kábel keresztmetszete, annál kisebb a teljesítményveszteség. Ez egyszerű módon bizonyítható. Ha betartjuk a fent említett rendszertervezési szabályt, akkor a teljesítményveszteség a napelemes rendszer egyetlen kábelszakaszán sem haladhatja meg az 1%-ot. A Fronius Tauro ECO esetében 240 mm²-es kábelkeresztmetszet lehetséges a váltakozó áramú oldalon. Ilyen kábelkeresztmetszettel átlagosan 125 méteres távolságot lehet áthidalni a rendszerben anélkül, hogy a váltakozó áramú oldalon túllépnénk az 1%-os határt.

Ha azonban ezt a távolságot kisebb kábelkeresztmetszetekkel hidaljuk át, a teljesítményveszteség ennek megfelelően nő. Az alábbi ábra ennek negatív hatásait mutatja be.



2. ábra: Váltakozó áramú oldali kábelveszteségek 125 métert meghaladó távolság esetén, példa: 2 MWp teljesítmény, 20 éves üzem

Jól látható, hogy a hozamveszteség nő a kábel keresztmetszetének csökkenésével. Ha ebben a 2 MWp teljesítményű rendszert bemutató példában a 125 méteres távolságot 95 mm²-es kábellel hidalnánk át a 240 mm²-es váltakozó áramú kábel helyett, 20 év alatt 24 500 eurónál nagyobb pénzügyi veszteség keletkezne. A kábelszintű veszteségek ezért figyelmet érdemelnek, mivel minél kisebb a napelemes rendszeren belüli teljesítményveszteség, annál nagyobb lehet a hozam. Ez viszont pozitív hatással van a napelemes rendszer teljes költségére, és ennél fogva a megtérülési időre.

3 TAURO VÁLTOZATOK ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETÜK

A Fronius Tauro ECO változatai nagyfokú rugalmasságot jelentenek a rendszer kialakításában: a Tauro ECO a projekt körülményeihez igazítható az adott helyzettől függően.

3.1 Decentralizált rendszerkialakítás

Az úgynevezett decentralizált rendszerkialakítás esetében az inverterek közvetlenül, külön-külön vagy kisebb csoportokban elosztva kapcsolódnak a szolármodul csoportosulásokhoz. Ebben az esetben a nagyobb távolságok áthidalása váltakozó áramú kábeleken történik közvetlenül a váltakozó áramú fő csatlakozási ponthoz, vagy csoportokban, váltakozó áramú elosztón keresztül, váltakozó áramú buszok segítségével.

Ennek a rendszerkialakításnak az alkalmazási területei közé tartoznak például az ipari tetők vagy az olyan létesítmények, melyek kis távolságra vannak a fő csatlakozási ponttól, ahol csak korlátozott terület áll rendelkezésre, és az invertereket ennek megfelelően helytakarékos módon kell beépíteni a rendszerbe.



3. ábra: Decentralizált rendszerkialakítás, kis távolsággal a fő csatlakozási pontig

3.1.1 D változat

A Fronius Tauro „Direct változata” (D változata) a decentralizált rendszerkialakításhoz alkalmazható a legjobban. Ezt a változatot az jellemzi, hogy az egyenáramú kábelbevezetés könnyen csatlakoztatható a készülékhez az MC4 csatlakozók segítségével. Ezenkívül a 35 mm² és 240 mm² közötti keresztmetszetű váltakozó áramú kábelek a készülékbe épített, közvetlen csatlakozású lemezekkel (V- kengyel) csatlakoztathatók és rögzíthetők.



4. ábra: A beépített MC4 csatlakozós D változat csatlakozó része

3.2 Centralizált rendszer kialakítás

Centralizált rendszer kialakítás esetén a napelem modulsorokat először sztring gyűjtődobozban gyűjtik össze, és az inverterek fő távolságát egyenáramú busszal hidalják át. Az invertereket központilag, a váltakozó áramú fő csatlakozási ponttól vagy a transzformátorától kis távolságra helyezik el.

Jellemző alkalmazási területek: ipari tetők vagy olyan nagy kültéri létesítmények, amelyeknek nagy távolságokat kell áthidalniuk a fő csatlakozási pontig. Például amikor a transzformátor az út másik oldalán található.



5. ábra: Centralizált rendszerkialakítás, nagy távolsággal a fő csatlakozási pontig

3.2.1 P változat

A „Precombined változat” (P változat) kifejezetten alkalmas centralizált rendszerkialakításához.

Ez a változat már kábeltömszelencékkel van ellátva, és akár 95 mm² keresztmetszetű, egyenáramú kábelek csatlakoztatását biztosítja.

A 35–240 mm² keresztmetszetű, váltakozó áramú kábelek szintén csatlakoztathatók a Precombined változatban, és beépített, közvetlen csatlakozású lemezekkel (V-kengyel) rögzíthetők.



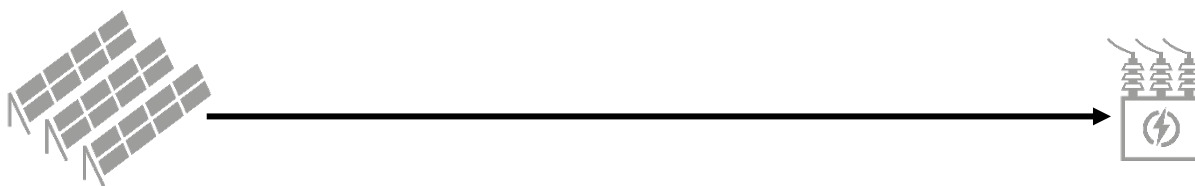
6. ábra: A beépített tömszelencés P változat csatlakozó részei

3.3 A változatok rendszerköltségeinek összehasonlítása

Az egyedi rendszerfeltételektől függően a rendszertervező eldöntheti, hogy a decentralizált vagy a centralizált rendszerkialakítás az előnyösebb a projekt egészére nézve. Mivel a Fronius Tauro lehetővé teszi ezt a rugalmasságot, nagy lehetőség rejlik a BOS költségek megtakarítására.

Az adott körülményektől függően különböző megtakarítások lehetségesek, amelyek a két kiviteli változat valamelyike mellett szólnak.

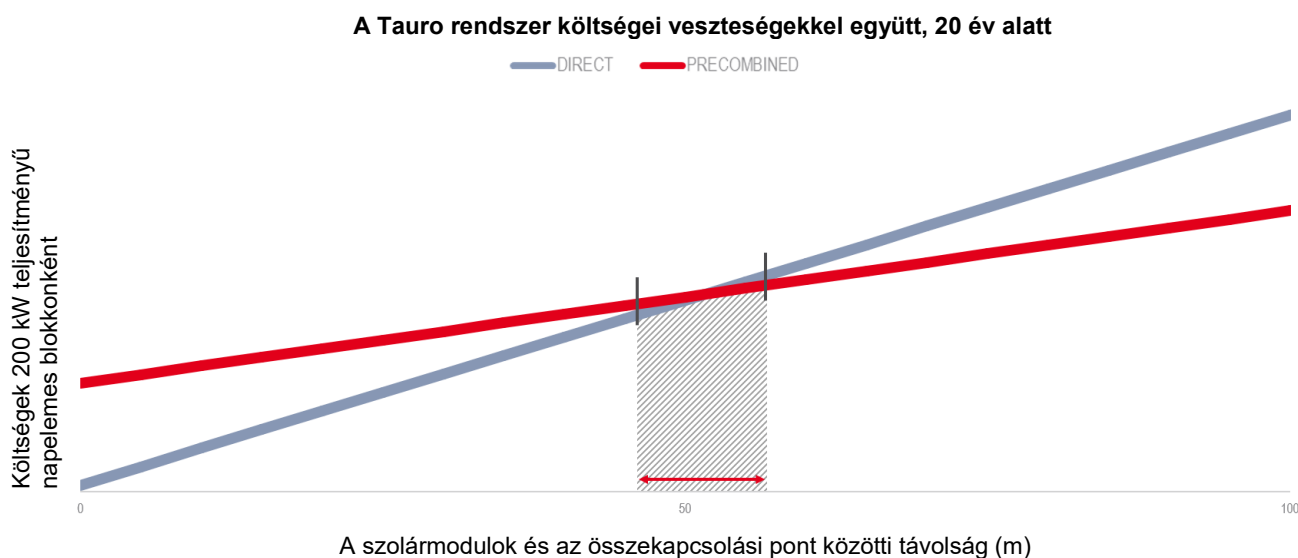
Az egyik döntő tényező, amely befolyásolja a rendszerkialakítás kiválasztását, a szolármodulok és a fő elosztótábla közötti távolság.



7. ábra: A modul mező és a fő elosztótábla / transzformátor közötti távolság

Mint az alábbi képen látható, minél nagyobb a távolság a fő csatlakozási pontig, annál jobban megéri a centralizált rendszerkialakítás alkalmazása.

Ebben a példában két azonos rendszer teljes rendszerköltségét hasonlítjuk össze 200 kWp teljesítményből kiindulva. Az inverterek, a kábelek, a rendszerelemek és a kábelszintű teljesítményveszteségek költségeit már figyelembe vettük az osztrák árak alapján.



8. ábra: A D és a P változat rendszerköltségének 2020. januári állapot szerinti összehasonlítása

Jól látható, hogy a különböző rendszerkialakítások kezdeti költségei eltérnek. A szolármodulok és a fő csatlakozási pont közötti távolságtól függően azonban ezek a költségek változnak. Ha például nőnek a távolságok, akkor a kábelek hossza, és emiatt a kábelbevezetés teljes ára és a hozamveszteség is nő. A két változat nyereségküszöbe körülbelül 50 méternél van.

Ez azt jelenti, hogy ha a modulok és a fő csatlakozási pont közötti átlagos távolság kevesebb, mint 50 méter, ebben a példában jövedelmezőbb decentralizált rendszert bevezetni a Tauro ECO Direct változatát alkalmazva. Ha nagyobbak a távolságok, gazdaságosabb lenne a Tauro ECO Precombined változatát alkalmazó centralizált rendszerkialakítás.

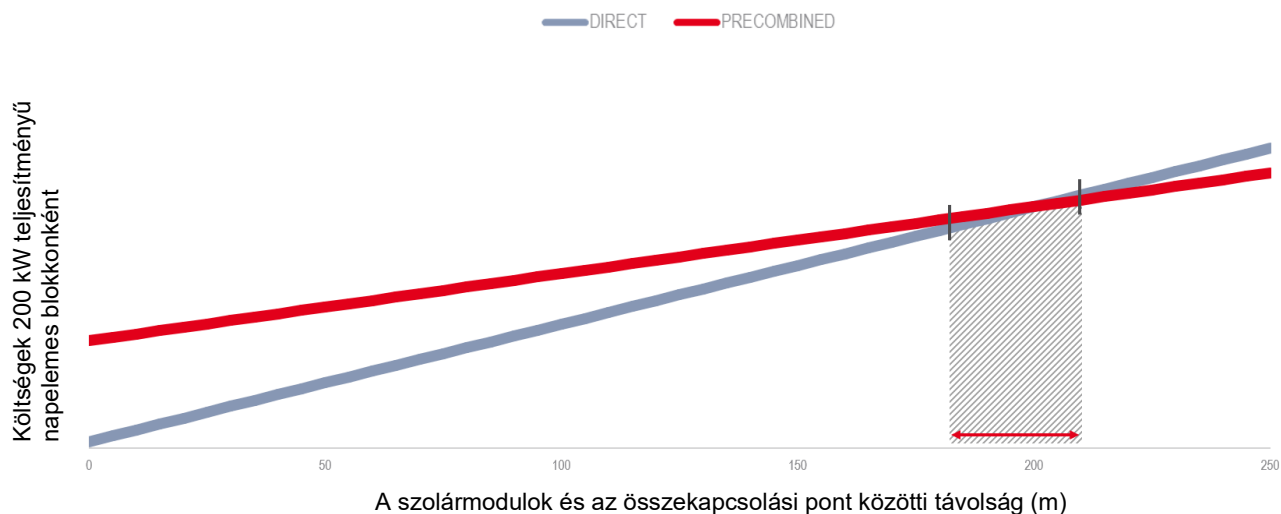
Mindegyik rendszert külön-külön kell azonban megvizsgálni, így a körülmények azt is megkövetelhetik, hogy a rendszertervező például 70 méteres átlagos távolságok esetén a Direct változatot válassza. A Tauro ECO készüléket arra tervezték, hogy átgondolt formaterv révén potenciális költségmegtakarítást kínáljon – függetlenül a változattól.

3.3.1 Középpontban a befektetési költségek

A kereskedelmi napelemes rendszerek bizonyos esetekben befektetési okokból létesülnek. Ebben az esetben a cél a napelemes rendszer néhány év elteltével történő értékesítése. Ekkor a hozamvesztesség kérdése gyakran figyelmen kívül marad gazdaságossági szempontból.

Feltételezve, hogy a kábelvesztések ilyen esetekben figyelmen kívül maradnak, a D változat a gazdaságosabb választás még nagy távolságok esetén is.

A Tauro rendszer költségei a kábelvesztések mellőzése esetén



9. ábra: A D és a P változat rendszerköltségének 2020. januári állapot szerinti összehasonlítása a teljesítményvesztések figyelmen kívül hagyásával

Ebben a helyzetben a kezdeti költségek szempontjából a Tauro ECO Direct változatát alkalmazó decentralizált rendszere lenne a nyereségesebb megoldás, ha a szolármodulok és a fő csatlakozási pont közötti távolság legfeljebb 200 méter.

3.4 A Tauro változatok alkalmazási területe

Összefoglalva a következő viszonyítási pontok állapíthatók meg:

P VÁLTOZAT	D VÁLTOZAT
Gazdaságossági szempontból ez jól alkalmazható az alábbi esetekben:	Gazdaságossági szempontból ez jól alkalmazható az alábbi esetekben:
/ Nagy távolság a modul mező és a transzformátor / fő csatlakozási pont között / Centralizált rendszerkialakítás / Az inverter elhelyezése a transzformátorállomás / fő csatlakozási pont közelében	/ Kis távolság a modul mező és a transzformátor / fő csatlakozási pont között / Decentralizált rendszerkialakítás / Az inverter elhelyezése a modul mező közelében

4 AC DAISY CHAINING OPCIO

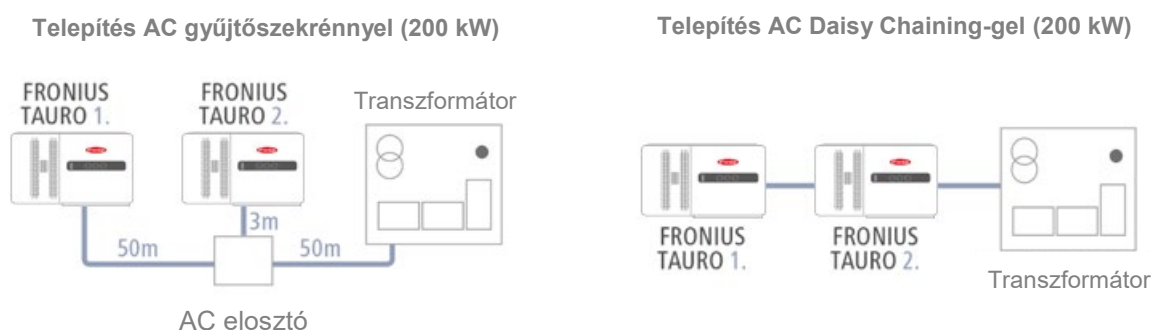
A Fronius Tauro az AC DAISY CHAINING tervezési opcióval is kapható, amely nagyobb rugalmasságot kínál a rendszer tervezésében, és hatalmas lehetőséget kínál a BOS költségek megtakarítására.

4.1 Mi az AC Daisy Chaining?

A Fronius Tauro berendezéshez az AC Daisy Chaining opció kapható. Ennél az opciónál egyszerűsített elosztót integrálnak az AC csatlakozó térbe, amely lehetővé teszi több inverter összekapcsolását az AC oldalon.

A kábelcsatlakozáshoz használt, speciális váltakozó áramú szakasz segítségével több, akár 200 kW teljesítményű eszköz is közvetlenül egymáshoz csatlakoztatható. Ez óriási megtakarítást eredményez a váltakozó áramú kábeleken és más alkatrészekben, például a váltakozó áramú elosztókon vagy a váltakozó áramú leválasztókon.

A napelemes blokkban található 200 kW-os egység esetében az AC Daisy Chaining sorba kapcsolás a következő hatással járna:



10. ábra: Rendszer összehasonlítás 1. AC gyűjtőszekrény és 2. AC Daisy Chaining opcióval

A kép bal oldalán található napelemes blokknak két napelem modulsora van, egyenként 100 kW teljesítményű inverterrel. A távolság és a kábel keresztmetszete miatt több váltakozó áramú elosztót kell használni a transzformátorhoz vezető nyomvonalon annak érdekében, hogy a váltakozó áramú kábeleket egyetlen pontban hozzák össze.

Ezzel szemben a – kép bal oldalán látható – AC Daisy Chaining opció használata esetén két 100 kW teljesítményű inverter, négy 50 kW teljesítményű inverter vagy a két változat keveréke csatlakoztatható egymáshoz a váltakozó áramú oldalon, és egy közös váltakozó áramú kábel szerelhető a transzformátorra / fő csatlakozóra. Ez a példa nemcsak a váltakozó áramú elosztón, hanem a váltakozó áramú kábelek egyharmadán is megtakarítást biztosít. Ez összességében hatalmas megtakarítást eredményez a BOS költségekben.

4.2 Az AC Daisy Chaining speciális, önálló alkalmazása

Az AC Daisy Chaining opcióval arra is lehetőség van, hogy az integrált AC csatlakozást kábel ikresítésre használjuk. Ez azt jelenti, hogy a fő csatlakozási ponthoz egyetlen váltakozó áramú kábel helyett két váltakozó áramú kábel vezethető egyidejűleg, a fő csatlakozási pontig.



11. ábra: Az AC Daisy Chaining opció önálló alkalmazása két párhuzamos váltakozó áramú kábellel

Ezáltal könnyen megduplázzható a kábel keresztmetszete. Ebből adódóan a váltakozó áramú teljesítményvesztés jelentősen csökken, ezért nagyobb távolságok hidalhatók át további váltakozó áramú elosztódobozok nélkül.

4.3 Hogyan térül meg az AC Daisy Chaining?

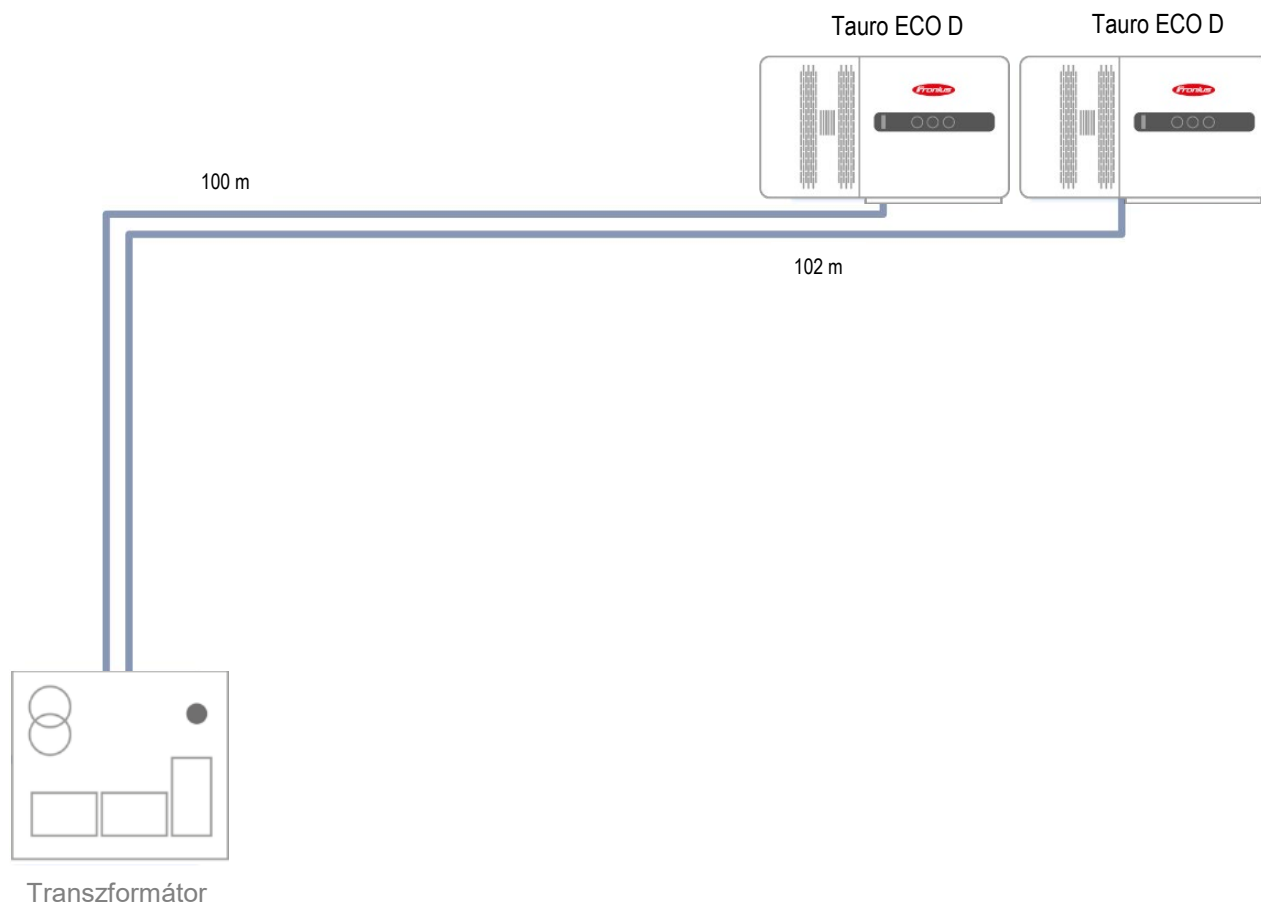
A következő oldalak ismertetik, hogy a Fronius Tauro milyen rugalmasan integrálható a decentralizált rendszerkialakításba, és milyen hatással van az AC Daisy Chaining opció a speciális topológiai kialakításokra.

4.3.1 D változat AC Daisy Chaining-gel és a nélkül

A következő példákban a D változatot az AC Daisy Chaining opcióval kombinálva vizsgáljuk. Ezekben a példákban decentralizált rendszerkialakítást feltételezünk, ahol az invertereket közvetlenül a modul mezők közelében helyezik el, így az egyenáramú kábelbevezetés elhanyagolható mértékű. Ezért a következő összehasonlításokban csak a AC kábelezést vesszük figyelembe.

1.A példa – AC Daisy Chaining nélkül

Decentralizált rendszerkialakítás, inverterek központi helyen csoportosítva, Direct változat

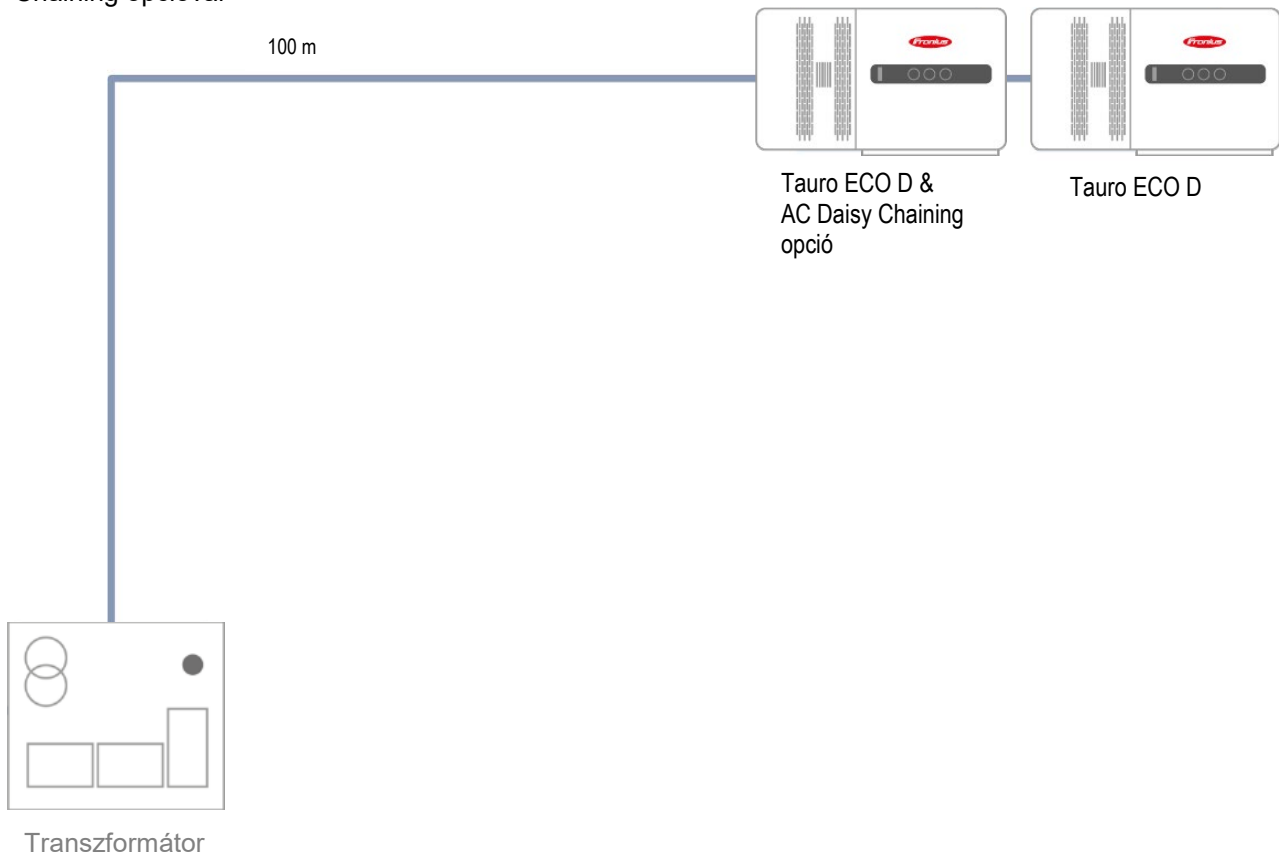


12. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK □ (€11,16/ MÉTER)	AC: 1x 100 m 120 mm ²	€1.116
	AC: 1x 102 m 120 mm ²	€1.138,32
		€2.254,32
HOZAMVESZTESÉGEK □ (€0,08 20 ÉV)	100 kW – 100 m – 120 mm ²	€1.242,39
	100 kW – 102 m – 120 mm ²	€1.267,23
		€2.509,62
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€4.763,94

1.B példa – AC Daisy Chaining opcióval

Decentralizált rendszerkialakítás, invertek központi helyen csoportosítva, Direct változat AC Daisy Chaining opcióval



13. ábra: AC Daisy Chaining opciós Tauro ECO D és Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás

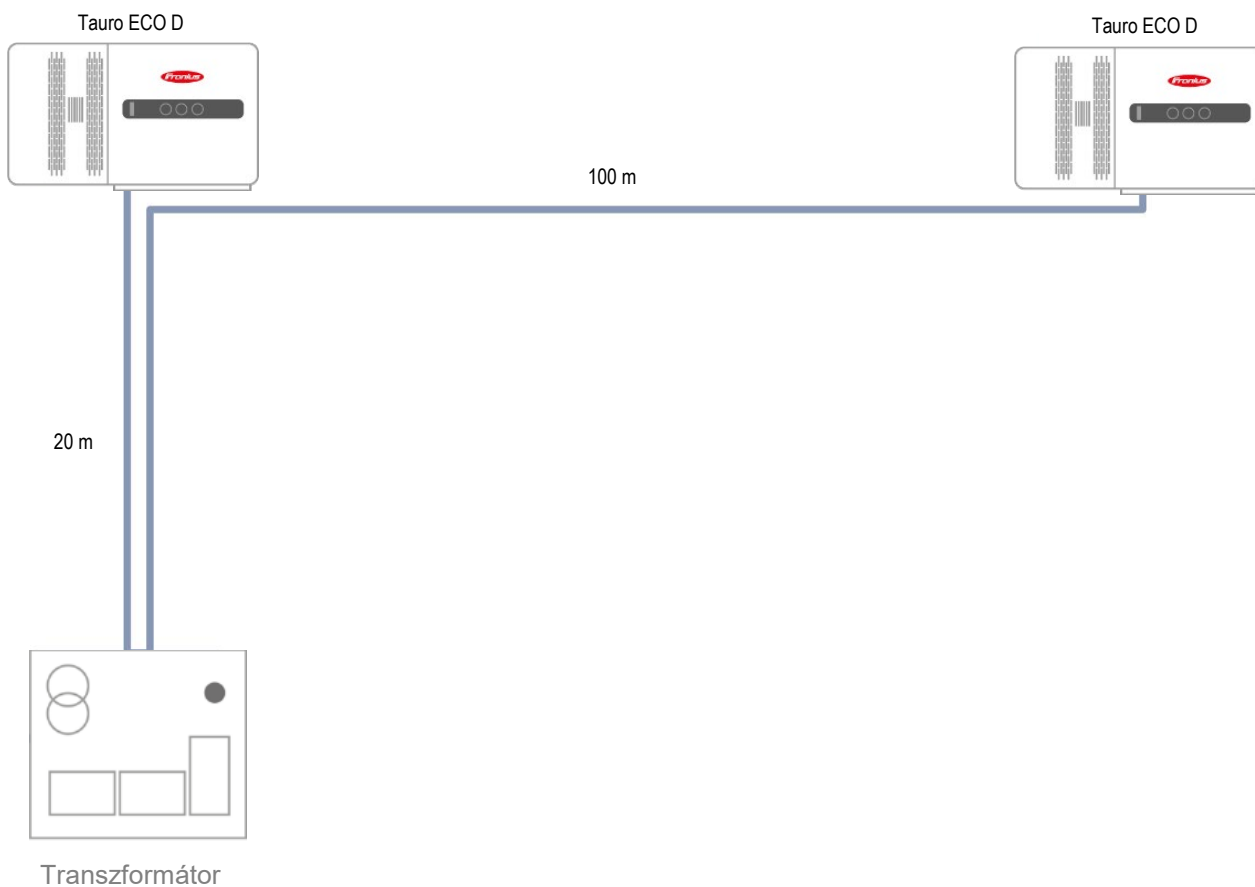
BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€17,64/ MÉTER)	AC: 1x 101 m 240 mm ²	€1.781,64
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	200 kW – 100 m – 240 mm ²	€2.484,77
	100 kW – 2 m – 240 mm ²	€12,44
		€2.497,21
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€4.278,85

Az összehasonlítás eredménye

Az AC Daisy Chainingopció még a váltakozó áramú kábel költségeit figyelembe véve is megtakarítást kínál. Ekkor az opció 472,68 euró költségmegtakarítást ér el, így **485,09** euró teljes megtakarítást eredményez.

2.A példa – AC Daisy Chaining nélkül

Decentralizált rendszerkialakítás, az inverterek egyértelműen különböző pozíciókban, Direct változat



14. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€11,16/ MÉTER)	AC: 1x 100 m 120 mm ²	€1.116
	AC: 1x 20 m 120 mm ²	€223,20
		€1.339,20
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	100 kW – 100 m – 120 mm ²	€1.242,39
	100 kW – 20 m – 120 mm ²	€248,48
		€1.490,87
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€2.830,07

2.B példa – AC Daisy Chaining-gel

Decentralizált rendszerkialakítás, az inverterek egyértelműen különböző elhelyezésben, Direct változat AC Daisy Chaining opcióval

Tauro ECO D & AC Daisy Chaining



15. ábra: AC Daisy Chaining opciós Fronius Tauro ECO D és Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás

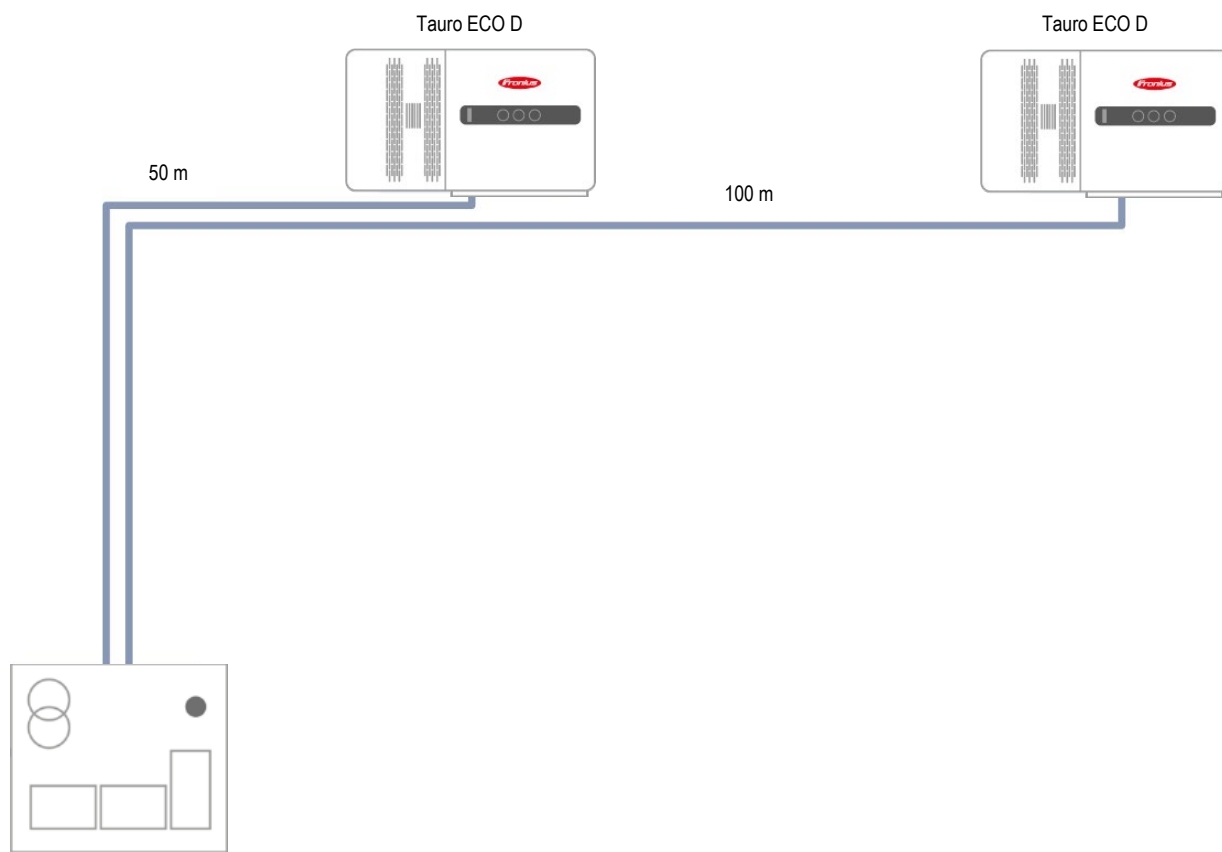
BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€17,64/ MÉTER)	AC: 1x 100 m 240 mm ²	€1.764
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	100 kW – 80 m – 240 mm ²	€496,96
	200 kW – 20 m – 240 mm ²	€496,96
		€993,92
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€2.757,92

Az összehasonlítás eredménye:

Ebben az esetben jól látható, hogy az AC Daisy Chaining opció miatt 424,80 euróval több AC kábelszámítás merül fel. Ennek oka a szükséges nagyobb, 240 mm²-es kábelkeresztmetszet. Ez a költségelőny azonban hosszú távon kiegyenlítődik a nagyobb AC veszteségek miatt. Az AC Daisy Chaining tehát összesen **72,15 eurónyi költségelőnyt** jelent a BOS költségek tekintetében.

3.A példa – AC Daisy Chaining nélkül

Decentralizált rendszerkialakítás, az inverterek különböző pozíciókban, Direct változat



Transzformátor

16. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€11,16/ MÉTER)	AC: 1x 100 m 120 mm ²	€1.116
	AC: 1x 50 m 120 mm ²	€558
		€1.674
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	100 kW – 100 m – 120 mm ²	€1.242,39
	100 kW – 50 m – 120 mm ²	€621,19
		€1.863,58
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€3.537,58

3.B példa – AC Daisy Chaining-gel

Decentralizált rendszerkialakítás, az inverterek különböző elhelyezésben,
Direct változat AC Daisy Chaining-gel



17. ábra: AC Daisy Chaining opciós Tauro ECO D és Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€17,64/ MÉTER)	AC: 1x 100 m 240 mm ²	€1.764
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	100 kW – 50 m – 240 mm ²	€310,60
	200 kW – 50 m – 240 mm ²	€1.242,39
		€1.552,99
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€3.316,99

Az összehasonlítás eredménye:

Az AC Daisy Chaining opcióval történő rendszerkialakítás minimális mértékben megnöveli a váltakozó áramú kábelköltségeket. Ha azonban hosszú távon figyelembe vesszük a váltakozó áramú veszteségeket, akkor a váltakozó áramú láncba kapcsolási opció **220,59 eurónyi** költségelőnyt jelent.

4.3.2 AC Daisy Chaining önálló alkalmazása kábel ikresítéssel

Az AC Daisy Chaining opció önálló alkalmazása esetén az integrált AC térben kábel ikresítést használunk, ezáltal megduplázva a kábel keresztmetszetét. Ennek eredményeként az AC teljesítményvesztés jelentősen csökken, így nagyobb távolságok hidalhatók át további AC elosztók nélkül.

A következő összehasonlításokban is csak az AC kábelbevezetést és a hozzá tartozó alkatrészeket vesszük figyelembe.

1.A példa – AC Daisy Chaining nélkül

Decentralizált rendszerkialakítás, Direct változat

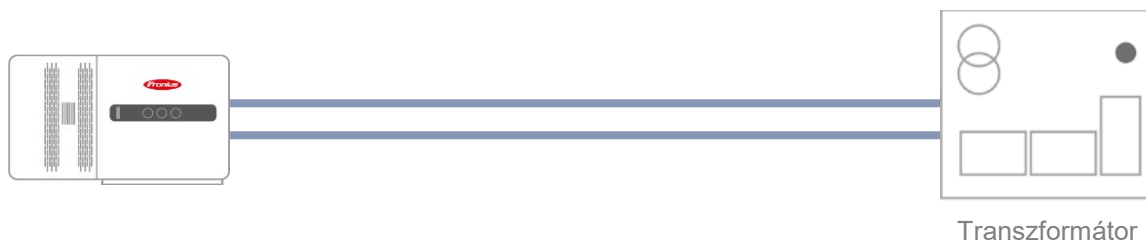


18. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás nagy távolságok áthidalására

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€11,16/ MÉTER)	AC: 1x 30 m 240 mm ²	€529,2
	AC: 2x 170 m 240 mm ²	€5.997,6
		6.526,8
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	100 kW – 30 m – 240 mm ²	€556,50
	2x 50 kW - 170 m - 240 mm ²	€1.576,75
		€2.133,25
RENDSZERELEMEK	1x AC elosztó doboz	€2.000
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€10.660,05

1.A példa – AC Daisy Chaining-gel

Decentralizált rendszerkialakítás, Direct változat AC Daisy Chaining opcióval, dupla kengyeles változathoz



19. ábra: AC Daisy Chaining opciót önálló alkalmazásként, nagy távolságok áthidalására használó Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€11,16/ MÉTER)	AC: 2x 200 m 240 mm ²	€7.056
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV)	2x 50 kW – 200 m – 240 mm ²	€1.855
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€8.911

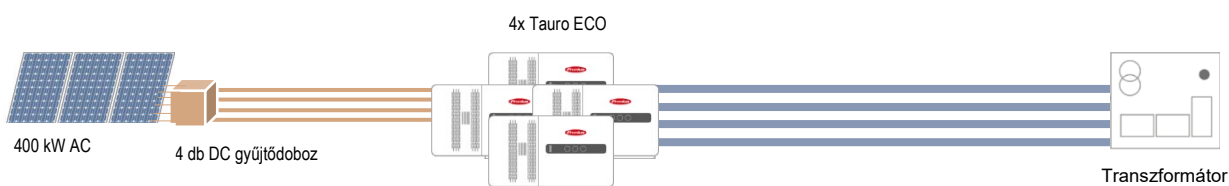
Az összehasonlítás eredménye

Kábel ikresítés alkalmazás esetén az AC Daisy Chaining opciót alkalmazó rendszerkialakítás jelentős költségelőnyöket kínál. Az AC kábelbevezetés költségei minimálisan magasabbak, de a veszteségeken és a rendszerelemeken megtakarítás érhető el. Mivel ehhez az opcióhoz nincs szükség AC elosztódobozra, az opció jelentős mértékű, **1749,05 euró/100 kW** költségelőnyt kínál.

4.4 P változat AC Daisy Chaining-gel és a nélkül

1.A példa – AC Daisy Chaining nélkül

Központosított rendszerkialakítás, az inverterek egy központi helyen, a modul mezőtől és a fő csatlakozási ponttól távol, Precombined változat

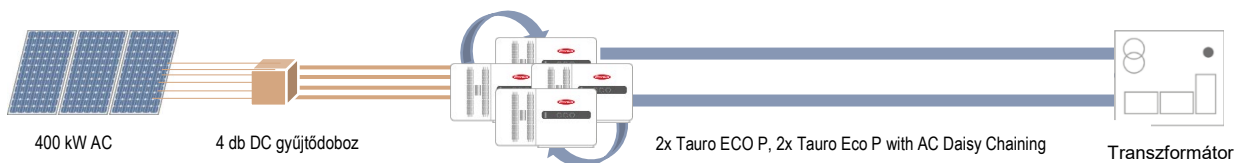


20. ábra: A Tauro ECO P változatát alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€11,16/ MÉTER)	DC: 2x4 150 m 70 mm ² (Egyerű kábel)	€4.406
	AC: 4x 100 m 120 mm ² (Többerű kábel)	€4.464
		€8.870
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV) 400 KW AC	DC: 2x4 50 kW - 150 m - 70 mm ² (Egyerű kábel)	€2.187
	AC: 4x 100 kW - 100 m - 120 mm ² (Többerű kábel)	€4.969
		€7.156
RENDSZERELEMEK	4 db DC gyűjtődoboz (100 kW, €1.000)	€4.000
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€20.026

1.B példa – AC Daisy Chaining-gel

Központosított rendszerkialakítás, az inverterek egy központi helyen, a modulmezőtől és a fő elosztótáblától távol, Precombined változat AC Daisy Chaining opcióval



21. ábra: Tauro ECO P berendezést és AC Daisy Chaining opciót alkalmazó rendszerkialakítás

BOS KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS	TÍPUS	KÖLTSÉGEK
KÁBELEK (€11,16/ MÉTER)	DC: 2x4 150 m 70 mm ² (Egyerű kábel)	€4.406
	AC: 2x 101 m 240 mm ² (Többerű kábel)	€3.563
		€7.969
HOZAMVESZTESÉGEK (€0,08 20 ÉV) 400 KW AC	DC: 2x4 50 kW – 150 m – 70 mm ² (Egyerű kábel)	€2.187
	AC: 2x 200 kW – 100 m – 240 mm ²	€4.969
	2x 100 kW – 1 m – 240 mm ² (Többerű kábel)	€12
		€7.168
RENDSZERELEMEK	4 db DC gyűjtődoboz (100 kW at €1.000)	€4.000
ÖSSZKÖLTSÉGEK		€19.137

Az összehasonlítás eredménye:

Az AC Daisy Chaining opciót alkalmazó félig centralizált rendszerkialakítás minimálisan több veszteséget, ugyanakkor kevesebb váltakozó áramú kábel miatti költséget eredményez. Következésképpen az AC Daisy Chaining opció a Precombined változattal kombinálva is költségelőnyt jelent, amely ebben az esetben **889 euró**.

A fenti összehasonlítások azt mutatják, hogy az AC Daisy Chaining nagyobb költségmegtakarítást jelent a D változatnál, mint a P változatnál. Ennek oka, hogy a Tauro ECO a D változatban decentralizált rendszerkialakításra készül, ezért sokkal nagyobbak a váltakozó áramú távolságai, mint az egyenáramú távolságai. Mint a korábbi összehasonlításokban bemutattuk az AC Daisy Chaining főleg az AC kábelbevezetésre és az ahhoz szükséges alkatrészekre van hatással.

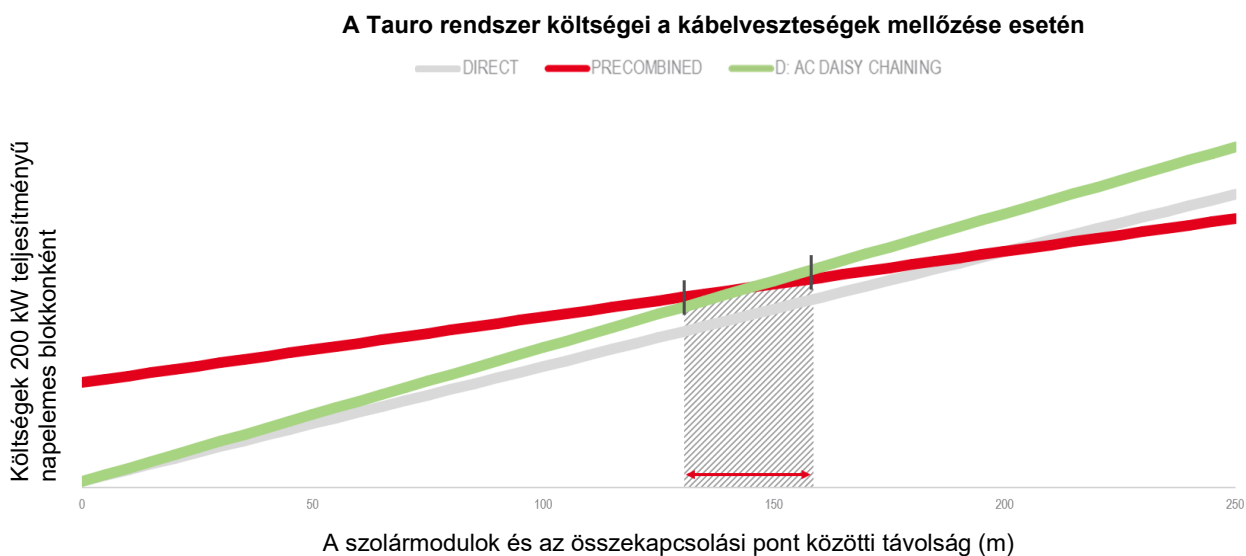
Megállapítást nyert, hogy az AC Daisy Chaining mindig költségelőnyt jelent az AC kábelbevezetés és a kapcsolódó rendszerelemek tekintetében. Ez a kábel ikresítést használó, önálló alkalmazásokra is érvényes. A kialakítási szabadság nagy lehetőségeket kínál olyan rendszerek számára is, ahol a kapcsolódó inverterek nagyon messze vannak a fő csatlakozási ponttól. Minél nagyobb a távolság a fő csatlakozási ponttól, annál nagyobb a költségelőny a AC Daisy Chaining nélküli D változathoz képest. Az opció különösen nagy megtakarítási lehetőséget kínál, ha a kapcsolódó eszközöket a hálózati csatlakozó pontján decentralizálják és szorosan egymás mellé helyezik. Ezzel szemben a hozamveszteséget a lehető legkisebb szinten lehet tartani, ha a felfűzött inverterek a lehető legközelebb vannak a fő csatlakozási ponthoz.

Így a korábbi összehasonlításokból arra lehet következtetni, hogy az AC Daisy Chaining bármilyen helyzetben költségelőnyt teremthet.

4.5 Az AC Daisy Chaining változatok költség-összehasonlítása

Amint a fenti összehasonlításokban olvasható, az AC Daisy Chaining opció nagy lehetőséget rejt a BOS költségek megtakarítására a projektben. Ez a potenciál azonban – az előző számítás alapján – általában nagyobb és a gyakorlatban valószínűbb, ha a Direct változattal kombináljuk, mintha a Precombined változattal.

Az alábbi ábra két azonos rendszer teljes költségét hasonlítja össze 200 kWp teljesítményből kiindulva. Az AC Daisy Chaining opciós Direct és Precombined változatot hasonlítottuk össze.



22. ábra: A Tauro ECO D és P változatának, valamint D változat az AC Daisy Chaining-gel kialakított rendszerköltségének 2020. januári állapot szerinti összehasonlítása

Mint látható, a különböző rendszerkialakítások kezdeti költségei eltérnek. A szolármodulok és a fő csatlakozási pont közötti távolságtól függően a kezdeti költségek a növekvő kábelhosszok miatt változnak. Ebben a példában a két változat költségeinek megtérülése körülbelül 65 méteres távolságnál következik be. Ez azt jelenti, hogy ha a modulok és a fő csatlakozási pont közötti átlagos távolság kevesebb, mint 65 méter, jövedelmezőbb decentralizált rendszert bevezetni a Tauro ECO Direct változatát és a váltakozó áramú láncba kapcsolási opciót alkalmazva. Ha nagyobbak a távolságok, gazdaságosabb lenne a Tauro ECO Precombined változatát alkalmazó centralizált rendszerkialakítás.

Összehasonlítottuk a Direct változatokat a váltakozó áramú láncba kapcsolással és a nélkül is. Az AC Daisy Chaining nélküli Direct változat világoszürke vonalként jelenik meg. Itt jól látható, hogy AC Daisy Chaining opció nélkül ez csak 50 méterig lenne jövedelmezőbb. Ez kiemeli az AC Daisy Chaining pozitív hatását a rendszer összköltségeire nézve.

5 ÖSSZEFOGLALÁS

Amint azt az előző szakaszban kifejtettük, a CAPEX fontos jellemző és általában döntési szempont a nagyszabású napelemes rendszerbe való befektetés során. Megállapítást nyert azonban, hogy az alkalmazott inverterek kezdeti árai nem meghatározóak a rendszer teljes költsége szempontjából. Érdemes közelebbről megvizsgálni az egyes termékjellemzőket, ezáltal megvalósítani a rendszer egészének költségelőnyeit.

Ahogy a fentiekben kiemeltük, a kábelek egy bizonyos időtartam alatt bekövetkező hozamvesztéseit sem szabad figyelmen kívül hagyni. Ezek meghatározóak a megtérülési időszak szempontjából, és különös jelentőséggel bírnak az energiatermelés teljes költsége (LCOE) szempontjából is. A nagyvonalú csatlakozási keresztmetszeteknek és a Fronius Tauro ECO különféle változatainak köszönhetően nagyobb hozam érhető el, és cserébe nyereséges nagyszabású napelemes rendszer valósítható meg.

Mint korábban kifejtettük, a Fronius Tauro a változatainak és opcióinak köszönhetően nagy rugalmasságot kínál az alkalmazási terület, következésképpen a rendszerkialakítás terén is. E jellemzőnek köszönhetően a Fronius Tauro a helyzettől összhangban bármely rendszerbe beilleszthető, ezáltal lehetőséget kínál BOS költségek megtakarítására is.

P VÁLTOZAT	D VÁLTOZAT
Gazdaságossági szempontból ez jól alkalmazható az alábbi esetekben:	Gazdaságossági szempontból ez jól alkalmazható az alábbi esetekben:
/ Nagy távolság a modul mező és a transzformátor / fő csatlakozási pont között	/ Kis távolság a modul mező és a transzformátor / fő csatlakozási pont között
/ Centralizált rendszerterv	/ Decentralizált rendszerterv
/ Az inverter elhelyezése a transzformátorállomás / fő csatlakozási pont közelében	/ Az inverter elhelyezése a modul mező közelében

Sőt, a Fronius Tauro nagyszerű megtakarítási lehetőséget kínál az egyedülálló AC Daisy Chaining opciónak köszönhetően. Számításaink szerint az AC Daisy Chaining opció minden helyzetben költségelőnyt kínál. Akár 50% is megtakarítható a rendszerelemeken és az AC kábelbevezetésen.

Mindezen termékjellemzők azt jelentik, hogy a Fronius Tauro bármilyen rendszerkialakításba beilleszthető. Ezenkívül számos lehetőséget kínál a projekt kezdetén, valamint a folyamatos költségmegtakarítás és a nyereséges kereskedelmi rendszer megvalósításának lehetőségét is.

Érdeklődés:

Szaksajtó: Andrea SCHARTNER, E-mail: schartner.andrea@fronius.com, Froniusplatz 1, 4600 Wels, Austria.

6 ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A rendszeregyensúly-költségek összetétele. Forrás: kereskedelmi napelemes rendszer Észak-Olaszországban.....	6
2. ábra: Váltakozó áramú oldali kábelveszteségek 125 métert meghaladó távolság esetén, példa: 2 MWp teljesítmény, 20 éves üzem.....	8
3. ábra: Decentralizált rendszerkialakítás, kis távolsággal a fő csatlakozási pontig.....	9
4. ábra: A beépített MC4 csatlakozós D változat csatlakozó része.....	9
5. ábra: Centralizált rendszerkialakítás, nagy távolsággal a fő csatlakozási pontig.....	10
6. ábra: A beépített tömszelencés P változat csatlakozó részei.....	10
7. ábra: A modul mező és a fő elosztótábla / transzformátor közötti távolság.....	11
8. ábra: A D és a P változat rendszerköltségének 2020. januári állapot szerinti összehasonlítása.....	11
9. ábra: A D és a P változat rendszerköltségének 2020. januári állapot szerinti összehasonlítása a teljesítményveszteségek figyelmen kívül hagyásával.....	12
10. ábra: Rendszer összehasonlítás 1. AC gyűjtőszekrény és 2. AC Daisy Chaining opcióval.....	13
11. ábra: Az AC Daisy Chaining opció önálló alkalmazása két párhuzamos váltakozó áramú kábellel.....	14
12. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás.....	15
13. ábra: AC Daisy Chaining opciós Tauro ECO D és Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás.....	16
14. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás.....	17
15. ábra: AC Daisy Chaining opciós Fronius Tauro ECO D és Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás.....	18
16. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás.....	19
17. ábra: AC Daisy Chaining opciós Tauro ECO D és Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás.....	20
18. ábra: A Tauro ECO D változatát alkalmazó rendszerkialakítás nagy távolságok áthidalására.....	21
19. ábra: AC Daisy Chaining opciót önálló alkalmazásként, nagy távolságok áthidalására használó Tauro ECO D berendezést alkalmazó rendszerkialakítás.....	21
20. ábra: A Tauro ECO P változatát alkalmazó rendszerkialakítás.....	22
21. ábra: Tauro ECO P berendezést és AC Daisy Chaining opciót alkalmazó rendszerkialakítás.....	23
22. ábra: A Tauro ECO D és P változatának, valamint D változat az AC Daisy Chaining-gel kialakított rendszerköltségének 2020. januári állapot szerinti összehasonlítása.....	24

7 FORRÁSOK

<i>Források</i>	<i>"Total costs of ownership", https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/total-cost-ownership-49401, 20.04.2020</i>
<i>Magyarázat</i>	<i>[Prof. Dr. Dr. h.c. Jürgen Weber, WHU – Otto Beisheim School of Management, Institute for Management and Controlling (IMC)] "Total costs of ownership", https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/total-cost-ownership-49401, 20.04.2020</i>

<i>Források</i>	<i>"Capital expenditures", https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/capex-52700, 20.04.2020</i>
<i>Magyarázat</i>	<i>[Unknown author, therefore no information] "CAPEX", https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/capex-52700, 20.04.2020</i>

<i>Források</i>	<i>"BOS costs", https://sinovoltaics.com/learning-center/basics/balance-of-system-bos/, 20.04.2020</i>
<i>Magyarázat</i>	<i>[Dricus, Managing Director at Sinovoltaics Group] "Balance of System (BOS): what is it?", https://sinovoltaics.com/learning-center/basics/balance-of-system-bos/, 20.04.2020</i>

<i>Források</i>	<i>"Operational expenditures", https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/opex-52701, 20.04.2020</i>
<i>Magyarázat</i>	<i>[Unknown author, therefore no information] "OPEX", https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/opex-52701, 20.04.2020</i>

8 FÜGGELÉK

Függelék a 2. ábrához: Váltakozó áramú oldali kábelveszteségek 125 métert meghaladó távolság esetén, példa: 2 MWp teljesítmény, 20 éves üzem

Feszültségesés-számítás

R +/-	R	AC Alu Ω (Leitung)	x	Länge (m)	/	Querschnitt (mm ²)
0,03	0,02			125,00		240,00
L1	I [A] 144,93	P [W] 33333,00	/	U [V] 230,00	99999,00	
L2	I [A] 144,93	P [W] 33333,00	/	U [V] 230,00		
L3	I [A] 144,93	P [W] 33333,00	/	U [V] 230,00		
L1	2,32	Spannungfall [V] (Ohmleitung x Ip)+(Ohmleitung x In)		336,93	W	
L2	2,32	Spannungfall [V] (Ohmleitung x Ip)+(Ohmleitung x In)		336,93	W	
L3	2,32	Spannungfall [V] (Ohmleitung x Ip)+(Ohmleitung x In)		336,93	W	
	1010,80	Verlustleistung [W] P (L1)+ P (L2) + P (L3) + Pn				
	1,01	Verlustleistung [%]				

Veszteség euróban (AC-Alu)

Finanzielle Kosten durch Kabelverluste					
Anlagengröße (kWp)	2000				
Gesamt Kabelverlust		DC-Kupfer 0,51%	AC-Kupfer 0,59%	AC-Alu 0,51%	DC-Module 0,23%
Einspeisevergütung (ct/kWh)	8				
Kosten durch verlorene Einspeisevergütung (1000 kWh/kWp)					
	pro Jahr	815 €	950 €	809 €	375 €
	in 20 Jahren	16.308 €	19.009 €	16.173 €	7.508 €

Példa az európai hatásokra:

Verlustleistung		Euro-Verlust	AC-Alu	
P/Pnenn	Pverlust	Faktor	Gesamt [W]	
5,00%	50,54	0,03	1,52	
10,00%	101,08	0,06	6,06	
20,00%	202,16	0,13	26,28	
30,00%	303,24	0,10	30,32	
50,00%	505,40	0,48	242,59	
100,00%	1010,80	0,20	202,16	
		1,00	508,94	
			0,51	€-Verlust %

Kábel keresztmetszete (mm ²)	Számítási módszer	Veszteségek 20 év alatt (€)
240	$2000 \text{ kWp} * 1000 * 8 \text{ ct/kWh} * 0,51\% = \text{€}809/\text{year} * 20 \text{ years} = \text{€}16,173/20 \text{ years}$	16.173,44
185	$2000 \text{ kWp} * 1000 * 8 \text{ ct/kWh} * 0,66\% * 20 \text{ years}$	20.981,65
150	$2000 \text{ kWp} * 1000 * 8 \text{ ct/kWh} * 0,81\% * 20 \text{ years}$	25.877,28
120	$2000 \text{ kWp} * 1000 * 8 \text{ ct/kWh} * 1,01\% * 20 \text{ years}$	32.346,51
95	$2000 \text{ kWp} * 1000 * 8 \text{ ct/kWh} * 1,28\% * 20 \text{ years}$	40.858,65