



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Villamos Energetika Tanszék

Kazsoki Attila Sándor

**Fogyasztói berendezések energia-felvételének
és napelemek termelésének egyidejűsége ház-
tartási szinten**

Tudományos Diákköri Munka

KONZULENS

Dr. Hartmann Bálint

BUDAPEST, 2016

Összefoglaló

A tudományos diákköri munkám keretén belül a témám a fogyasztói berendezések energiafelvételének és napelemek termelésének egyidejűségének vizsgálata volt.

Először egy napelemes rendszer villamosenergia-termelését vizsgáltam telepített napelemes rendszer valós, mért adataiból. A napelemes rendszer egy lapos tetőre szerelt, D-i tájolású, 15-20°-os dőlésszögű, eltérő gyártmányú panelekből összeállított rendszer. Adott helyen közel ideális telepítéssel.

A kapott adatok a napelemek által, adott időpontig termelt összes villamosenergiát tartalmazták. (Mennyi energiát termelt a napelem a hálózatra az invertereken keresztül.) A vizsgált időintervallum 241 napot ölel fel.

Három adatsort kaptam három inverterre külön-külön. Az adatsorokban a mintavételezés felbontása közel negyedórás, de ez naponként és inverterenként eltérő. Sőt vannak időszakok, ahol több óráig nem történik mintavételezés. A mintavételezés csak az egyes napok világos időszakaiban történt, sötétekben nem.

Először az össztermelésből napi termelési grafikont csináltam, úgy hogy a két mérési idő közti értéket számítottam az össztermelésből. Ezen látszott az, hogy a mintavételes hiányos és egyenlőtlen. A rendelkezésre álló adatokból iteráció segítségével készítettem minden napra, ami a vizsgált intervallumba esik, egy 96 elemből álló vektort. Így minden napra kaptam egy „szabályos” felbontást.

Ezek után el tudtam készíteni a kívánt statisztikát. Itt mindhárom inverterre a napi (negyedórás) átlagtermelést, napi össztermelést, napi (negyedórás) maximum értéket, havi (negyedórás) átlagtermelést, havi össztermelést, havi (negyedórás) maximum értéket megkerestem. Ezek után mind a hat statisztikára elkészítettem egy sűrűségfüggvényt és egy eloszlásfüggvényt, ezzel 12 diagramot kaptam. Ezek után a három inverter által szolgáltatott adatok átlagával dolgoztam. Ezen átlagokból származó tapasztalati sűrűség-, és eloszlásfüggvényeket nevezetes eloszlással próbáltam közelíteni.

Ezek után a kapott fogyasztási adatokat hasonlítottam a termeléshez.

Mivel önfogyasztásra vizsgáljuk a rendszert (mintha szigetüzemben üzemelne), ezért a termelést és a fogyasztást is egyre normáltam. Mivel termelésre vonatkozó adatok csak három évszakra állnak rendelkezésre, és ezen évszakokat egymáshoz hasonlítottam, az őszt vettem referenciának, az őszi termelést és fogyasztást normáltam egyre. Ezzel elérve azt, hogy egy adott napon belül a megtermelt villamosenergia fedezi a fogyasztást.

A kapott fogyasztási adatokban 3 hónap fogyasztása van. A vizsgált lakossági fogyasztóknál a villamosenergia-igény nem nagyon mutat szezonalitást. Ezért a 3 hónap fogyasztását, mint 3 lakossági fogyasztót kezelhetjük. A vizsgálat során a három adatsor átlagával dolgoztam.

Havi termelések és fogyasztások összes kombinációját vizsgáltam. Minden negyedórában megnéztem a fogyasztás és a termelés különbségét, majd a különbségek átlagát diagramon ábrázoltam.

Ezen diagramokból a termelés és fogyasztás havi szintű eltéréseit látva következtetéseket vonhatunk le a rendszer működéséről. Látszik rajtuk a fogyasztói rutin és magatartás.

Ezek után a lakossági szintű napelemes rendszerbe integrálható energiatárolási lehetőségeket néztem meg. Arra jutottam, hogy lakossági szinten a legcélszerűbb alkalmazás az akkumulátoros energiatárolás lehet. Itt az egyes technológiákat összehasonlítottam és megnéztem, hogy ha lehetséges, akkor milyen anyagi ráfordítással lehetséges a fogyasztó szigetüzemű ellátása.

Tartalomjegyzék

Összefoglaló.....	i
Tartalomjegyzék.....	iii
Napelemes energiatermelés	ix
A napelem.....	x
Vizsgált napelemes rendszer.....	xi
Termelésre vonatkozó mérési adatok	xi
1. Inverterekhez készített termelési statisztika	xiv
1.1 Napi össztermelés [kWh]	xiv
1.2 Napi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh]	xiv
1.3 Napi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]	xv
1.4 Havi össztermelés [kWh].....	xvi
1.5 Havi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh].....	xvi
1.6 Havi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]	xvii
1.7 Konklúzió	xvii
2. Sűrűség-, és eloszlásfüggvények matematikai közelítése	xix
1. diagram : A három inverter napi átlagtermelése	xix
1. táblázat: Számított hibák elnevezése és matematikai leírása	xxi
2.1 Napi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással.....	xxii
2. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt.....	xxii
elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)	xxii
3. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt.....	xxiii
elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)	xxiii
2.2 Napi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással.....	xxiii
4. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt.....	xxiii
elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)	xxiii
5. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt.....	xxiv
elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)	xxiv

2.3	Napi maximum és közelítése Gamma-eloszlással	xxiv
	6. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt	xxiv
	elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)	xxiv
	7. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt	xxv
	elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)	xxv
2.4	Havi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással	xxv
	8. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt	xxvi
	elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)	xxvi
	9. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt	xxvi
	elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)	xxvi
2.5	Havi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással	xxvi
	10. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt	xxvii
	elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)	xxvii
	11. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt	xxvii
	elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)	xxvii
2.6	Havi maximum és közelítése Gamma-eloszlással	xxvii
	12. táblázat: Az átlagos rendszer havi maximumára számolt	xxviii
	elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)	xxviii
	13. táblázat: Az átlagos rendszer napihavi maximumára számolt	xxviii
	elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)	xxviii
3.	Fogyasztói és termelési adatok összevetése	xxix
3.1	Össztermelés	xxix
	2. diagram: A három inverter napi össztermelése	xxix
3.2	Fogyasztás	xxx
3.3	Termelés és fogyasztás összevetése	xxx
	3. diagram: Fogyasztás és termelés átlagos különbsége	xxxi
3.4	Termelés és fogyasztás havi összevetése	xxxi
	4. diagram: Egyes fogyasztói jelleggörbék alakulása (átlaghoz viszonyítva)	xxxii
	5. diagram: Termelés alakulása téli hónapokban (átlaghoz viszonyítva)	xxxii

6. diagram: Termelés alakulása nyári hónapokban (átlaghoz viszonyítva).....	xxxiii
7. diagram: Termelés alakulása őszi hónapokban (átlaghoz viszonyítva).....	xxxiii
3.5 Termelés és fogyasztás évszakok szerinti összevetése	xxxiv
3.5.1 Termelés-fogyasztás diagramok lefutásának évszakai befolyása.....	xxxiv
8. diagram: Fogyasztás és termelés különbségének évszakai átlagai.....	xxxiv
3.5.2 Nyári többletermelés és időbeliség jóságának kapcsolata.....	xxxv
9. diagram: Fogyasztás és termelés különbségének évszakai átlagai.....	xxxvi
3.5.3 Éjszakai időszak, mint „kisütés”	xxxvii
3.5.4 Pozitív és a negatív tartományok aránya	xxxvii
14. táblázat: Pozitív (többletermeléses) és negatív (többletfogyasztásos) tartományok hossza, aránya.....	xxxviii
4. Energiatárolás lehetőségeinek vizsgálata	xl
15. táblázat: Villamosenergia-tárolási módszerek	xli
4.1 Akkumulátor-tárolós napelemes rendszer felépítése	xlii
4.1.1 Az akkumulátorrendszer rákötése a váltakozó áramú hálózatra.....	xliii
4.1.2 Az akkumulátorrendszer rákötése a napelemes rendszer egyenáramú áramkörére	xliii
4.2 Akkumulátor.....	xliv
4.2.1 Ólom-savas akkumulátorok.....	xliv
4.2.2 Ólom-zelez akkumulátorok.....	xlv
4.2.3 Lítium-Ion akkumulátorok.....	xlv
4.2.4 Az akkumulátorok élettartama	xlvi
4.3 Az akkumulátoros rendszer kivitelezése.....	xlvii
4.4 A vizsgált rendszerre vonatkoztatott kalkulációk:	xlvii
10. diagram: Éves átlagos termelés és fogyasztás különbsége.....	xlviii
5. Összegzés, konklúzió.....	li
6. Felhasznált irodalom	lii
7. Függelék.....	liii
F1.1 Napi össztermelés [kWh]	liv
16. táblázat: Inverterek napi össztermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)	liv

11. diagram: Inverterek napi össztermelésére számolt sűrűségfüggvények.....	liv
17. táblázat: Inverterek napi össztermelésére számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)	lv
12. diagram: : Inverterek napi össztermelésére számolt eloszlásfüggvények.....	lv
F1.2 Napi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh]	lvi
18. táblázat: Inverterek napi átlagtermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)	lvi
13. diagram: Inverterek napi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények.....	lvi
19. táblázat: Inverterek napi átlagtermeléseire számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)	lvii
14. diagram: Inverterek napi átlagtermeléseire számolt eloszlásfüggvények	lvii
F1.3 Napi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]	lviii
20. táblázat: Inverterek napi maximumaira számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)	lviii
15. diagram: Inverterek napi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények.....	lviii
21. táblázat: Inverterek napi maximumaira számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)	lix
16. diagram Inverterek napi maximumaira számolt eloszlásfüggvények	lix
F1.4 Havi össztermelés [kWh].....	lx
22. táblázat: Inverterek havi össztermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez).....	lx
17. diagram: Inverterek havi össztermelésére számolt sűrűségfüggvények	lx
23. táblázat: Inverterek havi össztermelésére számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez).....	lxi
18. diagram: : Inverterek havi össztermelésére számolt eloszlásfüggvények.....	lxi
F1.5 Havi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh].....	lxii
24. táblázat: Inverterek havi átlagtermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)	lxii
19. diagram: Inverterek havi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények	lxii
25. táblázat: Inverterek havi átlagtermeléseire számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)	lxiii
20. diagram: Inverterek havi átlagtermeléseire számolt eloszlásfüggvények.....	lxiii
F1.6 Havi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]	lxiv
26. táblázat: Inverterek havi maximumaira számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez).....	lxiv
21. diagram: Inverterek havi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények	lxiv
27. táblázat: Inverterek havi maximumaira számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez).....	lxv
22. diagram Inverterek havi maximumaira számolt eloszlásfüggvények	lxv
F2.1 Napi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással.....	lxvi

28. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt statisztika	lxvi
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez).....	lxvi
29. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt statisztika	lxvii
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez).....	lxvii
23. diagram: Napi össztermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxviii
24. diagram: Napi össztermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxviii
F2.2 Napi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással.....	lxix
30. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt statisztika.....	lxix
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez).....	lxix
31. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt statisztika.....	lxx
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez).....	lxx
25. diagram: Napi átlagtermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxi
26. diagram: Napi átlagtermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxi
F2.3 Napi maximum és közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxii
32. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt statisztika	lxxii
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez).....	lxxii
33. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt statisztika	lxxiii
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez).....	lxxiii
27. diagram: Napi maximumra vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxiv
28. diagram: Napi maximumra vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxiv
F2.4 Havi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxv
34. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt statisztika	lxxv
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez).....	lxxv
35. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt statisztika	lxxvi

(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez).....	lxxvi
29. diagram: Havi össztermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxvii
30. diagram: Havi össztermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxvii
F2.5 Havi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxviii
36. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt statisztika (elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez).....	lxxviii
37. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt statisztika (elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez).....	lxxix
31. diagram: Havi átlagtermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxx
32. diagram: Havi átlagtermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxx
F2.6 Havi maximum és közelítése Gamma-eloszlással	lxxxii
38. táblázat: Az átlagos rendszer havi maximumára számolt statisztika (elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez).....	lxxxii
39. táblázat: Az átlagos rendszer havi maximumára számolt statisztika (elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez).....	lxxxii
33. diagram: Havi maximumra vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxxiii
34. diagram: Havi maximumra vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással.....	lxxxiii

Napelemes energiatermelés

Napjainkra a fenntartható energiaellátás biztosítása kulcskérdéssé vált. Ez idáig a lakosság és az ipar energiaszükségletét fosszilis energiahordozókból állították elő, azonban ezen anyagok rendelkezésre állása már bizonytalan és korlátozott, hiszen mennyiségük rohamos léptékű csökkenést mutat. A légkörbe jutó szén-dioxid és egyéb mérgező gázok a természetre is pusztító hatást gyakorolnak ezzel hozzájárulva a globális felmelegedéshez is, mely számos ökológiai katasztrófát előidézhet. Ezért mind az energiatermelésre, mind az energiafogyasztásra nagy figyelmet kell fordítani. Átgondolt intézkedésekkel az energiaellátás bizonytalansága és a környezeti terhelés egyaránt csökkenthető. Ebben nagy szerepet játszanak a megújuló energiaforrások. Ezek olyan tartós energiahordozók, amelyek folyamatosan újratermelődnek, ezáltal kimeríthetetlenek. Sajnos a rendelkezésre állásuk az időjárásfüggő technológiák esetén nem szabályozható (pl. szélenergia, napenergia). A megújuló energiaforrások jelentősége, hogy alkalmazásuk a fosszilis energiahordozókat hasznosító energiaforrásokkal ellentétben kevésbé károsítja a környezetet, hasznosításával energetikai szükségleteink az adott gazdasági fejlettség szintjén kielégíthetők. Ilyen megújuló energiaforrások közé tartozik a napenergia, a vízenergia, a szélenergia, a geotermikus energia és a különböző formában megjelenő biomassa is.

A napenergia a megújuló energiafajták azon formája, amely közvetlenül jelen van, ezáltal is jelentősen befolyásolva a természeti környezetben lejátszódó folyamatokat. A napenergia a legbőségesebben rendelkezésre álló megújuló energiaforrásunk. A napenergián a Napban lejátszódó magfúziós folyamatok során keletkező energiát értjük, melynek egy része a Napot körülvevő térben szétsugárzásra kerül. A teljes népesség egy éves energia-felhasználásának mennyiségét 3 óra napsugárzás képes fedezni. A Napból kisugárzott energia közvetlen (direkt) és szórt (diffúz) sugárzás formájában érkezik a földfelszínre.

A közvetlen sugárzás egyenes vonalú pályán érkezik a Napból és a fényre jellemző tulajdonságokkal bír. A Föld légkörének külső határára érkező napsugárzásnak csak mintegy 51 százaléka egy része éri el a földfelszínt. Ez 33% direkt sugárzásból, 18% szórt sugárzásból tevődik össze. A beérkező napsugáraknak körülbelül a 10 %-a visszaverődik, így ténylegesen a földfelszínre jutó napsugárzás a kibocsátott sugárzás mintegy 41 százaléka. Ezt a mennyiséget tudjuk hasznosítani energiatermelés céljából.

A napenergia hasznosításának legelterjedtebb módját két fő fajtája a közvetett és a közvetlen hasznosítás.

A közvetett hasznosításról akkor beszélünk, amikor a napenergia egy része a természeti jelenségekben (pl.: szélenergiában, a tengerek energiájában, a légkör és a földfelszín felmelegedésében, valamint a víz természetes körforgásában) jelenik meg.

A közvetlen hasznosítás szintén kétféle csoportba sorolható, aktív és passzív hasznosítás.

- Aktív hasznosítás esetén a napenergia hővé vagy villamos energiává alakítása során valamilyen átalakító eszközt vagy berendezést használunk. Aktív hasznosításra leggyakrabban a napelemet és/vagy a napkollektort alkalmazzuk.
- Passzív hasznosítás esetén a napenergia hasznosítása kiegészítő eszközök és berendezések nélkül történik.

A napelem

A napelem egy fotovillamos elem, amely a Nap sugárzási energiáját közvetlenül villamos energiává alakítja át, majd ezután azt a kommunális hálózatba táplálja, vagy energiatároló berendezésben tárolják. Mivel a napelem csak 12 V vagy 24 V nagyságú egyenfeszültség előállítására alkalmas, és ezt sem lakossági, sem ipari fogyasztó ilyen formában nem tudja hasznosítani, váltakozó feszültséggé kell azt alakítani, melyet erre a célra kifejlesztett berendezés (inverter) végez el.

A napelemek vékony szilícium lapkákból épülnek fel, melyeket különböző típusú hordozófelületre visznek fel, ezzel biztosítva a mechanikai szilárdságot. Több szilícium lapkából cellákat képeznek, melyek összekapcsolásával hozzák létre a napelemeket. A napelemek teljesítménye függ a napelem típusától, méretétől. Egyes típusú és teljesítményű napelemek által megtermelt energia függ a napelemek elhelyezésétől, valamint az időjárási adatoktól, továbbá az év-, valamint napszaktól függően folyamatosan változik.

A napelem lehet fix telepítésű, vagy napkövető rendszerű. Fix telepítés esetén megfelelő tájolással a beépített napelem a napkeltétől napnyugtáig folyamatos villamosenergia-termelésre képes. A megtermelt energia mennyisége déli tájolás és 30°-os dőlésszög mellett maximális. Napkövető rendszer esetén a napelemeket egy forgató mechanizmuson helyezik el, mely követik a Nap mozgását, és úgy változtatja pozícióját (kör kerülete mentén) és a napelemek dőlésszögét, hogy a Nap beesési szöge a lehető legkisebb mértékben térjen el a merőlegetől. Ez a módszer jelentősen növeli a beruházási költséget.

Lakossági felhasználók esetén a Napkövető rendszernek esetlegesen lapostetős épületeknél van realitása, ugyanis mind esztétikai, mind statikai elvárásokat csak ebben az esetben tudjuk biztosítani. Ha-

gyományos, családi házak esetén (Magyarországon a házak nagy része ilyennek tekinthető) szinte kivétel nélkül fix telepítésű napelemeket használnak.

Vizsgált napelemes rendszer

A vizsgált napelemes rendszer a MTA KFKI telephelyén (1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.) elhelyezett kísérleti napelemes rendszer, melynek teljesítménye 20,47 kW.

A napelemes rendszer lapostetőre szerelt, fix telepítésű, D-i tájolású 15-20°-os dőlésszöggel. Ez a telepítési konstrukció adott helyen közel ideálisnak tekinthető.

A napelemes rendszerben 97 darab napelem található. Ezen rendszer több eltérő típusú és gyártmányú napelemből épül fel, így névleges méretük, és névleges teljesítményük is kismértékben eltér egymástól.

A napelemes rendszer napelemei 4 darab inverterre csatlakoznak, melyek közül 3 darab kisebb teljesítményű, egyforma gyártmányú (3kVA teljesítményű) és 1 darab nagyobb teljesítményű (10 kVA).

Termelésre vonatkozó mérési adatok

Három inverter által átalakított energia mért értékei állnak rendelkezésünkre. Ezen adatokat munkám során megkaptam. Azt, hogy a négy inverterből mely három adatai állnak rendelkezésünkre, nem tudtuk. Annyi információnk van, hogy a teljes rendszerben 3 darab SMA Solar Technology AG Sunny Boy 3000HF 3,0 kVA –es és 1 darab SMA Solar Technology AG Sunny Tripower 10000TL 10,0 kVA-es inverter került telepítésre.

A kapott adatok a napelemek által, adott időpontig termelt összes villamos energiát tartalmazták. (Mennyi energiát termelt a napelem a hálózatra az invertereken keresztül.) A vizsgált időintervallum 2014.07.01.-től 2015.02.26.-ig tart, azaz 241 napot ölel fel. Ezen időszakban található nyári, őszi és téli időszak is. A teljes statisztika szempontjából jobb lenne, ha teljes évet felölelné a vizsgált időszak.

Munkámhoz három adatsort kaptam a három inverterre külön-külön. Az adatsorban van egy idővektor, amely éééé.hh.nn. óó:pp:mpmp alakú. Az adatsorokban a mintavételezés felbontása közel negyedórás, de ez naponként és inverterenként eltérő. Legtöbb helyen csak a másodperces értékekben van eltérés, de több helyen a perces értékek között is. Sőt voltak időszakok, ahol több óráig nem történt mintavételezés. A mintákat csak a napok világos időszakában vették, sötétre nem.

A termelés mellé még lakossági felhasználó fogyasztási adatait is kaptam, melyek szintén negyedórás felbontásban álltak rendelkezésre.

Ahhoz, hogy a termelést és a fogyasztást minden negyedórában össze tudjuk hasonlítani, és azok különbségét tudjuk képezni a termelési adatokat is a fogyasztásihoz hasonló formátumra kellett hozni.

Ehhez a termelési adatokból a vizsgált 241 nap mindegyikére egy-egy 96 elemű vektort hoztam létre, melyben az elemek a 96 negyedóra vonatkoztak. A vektorokból összeálló mátrixban a hiányzó elemeket a mintavételezés nélkül telt idő össztermeléséből, iterációval számítottuk. Az iteráció során a mintavételezés nélküli időszak össztermelésének a szomszédos napok (előző és következő nap) adott negyedóráinak átlagtermelésével arányos részét vettük.

A termelt adatokból épített adatbázisnál a hiányzó adatok aránya az összes adat kb. 7-10% volt.

Az így kapott 3 inverter termelési adatait már nagy pontossággal meg tudtuk határozni.

A mért adatok alapján az összes megtermelt energia az egyes inverterekre: 1509,02 kWh, 1362,48 kWh, 1956,64 kWh.

Egy teljes év alatt a 1 kW-nyi napelem ideális telepítéssel ideális körülmények között 1100-1200 kWh villamos energiát termel meg. A megtermelt adatokból teljes bizonyosságból kizárható a 10 kVA-es inverter, mivel azon jóval több napelem helyezkedik el, így annak termelése is többet kellene, hogy adjon. Így a 3 inverter mindegyike teljes bizonyossággal 3 kVA-es. Az egyes inverterekre csatlakozó napelemek teljesítménye rendre 3,46 kW, 3,43 kW, 3,50 kW. A teljesítmények közti eltérés a rendszerben használt eltérő típusú és teljesítményű napelemekből adódik.

Mivel ez a termelés nem egy teljes évet ölel fel (a rendelkezésre álló napok alapján), így egy online napelemes energiatermelést számító szoftver segítségével megvizsgáltuk, hogy a mérés során felület idő (hónapok) alatt mennyi a rendszer energiatermelése.

Az alkalmazott szoftver: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe> linken érhető el. A szoftver használata során a kapott számítás és dokumentum kimenthető. A dokumentumon a rendszer által megtermelt villamos energia összege és havi felbontása is megtalálható, valamint az egyes hónapok termelési adatait grafikonon is ábrázolja (ha szükségünk van rá - választható opció).

A szoftver által számított villamos energiatermelés a vizsgált hónapokra az egyes inverterekre rendre: 2078,5 kWh, 2074,5 kWh, 2110,0 kWh. Ezen értékek nagyságrendileg közelítik a mérés során kapott értékeket. Az eltérés oka, hogy a mérés során voltak napok, amikor a rendszer nem működött, nemcsak mintavételezés, de termelés sem volt.

Ezek után a napi felbontás már elkészíthető volt, meg tudtam állapítani a kívánt értékeket. Itt mindhárom inverterre a napi (negyedórás) átlagtermelést, napi össztermelést, napi (negyedórás) maximum

értéket, havi (negyedórás) átlagtermelést, havi össztermelést, havi (negyedórás) maximum értéket megkerestem.

Ezek után mind a hat statisztikára elkészítettem egy sűrűségfüggvényt és egy eloszlásfüggvényt. Ezek elkészítéséhez az adatsorokat növekvő sorrendbe rendeztem, és a globális minimum és globális maximum érték közötti intervallumot matematikai megfontolásból 16 egyenletes nagyságú intervallumra osztottam. A rendezett adatokat egyes intervallumokba soroltam.

Ahhoz, hogy a sűrűség-, és eloszlásfüggvények ábrázolása során képzett diagram ideális felbontású legyen (nem túl kicsi és nem túl nagy), a vizsgált minta elemszámának négyzetgyökével megegyező intervallum alkalmazása célszerű. Jelen esetben a mintánk 241 elemű, melynek a négyzetgyöke megközelítőleg 15,5242, így célszerű a 16 egyenletes intervallum alkalmazása.

A sűrűségfüggvényhez az adott intervallumban található adatok elemszámát adtam meg. Majd ehhez készítettem egy oszlopdiagramot, hogy az invertereket össze tudjam hasonlítani. Ha a diagramok jellege egy-egy vizsgálati feltételnél hasonlít, akkor az invertek hasonlóan termelnek és működnek. Ezt el is várjuk, hiszen a három inverter azonos, és a megtermelt energia is hasonló nagyságrendben mozog. A sűrűségfüggvény alapján megállapítható az, hogy a fotovillamos rendszer a vizsgált időszakban, adott intervallumban, az idő hány százalékát „tölti” (napokban kifejezve).

Az eloszlásfüggvényt a sűrűségfüggvény baloldali integráljaként kapjuk. Jelen esetben ezt úgy kaptam, hogy adott kategóriáig összegeztem a saját és a tőle balra található kategóriák elemszámát. Az eloszlásfüggvényből az látszik, hogy az teljes időszakhoz képest a vizsgált elemek adott intervallumig az idő hány százalékát „töltik”.

Ezek után a kapott termelési adatokból kezdtem statisztikát készíteni, melyeket a következőkben fogok ismertetni.

1. Inverterekhez készített termelési statisztika

1.1 Napi össztermelés [kWh]

A három inverter napi össztermelésére készített statisztikák a Függelék F1.1 fejezetében láthatók. Az F1.1 fejezetben található 16. táblázat az egyes inverterek napi össztermelésre számolt statisztika adatait tartalmazza, melyekből a sűrűségfüggvény ábrázolása elvégezhető. A sűrűségfüggvény a 11. diagramon, oszlopos formátumban látható.

A napi össztermelésekre készített sűrűségfüggvények alapján látszik, hogy a három inverter közel azonos módon működött. A 2. jelű inverter az 1. intervallumban több napot dogozik, tehát a teljes napi termelés többször alacsonyabb, mint a másik kettő esetben. Ennek oka az lehet, hogy erre az inverterre csatlakozó napelemek árnyékosabb területen vannak.

Azt tudjuk, hogy a rendszerben található napelemek egy részét az épület mellett található fa kis mértékben árnyékolja. Azt viszont nem tudjuk, hogy ezek a napelemek melyik inverterre csatlakoznak. Erre csak a sűrűségfüggvényből tudunk következtetni. Másik oka lehet, hogy erre az inverterre csatlakozó napelemek teljesítménye kisebb, mint a másik két inverterre csatlakozó napelemeké. A 3 kVA teljesítményű inverterekre 128 Wp (27 darab), 245 Wp (14 darab) és 250 Wp (14 darab) teljesítményű napelemek csatlakoznak. A kapott sűrűségfüggvény alapján arra következtethetünk, hogy az 1. jelű inverterre a 27 darab 128 Wp teljesítményű napelem csatlakozik (3456 W), 2. jelű inverterre a 14 darab 240 Wp teljesítményű napelem csatlakozik (3430 W), 3. jelű inverterre a 14 darab 250 Wp teljesítményű napelem csatlakozik (3500 W).

A sűrűségfüggvényre számolt értékekből a feljebb említett módon számíthatjuk az eloszlás függvény egyes intervallumainak elemszámát is. Ezt a számítást szintén a függelék F1.1 fejezetében találjuk. A számítás során kapott értékeket a 17. táblázat tartalmazza. Az értékeket ábrázolva a 12. diagramon láthatjuk.

A napi össztermelésekre készített eloszlásfüggvények alapján látszik, hogy a három inverter közel azonos módon működött, mivel eloszlásfüggvényük közel azonosnak tekinthető. Az előzőekben a sűrűségfüggvények menetéből tett következtetést az eloszlásfüggvény is megerősíti.

1.2 Napi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh]

A napi átlagtermelés vizsgálata során az egyes napok negyedórás termelési értékeinek átlagát vettem, majd ezekhez az előzőekkel hasonló módon sűrűség-, valamint eloszlásfüggvényt készítettem. A napi átlagtermelésre számolt statisztika értékeit és azok ábrázolását a Függelék F1.2 fejezete tartalmazza. A

fejezetben található 18. táblázat a sűrűségfüggvények egyes intervallumainak elemszámát, a 19. táblázat az eloszlásfüggvények egyes intervallumainak elemszámát tartalmazza. A sűrűségfüggvények ábrázolását a 13. diagramon, az eloszlásfüggvények ábrázolását a 14. diagramon láthatjuk.

A napi átlagtermelésekre készített sűrűségfüggvények alapján látszik, hogy a három inverter közel azonos módon működött, mivel az általuk leírt görbe csak kis mértékben tér el egymástól.

A napi átlagtermelésre és a napi össztermelésre készített sűrűség-, és eloszlásfüggvények egymással megegyező görbemenetet adnak. Az előzőekhez képest (napi össztermelés) csak az egyes intervallumok határértékei változtak. A napi össztermelésre és a napi átlagtermelésre vonatkozó intervallum határértékek között a napi 96 negyedórából származó szorzó tényező teremt kapcsolatot.

A napi átlagtermelésekre készített eloszlásfüggvényekből szintén látszik a sűrűségfüggvényeknél is megállapított tény, miszerint a három inverter közel azonos módon működött, mivel eloszlásfüggvényeik által leírt görbemenet közel azonosnak tekinthető.

1.3 Napi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]

Ezen szempont elemzésekor a vizsgált napok negyedórás termelési értékei közül választottuk ki a maximális értékeket, majd a maximumokra végeztük el az előzőekben is ismertetett statisztikai elemzést. Az elemzés során kapott adatsorokat, melyeket a Függelék F1.3 fejezetében található 20. táblázat (sűrűségfüggvény) és 21. táblázat (eloszlásfüggvény) tartalmaz, ennél a szempontnál is grafikusán ábrázoltuk. A grafikus ábrázolás szintén az F1.3 fejezetben található. Itt a 15. diagramon a sűrűségfüggvény, a 16. diagramon az eloszlásfüggvény oszlopdigramos megjelenítése látható.

Ezen elemzési szempont vizsgálatakor azt már tudjuk, hogy az egyes inverterekre csatlakozó napelemek teljesítménye eltérő (1. jelű inverterre a 27 darab 128 Wp teljesítményű napelem csatlakozik (3456 W), 2. jelű inverterre a 14 darab 240 Wp teljesítményű napelem csatlakozik (3430 W), 3. jelű inverterre a 14 darab 250 Wp teljesítményű napelem csatlakozik (3500 W)). Ennek megfelelően alakulnak az egyes kategóriák elemszámai is. A nagyobb összteljesítményű részrendszerek a sűrűségfüggvényen a felsőbb kategóriákban több napon termelnek, mint kisebb összteljesítményűekben.

Ez a tendencia az eloszlásfüggvényen is megfigyelhető. Itt a nagyobb összteljesítményű részrendszer felfutási meredeksége nagyobb. A maximális értéket közel ugyan abban az intervallumban éri el, viszont a kezdeti értékek (az 1. intervallumban) jelentősen különböznek. A legnagyobbnak gondolt részrendszer (3. inverter és a hozzá csatlakozó napelemek) esetében a legkisebb a kiindulási érték (az 1. intervallumban).

1.4 Havi össztermelés [kWh]

A havi össztermelés vizsgálatakor a napi össztermeléseket használtuk fel. Az adott hónap napi össztermelését összegeztük, így megkaptuk a havi össztermelésre vonatkozó termelési értékeket. Habár itt csak 8 értékünk van inverterenként (vizsgált időintervallum kiterjedése csupán 8 hónap), mégis az előzőekben használt felbontással dolgoztunk. A globális minimum és maximum közti intervallumot szintén 16 egyenlő részre osztottuk. Az egyes intervallumok határértékei oly módon változtak, hogy itt az 1. intervallum alsó határa már nem nulla értékű lett. Ennek oka, hogy egyik inverter esetében sem volt olyan hónap, mely során a termelés zérus lett volna, ellenben a napi felbontásnál, hiszen ott volt nap, amikor az átalakító vagy a mintavételező berendezés nem üzemelt. Az így kapott statisztikai értékeket a Függelék F1.4 fejezete tartalmazza. Ebben a fejezetben is az előzőekben tapasztaltak szerint van két táblázat, meg a sűrűségfüggvény (22. táblázat), valamint az eloszlásfüggvény (23. táblázat) egyes intervallumaira kapott értékeket tartalmazza. Az eredmények grafikus ábrázolását a 17. diagramon és a 18. diagramon láthatjuk, rendre a sűrűség,- majd az eloszlásfüggvényt.

Ezen vizsgálat esetén, mint azt a diagramokon is láthatjuk, a grafikus felbontás nagysága meglehetősen nagy, így ezek értékelésekor óvatos következtetéseket vonhatunk csak le.

A sűrűségfüggvényeken láthatjuk, hogy a felsőbb kategóriákban csak az esetek kicsi hányadában van a termelés. Viszont a napi össztermelés vizsgálatakor tett megállapításaink ezen diagramok esetén is helytállónak bizonyulnak.

Azt, hogy a három inverter és a hozzá csatlakozó napelemes rendszer mérete közel hasonló, ezen adatok és diagramok alapján nagy biztonsággal nem jelentetjük ki, habár a görbék jellege némi nemű hasonlóságot mégis mutat.

1.5 Havi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh]

Ezen szempont vizsgálata során az egyes hónapokhoz tartozó napok átlagtermeléseit átlagoltuk, így kaptunk 8 értéket, melyekhez az előzőekben is látható módon statisztikát készítettünk. Itt is, mint a havi össztermelésnél, az adatsorok globális minimuma nem nulla, mivel itt sincs olyan hónap, ahol az átlagtermelés nulla lenne. Ezért az 1. intervallum alsó határértéke itt sem nulla, ellenben a napi átlagtermelésnél tapasztaltakkal. Ott volt olyan nap, amikor mind a 96 negyedórás adat zérus volt.

A havi átlagtermelésről készített statisztikai adatok a Függelék F1.5 fejezetében található. Az F1.5 fejezetben található 24. táblázat a vizsgált feltételre (havi átlagtermelés) készített, sűrűségfüggvények ábrázolásához szükséges adatokat tartalmazza. Míg a fejezetben található másik táblázat, a 25. táblázat, az eloszlásfüggvényekre vonatkozó statisztikai adatokat tartalmazza. A sűrűségfüggvények grafikus ábrázolását 19. diagramon, az eloszlásfüggvények grafikus ábrázolását a 20. diagramon láthatjuk.

A havi átlagtermelésekre készített sűrűségfüggvények alapján a három inverter közel azonos módon történő működéséről és termelési adatairól messzemenő következtetéseket nem vonhatunk le, mivel a grafikus ábrázolás felbontása igen nagy. Az eloszlásfüggvényeket ábrázoló grafikonon az egyes inverterekhez tartozó görbék bizonyos nemű hasonlóságot mutatnak, viszont csak ezek ismeretében maradéktalanul itt sem jelenthetjük ki, hogy a három inverterhez tartozó rendszer azonos módon működik.

1.6 Havi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]

A havi maximumra való statisztika készítése során az egyes hónapok termelési maximumát vizsgáltuk. Itt azt vizsgáltuk, hogy adott hónapban melyik negyedórában a legnagyobb a termelési érték. Itt a napi maximumokból indultunk ki, hiszen a havi maximum is ezekből az értékekből adódik.

A vizsgálat során a mérésben érintett 8 hónap mindegyikére kaptunk egy-egy maximum értéket, így minden inverterhez 8-8 érték áll rendelkezésre, melyekből a statisztikát elkészítettük. Ezen statisztikára kapott értékek a Függelék F1.6 fejezetében található táblázatokban, és diagramokon láthatók. A 26. táblázatban a sűrűségfüggvényre kapott értékek, a 27. táblázatban az eloszlásfüggvényre kapott statisztikai értékek találhatóak. Mind a sűrűség-, mind az eloszlásfüggvényt oszlopdiagramon is ábrázoltuk, melyek rendre a 21. diagramon és a 22. diagramon láthatók.

A statisztikába szereplő 1. intervallum alsó határa ezen vizsgálati szempontnál sem nulla, mivel nincs olyan hónap, amely során legalább egy napot ne üzemelt volna az inverter és a mintavételező berendezés.

Az előző, havi jellegű vizsgálatoknál megállapított túl nagy felbontás itt is jelentkezik. Míg az előzőekben az eloszlásfüggvényről az egyes inverterek hasonlóságára viszonylag durva becslést tudtunk adni, ebben az esetben ezt már sem a sűrűség-, sem az eloszlásfüggvényre nem célszerű alkalmazni.

1.7 Konklúzió

Amennyiben egy napelemes rendszerről nem állnak rendelkezésre adatok (inverterek teljesítménye, inverterre csatlakozó napelemek teljesítménye), mérési eredményekből napi mennyiségeket vizsgálva, majd ezekből sűrűség-, és eloszlásfüggvények készítésével az egyes inverterek hasonlósága megállapítható.

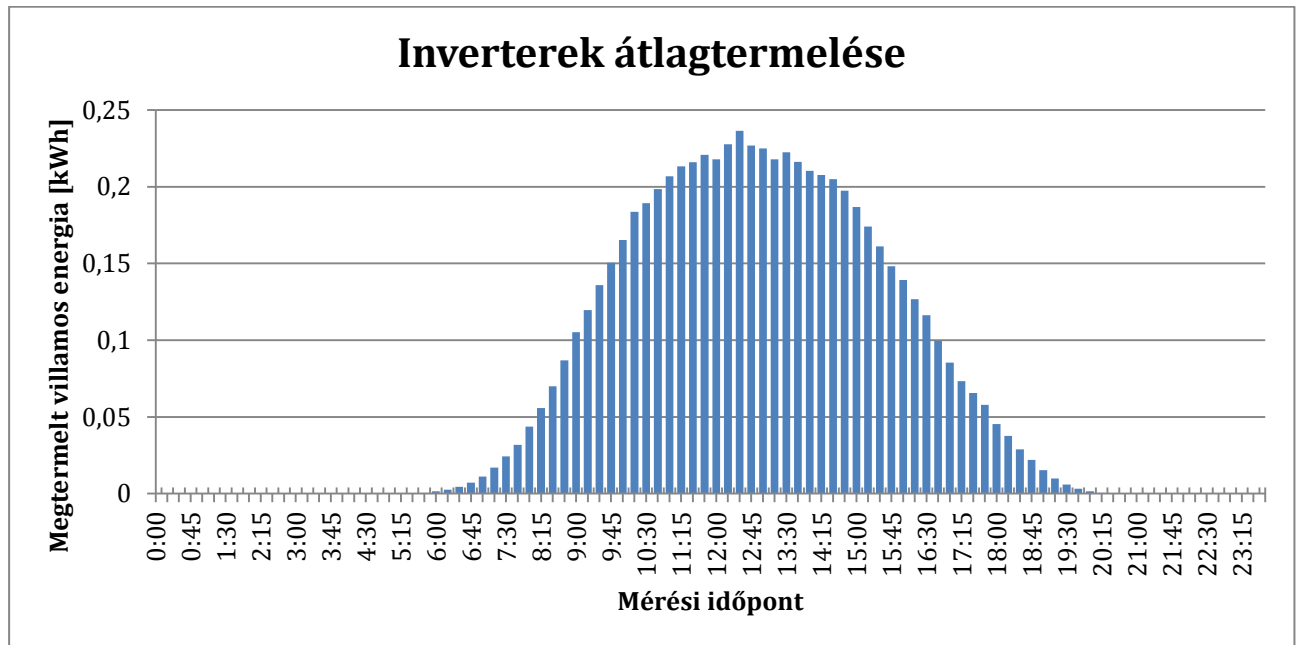
Az is látszik az egyes napi jellegű mennyiségekre készített diagramokon, hogy a napelemeket valami árnyékolja (fa, esetlegesen másik épület), hiszen ekkor az egyes részrendszerekhez tartozó görbék nem együtt futnak. Azon részrendszer van árnyékban, mely eloszlásfüggvényében az 1. intervallum

elemszáma érzékelhetően nagyobb, ugyanis ez azt jelenti, hogy az többször termel kevesebbet, mint a másikkak.

A további konklúzió nem szakmai, hanem technikai jellegű, ugyanis ha a vizsgált időintervallum kevés hónapot ölel fel, mint jelen esetben, akkor nem biztos, hogy szabad ugyan azt az intervallumstruktúrát alkalmazni, mint amikor a napi mennyiségeket vizsgáljuk. Ugyanis a viszonylag nagyszámú nappal elért jó felbontás a kevés számú hónap esetén túl nagy felbontást eredményez. Havi jellegű adatok esetén érdemes lehet másik felbontást választani. Jelen esetben mégis azért maradt a 16 intervallumos felbontás, mert méretezési ökölszabály alapján kapott 3 intervallumot (négyzetgyök 8 felső egész része) túl kevésnek találtam ahhoz, hogy bárminemű következtetést le tudjuk belőle vonni.

2. Sűrűség-, és eloszlásfüggvények matematikai közelítése

Mivel a három inverter névleges teljesítménye megegyezik (3kVA) és a három részrendszer teljesítménye is jó közelítéssel megegyezik, ezért a továbbiakban a három részrendszeren mért értékek átlagával dolgoztunk.



1. diagram : A három inverter napi átlagtermelése

A 1. diagram az átlagtermelésre vonatkozó napi átlagtermelést ábrázolja negyedórás felbontásban.

Az átlagértékekre képzett sűrűség-, és eloszlásfüggvények matematikai vizsgálatával az egyes görbék nevezetes eloszlásokkal közelíthetők. Ezzel a közelítéssel az egyes sűrűség-, és eloszlásfüggvények számszerűsíthetők, hiszen az elméleti görbék egyes paraméterei már ismertek. Ezzel a helyettesítő függvénnyel az átlagos megtermelt energiára vonatkozó statisztikai kiértékelése már egyszerűbben elvégezhető.

A tapasztalati sűrűség-, és eloszlásfüggvények elméleti közelítő görbáját a következő módszer alapján kerestük meg. Első lépésben a sűrűségfüggvények jellegét megnézve azzal sejtéssel élhetünk, hogy a görbék exponenciális eloszlás sűrűség-, és eloszlásfüggvényeire hasonlítanak. Azonban rá kell jönnünk arra, hogy az exponenciális eloszlás csak egyetlen paraméterrel rendelkezik, amit nem tudunk úgy beállítani, hogy az mind a sűrűség-, mind az eloszlásfüggvény menetét jól közelítse. Az exponenciális eloszláshoz hasonlító, két paraméterrel rendelkező nevezetes eloszlás a Gamma-eloszlás. Ennek az eloszlásnak a két paramétere az α , mely a görbe ferdeségét és a β lapultság jellemzi. Ezen két paraméter helyes megválasztása esetén mind a sűrűség-, mind az eloszlásfüggvényt az elméleti görbe jól köze-

líti. Speciális α és β paraméterek esetén visszkapjuk az exponenciális eloszlást. Napelemes rendszer öszstermelésének, átlagtermelésének és maximumainak becslésére jellemzően Gamma-eloszlást használunk, a görbe jól paraméterezhetősége miatt. Weibull eloszlással való közelítésre hasonlóan kis hibákat kapunk, mint a Gamma-eloszlásnál, viszont ezt inkább szélenergiás termelésre használjuk mivel ennek az eloszlásnak kettőnél több paramétere van. Szélenergia esetén eggyel több a változó, mint a napenergia esetén, ezért is indokolja ez a többparaméteres eloszlást.

Természetesen használhatnánk normális eloszlást is, és adott paraméterek esetén visszaphatnánk a Gamma-, és az exponenciális eloszlást is, viszont ennek paraméterezése bizonytalanabb.

A vizsgálat során voltak görbék, melyeknél a normális eloszlás kisebb hibával közelítette az empirikus görbét, viszont az összes tapasztalati görbét konzekvensen Gamma-eloszlással közelítettük.

Az egyes sűrűség-, valamint eloszlásfüggvények elméleti eloszlással való közelítéséhez a „MathWave EasyFit” elnevezésű, sűrűség-, és eloszlásfüggvények illesztésére specifikált szoftvert használtam. Ezen szoftver segítségével az egyes intervallum határait, illetve az intervallumok elemszámát megadva automatikusan illeszthetünk sűrűségfüggvényt. A szoftvernek a sűrűségfüggvény értékeit kell megadni, majd abból automatikusan számolja az eloszlásfüggvény értékeit, valamint a görbeillesztés, és annak paraméterezése is szintén automatikusan történik. Az értékek megadása az Excelhez hasonlóan, táblázatos formában történik. Az egyes értékek megadásakor figyelni kell arra is, hogy az egyes intervallumoknak ne a valószínűségét, hanem az elemszámát adjuk meg, hiszen a szoftver ezt a hisztogram ábrázolása, majd az ahhoz történő görbe illesztése során valószínűségi értékke konvertálja. Lehetőség van arra is, hogy egy, az előzőekben már használt Excel fájlt improtáljuk a programba, majd ennek értékeivel számoljuk. Ilyenkor nem kell manuálisan bevinni a sűrűségfüggvény értékeit. A görbeillesztés során érdemes arra figyelni, hogy az x tengely értékeit helyesen válaszuk meg. Ez a program az ábrázolás során más módszerrel dolgozik, mint az Excel. Jelen esetben figyelni kellett arra, hogy az intervallum alsó határértékeit adjuk meg, hiszen csak ekkor adott az Excellel megegyező eredményt. A görbeillesztés befejeztével lehetőség van arra is, hogy az egyes pontokra illesztett görbe valószínűségének adatait ellenőrizzük. Ezáltal meggyőződhetünk arról, hogy az Excelben, adott paraméterekkel illesztett sűrűség-, és eloszlásfüggvény egyes pontokban felvett valószínűségi értékei megegyeznek-e az EasyFit által illesztett görbék valószínűségi értékeivel. A szoftver sokféle eloszlásfüggvényt illeszt egyszerre. Ezen görbéket a Kolmogorov–Szmirnov módszer alapján is rangsorolhatja (az illesztés pontossága alapján növekvő sorrendben). Van lehetőség az Anderson-Darling módszer alapján történő rendezésre is. Jelen esetben a Kolmogorov–Szmirnov módszer alapján rangsoroltunk. Ennek az oka, hogy az előzetesen kitűzött Gamma-eloszlást az a módszer kisebb hibával közelítette.

Kolmogorov–Szmirnov próba olyan statisztikai teszt, ami két minta eloszlásának összehasonlítására alkalmas. Az algoritmus során egymintás t-próbát vizsgálunk a tapasztalati és az elméleti eloszlásfügg-

vény eltérésének maximuma alapján. Acélból alkalmazzuk, hogy két valószínűségi változó eloszlását összehasonlítsuk, vagy ellenőrizzük, hogy egy valószínűségi változónak csakugyan az az eloszlása, amit feltételeztünk. [1]

Mivel az EasyFit kimeneti adatai és az illesztett görbe egyaránt valószínűségi értékekre vonatkozik, így az empirikus sűrűség-, és eloszlásfüggvények oszlopdiagramon történő ábrázolásakor szintén valószínűségi értékeket kellett alkalmazni. Ehhez az átlagos rendszer egyes intervallumainak elemszámát leosztott a teljes vizsgált adatsor elemszámával. Ez napi össztermelés, napi átlagtermelés és napi maximum esetén 241, havi össztermelés, havi átlagtermelés és havi maximum esetén 8. Ezzel a tapasztalati hisztogram és az elméleti görbe mér egy közös diagramon ábrázolható.

Miután az EasyFit az Excellel megegyező értékeket adta, az egyes pontokra (intervallumokra) hibákat számoltunk, ezzel is számszerűsítve a közelítés jóságát. A számított hibaértékeket az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatban az egyes hibaértékek angol terminológia szerinti rövidítése (későbbiekben használt) mellett a magyar nevét, valamint számításának módját tartalmazza.

<p>MAD: (Mean Absolute Deviation) <i>Átlagos Abszolút Eltérés</i></p>	$\frac{\sum_{t=1}^n A_t - F_t }{n}$
<p>MSE: (Mean Squared Error) <i>Átlagos Négyzetes Hiba</i></p>	$\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}$
<p>RMSE: (Root Mean Square Error) <i>Átlagos Négyzetgyök Hiba (Effektív Hiba)</i></p>	$\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}}$
<p>MAPE: (Mean Absolute Percentage Error) <i>Átlagos Abszolút Százalékos Hiba</i></p>	$\frac{\sum_{t=1}^n \left \frac{A_t - F_t}{A_t} \right }{n} * 100$

1. táblázat: Számított hibák elnevezése és matematikai leírása

2.1 Napi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással

A korábbiakban leírtak alapján, e szempont alapján készített statisztikák az 1. Fejezetben ismertetett három inverter termelési adatainak átlagára készülnek. Az adatok átlagán a negyedórás termelési adatok átlagából képzett negyedórás adatsor értjük. Ez nem egyezik meg az egyes intervallumok elemszámának átlagával.

A napi össztermelésre készített statisztika a Függelék F2.1 fejezetében láthatók. Az F2.1 fejezetben található 28. táblázat az inverter napi össztermelésre számolt statisztika adatait tartalmazza, melyekből a sűrűségfüggvény ábrázolása elvégezhető. Az átlagolásból kapott tapasztalati sűrűségfüggvény és annak Gamma-eloszlással való közelítése a 23. diagramon látható.

A Gamma-eloszlást leíró paraméterek: $\alpha=0,9133$; $\beta=6,6299$

Azt, hogy az Gamma-eloszlással illesztett sűrűségfüggvény mennyire jól közelíti a tapasztalati sűrűségfüggvényt a 2. táblázat egyes értékei alapján állapíthatjuk meg.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0201	0,0017	0,0414	28,1201

2. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)

Az egyes hibaértékek tükrében látszik, hogy az elméleti görbe viszonylag nagy pontossággal közelíti a tapasztalati úton kapott görbét.

Az, hogy a MAPE érték ilyen magas, az döntően az első, valamint a tizenkettedik intervallumban tapasztalható nagy eltérés okozza.

Habár a Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján nem a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést, hanem a normális eloszlás, mégis az előzőekben kiválasztott Gamma-eloszlással közelítettük.

A Függelék F2.1 fejezetében található 29. táblázat, amely a napi össztermelésre és annak elméleti közelítésére készített statisztikát tartalmazza. Érdeemes megfigyelni, hogy az illesztett elméleti görbe 1. intervallumban más értéket vesz fel a sűrűség-, és más értéket vesz fel az eloszlásfüggvény esetén. Ennek oka a diszkrét eloszlás folytonos eloszlással való közelítése. Az eloszlásfüggvényt, és annak matematikai közelítő görbét a 24. diagram tartalmazza.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0515	0,0038	0,0614	9,2213

3. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)

A 3. táblázatban feltüntetett hibaértékeken látszik, hogy az illesztett eloszlásfüggvény már nagy pontossággal közelíti az empirikus úton kapott eloszlásfüggvényt. A sűrűségfüggvényénél tapasztalt MAPE érték itt már nem kirívóan magas. Ennek oka, hogy a Kolmogorov–Szmirnov tesztet a szoftver az eloszlásfüggvényre és annak közelítésére végzi el.

Habár a Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján nem a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést, hanem a normális eloszlás, mégis az előzőekben kiválasztott Gamma-eloszlással közelítettük.

2.2 Napi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással

A napi átlagtermelésre készített statisztikákat a Függelék F2.2 fejezete tartalmazza. Ebben a fejezetben található 30. táblázat inverter napi átlagtermelésére számolt statisztika adatait tartalmazza, mely a sűrűségfüggvény ábrázolásához elengedhetetlen. Az átlagolásból kapott tapasztalati sűrűségfüggvény és annak Gamma-eloszlással való közelítését a 25. diagramon grafikusan ábrázolva láthatjuk.

A Gamma-eloszlást leíró paraméterek: $\alpha=0,9133$; $\beta=6,6299$

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0201	0,0017	0,0414	28,1201

4. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)

A 4. táblázatban számolt egyes hibaértékek tükrében látszik, hogy az elméleti görbe viszonylag nagy pontossággal közelíti a tapasztalati úton kapott görbét. Az, hogy a MAPE érték ilyen magas, az döntően az első, valamint a tizenkettedik intervallumban tapasztalható nagymértékű eltérésnek köszönhető.

Habár a Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján nem a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést, hanem a normális eloszlás, mégis az előzőekben kiválasztott Gamma-eloszlással közelítettük.

A napi átlagtermelésre és annak elméleti közelítésére készített statisztikát a Függelék F2.2 fejezetében található 31. táblázat tartalmazza. Ezen elemzési szempontnál is megfigyelhető, hogy az illesztett görbe az 1. intervallumban más értéket vesz fel a sűrűség-, és más értéket vesz fel az eloszlásfüggvény

esetén. Ennek oka a diszkrét eloszlás folytonos eloszlással való közelítése. Az eloszlásfüggvényt, és annak matematikai közelítő görbáját a 26. diagram tartalmazza.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0515	0,0038	0,0614	9,2213

5. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)

Az 5. táblázatban feltüntetett hibaértékeken látszik, hogy az elméleti Gamma-eloszlással konstruált eloszlásfüggvény nagy pontossággal közelíti az inverter átlagtermelésére kapott eloszlásfüggvényt. Az előző fejezetben (2.1) is láttuk, hogy a sűrűségfüggvényénél tapasztalt MAPE érték itt már nem olyan magas. Ennek oka, hogy a Kolmogorov–Szmirnov tesztet a szoftver az eloszlásfüggvényre és annak közelítésére végzi el.

Habár a Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján nem a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést, hanem a normális eloszlás, mégis az előzőekben kiválasztott Gamma-eloszlással közelítettük.

2.3 Napi maximum és közelítése Gamma-eloszlással

A napi maximumra készített statisztikát a Függelék F2.3 fejezetében láthatjuk. Ebben a fejezetben található 32. táblázat inverter napi maximumára számolt statisztika adatait tartalmazza. Ezen adatokból a sűrűségfüggvény könnyen előállítható. Az inverterre számolt tapasztalati sűrűségfüggvény és annak Gamma-eloszlással való közelítését a 27. diagramon ábráztuk.

A Gamma-eloszlást leíró paraméterek: $\alpha=1,4418$; $\beta=3,7990$

A napi össztermelést és napi átlagtermelést közelítő Gamma-eloszlás paraméterei a napi maximum becslésekor megváltoznak, ugyanis az előzőekben elkészített statisztikák a napi maximumra készített statisztikától eltérnek, vagyis teljesen más eloszlást kell ugyancsak Gamma-eloszlással közelítenünk. Az új paraméterekkel való közelítés során sem nőnek az egyes hibamutató értékei.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0333	0,0018	0,0425	-

6. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)

A napi maximumokra készített sűrűségfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékeknél, melyeket a 6. táblázat tartalmaz, a MAPE értéket az előzőekkel ellentétben itt nem

tudunk számolni, mivel van olyan intervallum, amelynek elemszáma zérus (15. intervallum). A többi hibaérték viszonylag jónak tekinthető (kellően kis értéket vesznek fel).

Habár a Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján nem a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést, hanem a nevezetes eloszlások közül a normális eloszlás, mégis az előzőekben kiválasztott Gamma-eloszlással közelítettük.

A napi maximumot és annak Gamma-eloszlású közelítésére készített statisztikát a Függelék F2.3 fejezetében található 33. táblázat tartalmazza. Az eloszlásfüggvényt, és annak matematikai közelítő görbéjét a 28. diagramon láthatjuk.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0784	0,0080	0,0895	14,9117

7. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)

A napi maximumokra készített eloszlásfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékeknél, melyeket a 7. táblázat tartalmaz, a MAPE értéket az előző eloszlásfüggvényekhez képest jelentősen alacsonyabb. A többi hibaérték viszonylag jónak tekinthető (kellően kis értéket vesznek fel).

Habár a Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján nem a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést, hanem a nevezetes eloszlások közül a normális eloszlás, mégis az előzőekben kiválasztott Gamma-eloszlással közelítettük.

2.4 Havi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással

A havi össztermelésre készített statisztikát a Függelék F2.4 fejezete tartalmazza. Az itt található 34. táblázat tartalmazza az inverter havi össztermelésére számolt statisztika adatait. Ezen statisztikai adatokból a sűrűségfüggvény könnyen előállítható. Az inverterre számolt tapasztalati sűrűségfüggvény és annak Gamma-eloszlással való közelítését a 29. diagramon grafikusán ábrázoltuk.

A Gamma-eloszlást leíró paraméterek: $\alpha=1,2901$; $\beta=4,8435$

Itt is megfigyelhető, hogy a közelítő Gamma-eloszlás paraméterei megint változtak, ugyanis az előzőekben elkészített statisztikák a havi össztermelésre készített statisztikától eltérnek, vagyis teljesen más eloszlást kell szintén Gamma-eloszlással közelítenünk.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0593	0,0050	0,0706	-

8. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)

A havi össztermelésre készített sűrűségfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékeknek, melyeket a 8. táblázat tartalmaz, MAPE értéket a napi maximumhoz hasonlóan itt sem tudunk számolni, mivel több olyan intervallum van, amelyeknek elemszáma zérus. A többi hibaérték viszonylag jónak tekinthető (kellően kis értéket vesznek fel).

Itt Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést.

A napi maximumot és annak Gamma-eloszlású közelítésére készített statisztikát a Függelék F2.4 fejezetében található 35. táblázat tartalmazza. Az eloszlásfüggvényt, és annak matematikai közelítő görbéjét a 30. diagramon láthatjuk.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0961	0,0117	0,1081	17,9808

9. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)

A havi átlagtermelésre készített eloszlásfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékeknek, melyeket a 9. táblázat tartalmaz, a MAPE értéket az előző eloszlásfüggvényekhez képest hasonlóan alakul. A többi hibaértékben kismértékű növekedés észlelhető. Ennek oka az 1. fejezetben is ismertetett kis felbontás lehet, melyet a F2.4 fejezetben látható diagramokon is észlelhetünk.

Itt Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést.

2.5 Havi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással

A havi átlagtermelésre készített statisztikákat a Függelék F2.5 fejezete tartalmazza. Ebben a fejezetben található 36. táblázat inverter havi átlagtermelésére számolt statisztika adatait tartalmazza, mely a sűrűségfüggvény ábrázolásához szükséges. Az átlagolásból kapott tapasztalati sűrűségfüggvény és annak Gamma-eloszlással való közelítését a 31. diagramon grafikusán ábrázolva láthatjuk.

A Gamma-eloszlást leíró paraméterek: $\alpha=1,3037$; $\beta=4,8840$

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0605	0,0051	0,0716	-

10. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)

A havi átlagtermelésre készített sűrűségfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékeknel, melyeket a 10. táblázat tartalmaz, a MAPE értéket a napi össztermeléshez hasonlóan itt nem tudunk számolni, mivel több olyan intervallum van, amelynek nulla elemszámú. A havi átlagtermelésre és a havi össztermelésre készített sűrűségfüggvények ebben az esetben nem ugyanazt a görbemenetet adják, mint a napi össztermelés és átlagtermelés esetében. Az eltérés a 10. és 11. intervallum között tapasztalható. Ennek oka az intervallumhatárok megváltozása és kismértékű eltolódása.

Itt is Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést.

A Függelék F2.5 fejezetében található 37. táblázat, amely a napi össztermelésre és annak elméleti közelítésére készített statisztikát tartalmazza. Érdeemes megfigyelni, hogy az illesztett elméleti görbe 1. intervallumban más értéket vesz fel a sűrűség-, és más értéket vesz fel az eloszlásfüggvény esetén. Ennek oka a diszkrét eloszlás folytonos eloszlással való közelítése. Az eloszlásfüggvényt, és annak matematikai közelítő görbét a 24. diagram tartalmazza

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,1025	0,0133	0,1154	19,2557

11. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)

A havi átlagtermelés közelítési jóságát leíró hibaértékeket a 11. táblázat tartalmazza. A havi átlagtermelésre és a havi össztermelésre készített eloszlásfüggvények ebben az esetben nem egyeznek meg úgy, mint a napi össztermelés és átlagtermelés esetében. Az eltérés a 10. és 11. intervallum között tapasztalható. Ennek oka az intervallumhatárok megváltozása.

Itt Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést.

2.6 Havi maximum és közelítése Gamma-eloszlással

A havii maximumra készített statisztikát a Függelék F2.6 fejezetében láthatjuk. Ebben a fejezetben található 38. táblázat inverter napi maximumára számolt statisztika adatait tartalmazza. Ezen adatokból a sűrűségfüggvény könnyen előállítható. Az inverterre számolt tapasztalati sűrűségfüggvény és annak Gamma-eloszlással való közelítését a 33. diagram grafikusán ábrázolja.

A Gamma-eloszlást leíró paraméterek: $\alpha=2,0578$; $\beta=3,7661$

Az előzőekben ismertetett paraméterekkel való közelítés során sem nőnek az egyes hibamutató értékei, melyeket a 12. táblázat tartalmaz.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,0846	0,0101	0,1003	-

12. táblázat: Az átlagos rendszer havi maximumára számolt elméleti-, és tapasztalati sűrűségfüggvény közti eltérések (hibák)

A havi átlagtermelésre készített sűrűségfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékeknél a MAPE értéket a több zérus valószínűségű intervallum miatt nem tudjuk számolni.

Itt Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést.

A napi maximumot és annak Gamma-eloszlású közelítésére készített statisztikát a Függelék F2.6 fejezetében található 39. táblázat tartalmazza. Az eloszlásfüggvényt, és annak matematikai közelítő görbéjét a 34. diagramon láthatjuk.

MAD	MSE	RMSE	MAPE [%]
0,1231	0,0233	0,1528	31,3538

13. táblázat: Az átlagos rendszer napihavi maximumára számolt elméleti-, és tapasztalati eloszlásfüggvény közti eltérések (hibák)

A havi átlagtermelésre készített eloszlásfüggvény és Gamma-eloszlással való közelítése során számolt hibaértékek, melyeket a 13. táblázat tartalmaz, az előzőekhez viszonyítva jelentősen megnöttek, melynek oka a az 1 fejezetben is tárgyalt felbontás túlzott nagysága. Ez a nagy eltérés az eloszlásfüggvényhez illesztett görbén is látható.

Ennek ellenére itt is Kolmogorov–Szmirnov teszt alapján a Gamma-eloszlás adta a legjobb közelítést.

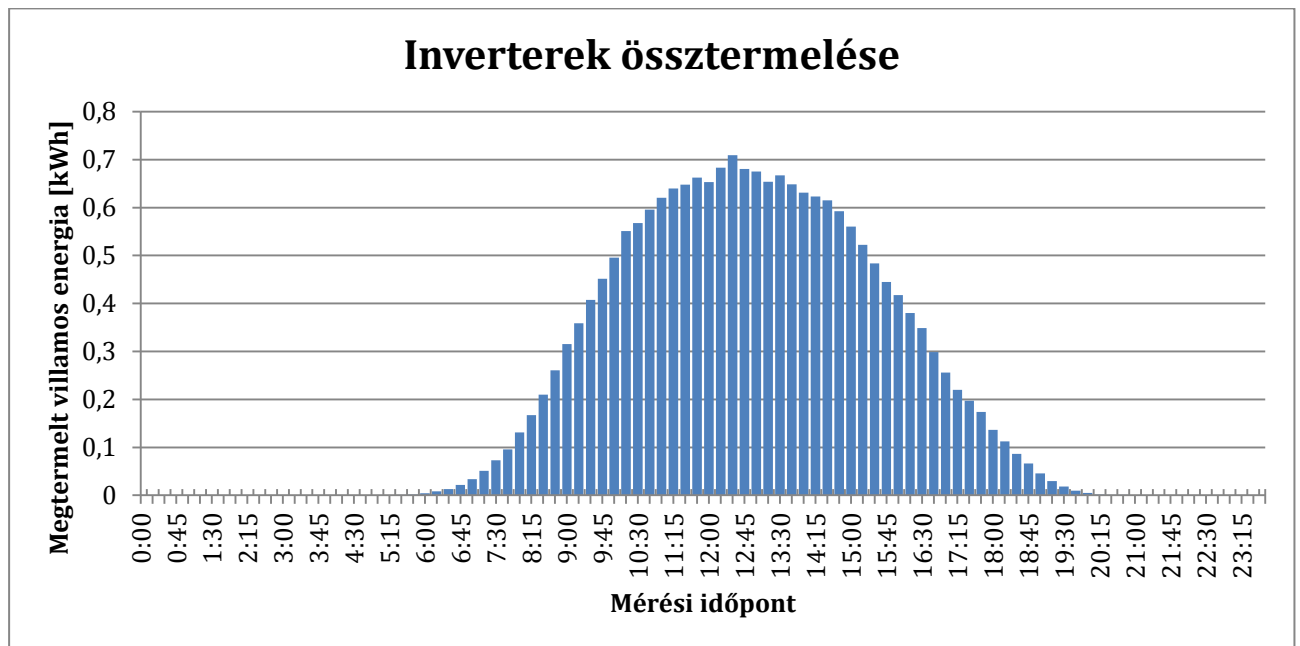
Habár a görbeillesztés során az EasyFit nevű szoftver jelezte számunkra, hogy nem minden esetben az előre kiválasztott Gamma-eloszlás fogja számunkra a legkisebb hibát adni, mégis az egyes szempontok elemzését követően kijelenthetjük, hogy jól megválasztott paraméterek esetén ez a nevezetes eloszlás is igen jó pontossággal közelíti a mérési eredményeinket.

Fontos megjegyezni, hogy minél jobb felbontást tudunk előállítani, annál kisebb hibával fogja közelíteni az elméleti görbe a tapasztalati eloszlást. Viszont azt is jó, ha előre átgondoljuk, hogy milyen pontossággal szeretnénk a görbét közelíteni, mivel egy bizonyos hibaérték alatt már az erőforrás- és az időigény, valamint a számítások bonyolultsága már nem lineárisan nő.

3. Fogyasztói és termelési adatok összevetése

3.1 Össztermelés

A fogyasztói és termelői adatok összevetése során a teljes rendszert egy elemként kezeltem, így a termelés során a három inverter össztermelésével dolgoztam. Itt össztermelésen az inverterek átlagos napi termelésinek az összegét értjük. A rendszer össztermelését a következő diagramon láthatjuk:



2. diagram: A három inverter napi össztermelése

A diagram egy átlagos napi össztermelést ábrázol negyedórás felbontásban.

A 2. diagramom látható össztermelés matematikailag is az elvárt, hiszen ha a napsütéses besugárzást egy sztochasztikus folyamatként modellezzük, és a napsütés egy véletlen valószínűségi változó, akkor a normális eloszlást követ. Ez a normális eloszlás a diagramon nagyon szépen látszik. Ha a diagramot, mint egy véletlen valószínűségi változó sűrűségfüggvényét nézzünk, akkor a görbemenetet nevezetes eloszlással becsülhetjük. Az előzőekben is említett normális eloszlást feltételezünk, amelyet az EasyFit nevű szoftver segítségével számszerűsíteni is tudjuk. Ezt a görbét az 52,615 várható értékű és a 10,325 szórású normális eloszlás Kolmogorov Smirnov módszer segítségével 4,239 % pontossággal közelíti. Ezen paraméterek azt jelentik, hogy az elméleti görbe várható értéke az 52,615. negyedórában van (13:00 és 13:15 között) és a szórása 10,325 negyedórányi. Ezek után megállapíthatjuk, hogy az inverterek a termelés során az elméleti görbét jól közelítik.

3.2 Fogyasztás

Ahhoz, hogy a termelés és a fogyasztás hatását együtt tudjuk vizsgálni, szükségünk van fogyasztói adatokra is. Ezek számunkra szintén negyedórás felbontásban állnak rendelkezésünkre.

A kapott fogyasztási adatokban 3 hónap fogyasztása van. A vizsgált lakossági fogyasztóknál a villamosenergia-igény nem nagyon mutat szezonalitást (nincsenek villamos üzemű hűtő és fűtő berendezések, valamint a világításra használt villamos energia csak kis hányada a teljes villamos fogyasztásnak). Az egyes évszakok a villamosenergia-felhasználását nagymértékben nem befolyásolják. Ezért a 3 hónap fogyasztását, mint 3 különböző lakossági fogyasztót kezelhetjük.

3.3 Termelés és fogyasztás összevetése

A termelés és fogyasztás összevetésénél az alapkoncepció a rendszert úgy méretezzük, hogy önfogyasztásra termeljünk. Ahhoz, hogy ezt vizsgálni tudjuk mind a termelési mind a fogyasztási adatokat normálni kell. Mivel a termelésre csak nyári, őszi, téli adataink vannak, ezért vizsgálat során az önfogyasztást az őszi hónapban tételeztük fel, és ehhez viszonyítottuk a téli, valamint, a nyári hónapot.

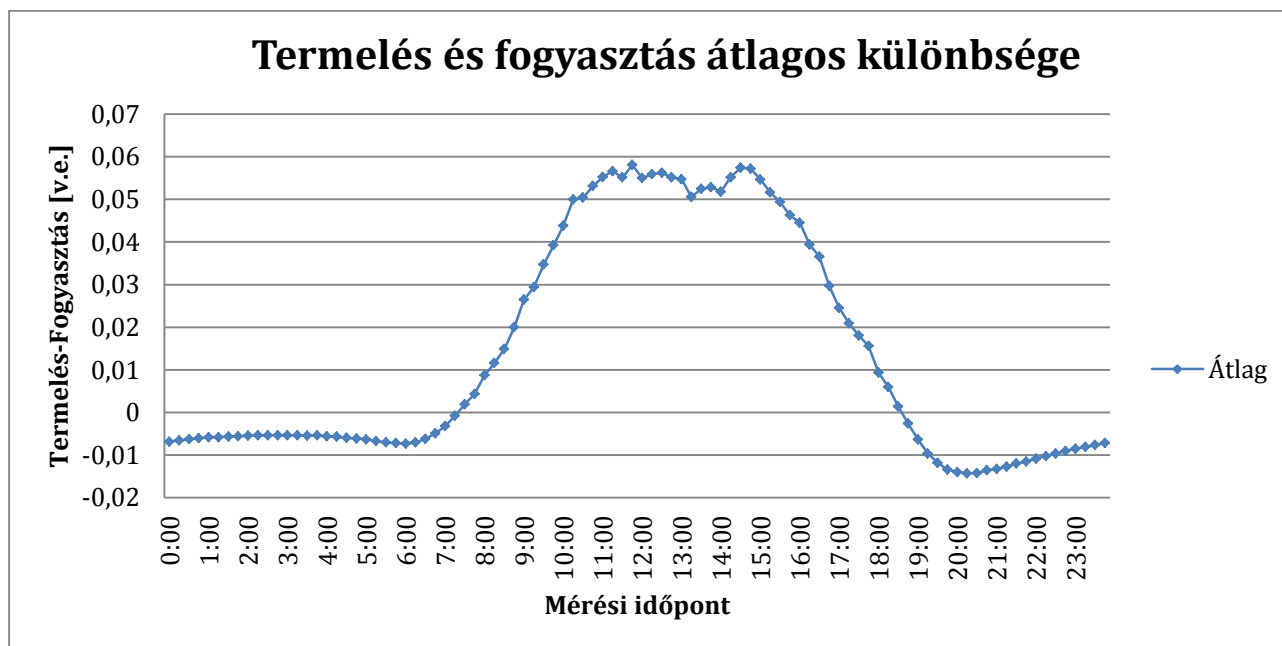
A termelési intervallumot ezek után hónapokra bontottuk. Így megkaptuk nyolc hónap normált termelését. Ezekre egy havi átlagtermelést is számoltunk, amely szintén negyedórás felbontásban került rögzítésre.

Így tehát van három darab fogyasztási és nyolc darab termelési hónapunk.

A vizsgálat folyamán az összes lehetséges kombinációt megvizsgáltuk. Ezzel 24 darab termelés-fogyasztás összefüggést kaptunk. A vizsgálat során a termelési adatokból vontuk ki a fogyasztási adatokat, azért hogy az előjel szemléltesse, hogy a rendszer adott időpontjában többletfogyasztás vagy többlettermelés van-e.

Adott kombinációk esetén a rögzítésre került adatsor a kombináció napjainak átlagértéke.

A 24 kombináció rögzített adatsorainak átlagát a következő diagramon láthatjuk.



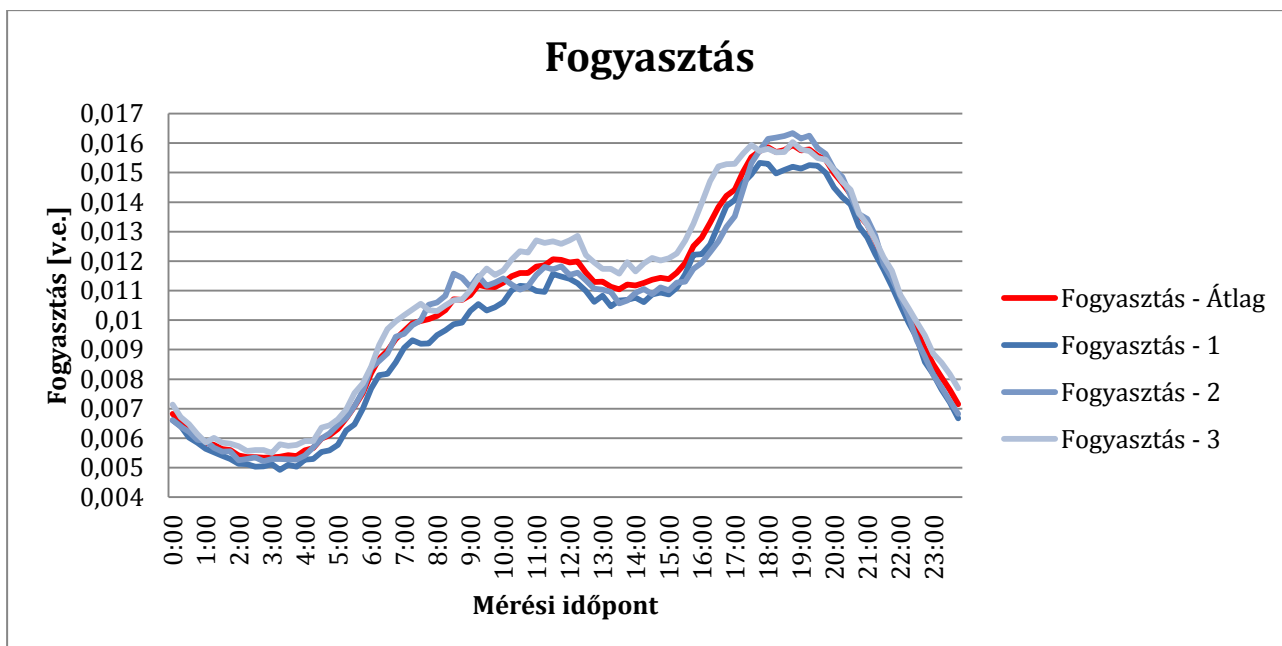
3. diagram: Fogyasztás és termelés átlagos különbsége

Azon negyedórákban, ahol az eredő különbség negatív (azaz a koordináta-rendszer negatív tartományában van) ott többletfogyasztás van, ahol különbség pozitív (azaz a koordináta-rendszer pozitív tartományában van) ott többlettermelés van.

Mivel a rendszer ősszel önfogyasztásra termel, ezért ilyenkor a többletfogyasztások és többlettermelések napi összege éppen megegyezik. Ha a három évszak átlagos termelés-fogyasztás görbéinek átlagát nézzük, akkor viszont a rendszeren többlettermelést tapasztalunk. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a nyári hónapok termelése jóval nagyobb befolyással bír a rendszer energiaegyensúlyára, mint a téli hónapok többletfogyasztása.

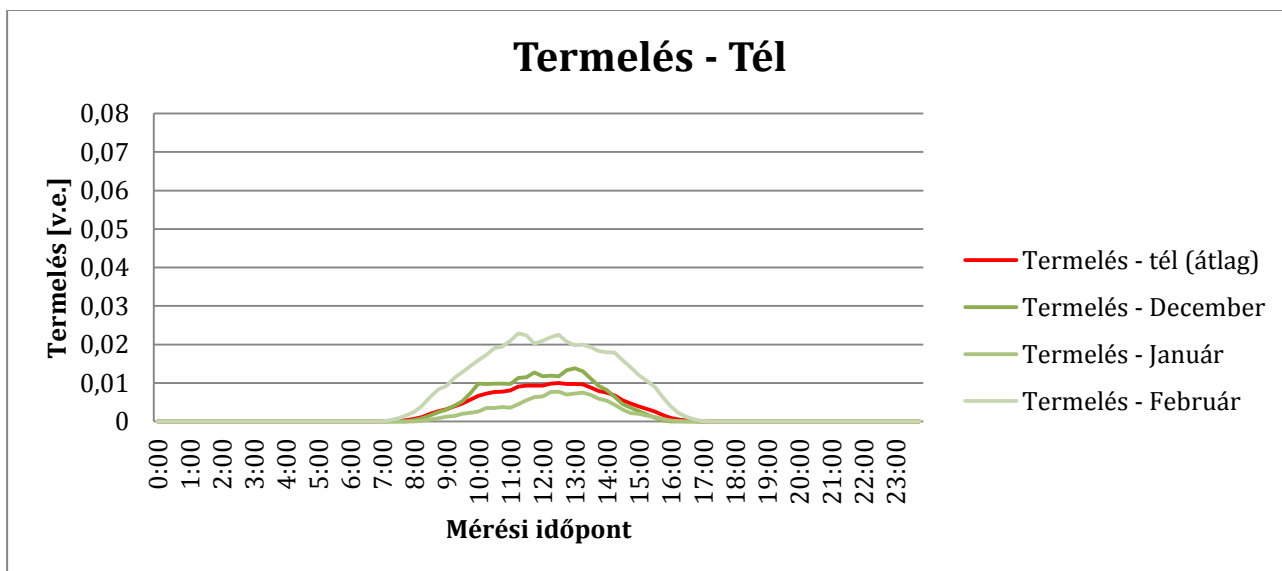
3.4 Termelés és fogyasztás havi összevetése

A vizsgálatban résztvevő hónapok termelése az egyes évszakok átlagához viszonyítva és a lakossági fogyasztókat az átlagfogyasztáshoz viszonyítva az alábbi diagramokon láthatjuk.



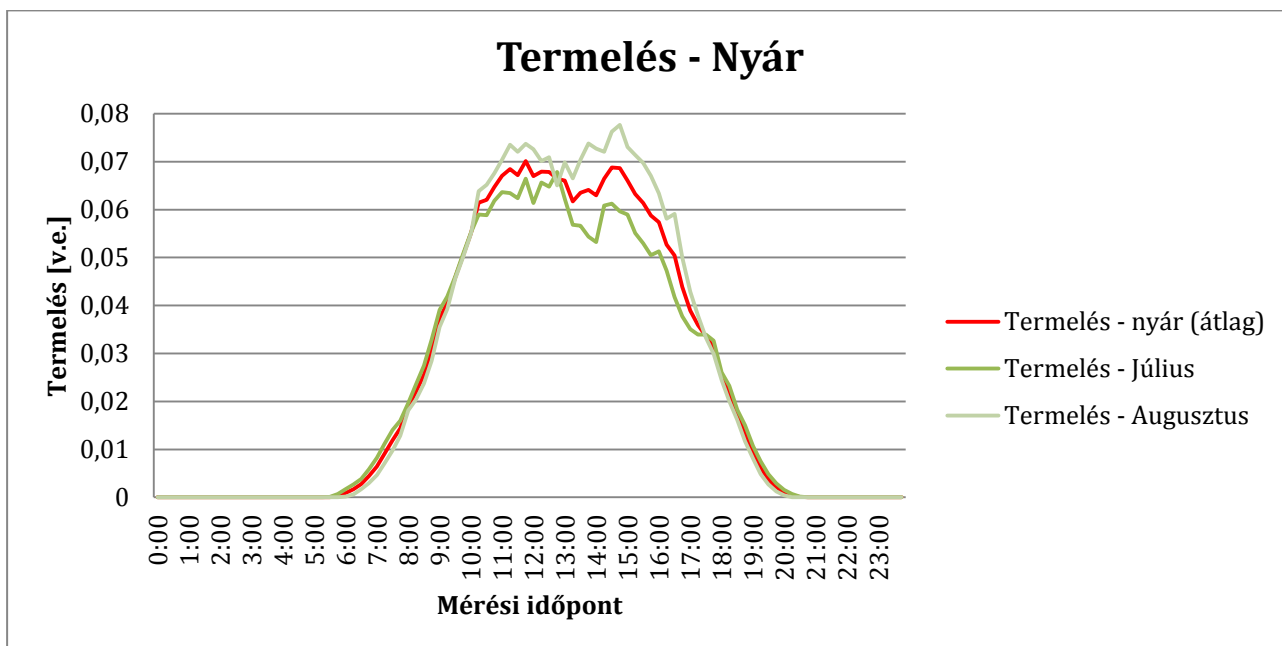
4. diagram: Egyes fogyasztói jelleggörbék alakulása (átlaghoz viszonyítva)

A három fogyasztó közel azonosnak tekinthető, az átlagfogyasztástól való eltérés minimális. Az egyes fogyasztók fogyasztói jelleggörbéje a további számítások és összevetések során jól közelíthető az átlagfogyasztói görbével.



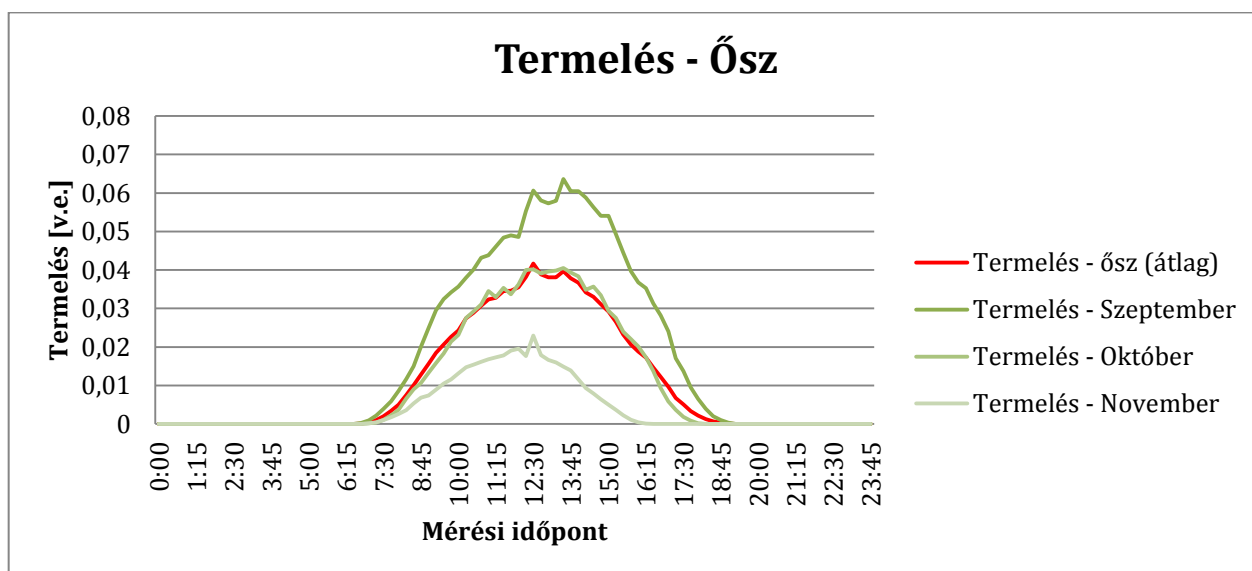
5. diagram: Termelés alakulása téli hónapokban (átlaghoz viszonyítva)

A téli hónapok esetén a görbék jellege azonosnak tekinthető, viszont látszik. A jelentősebb különbség a görbe felszálló ágán jelentkezik. Ez az eltérés az időjárási sajátosságokból adódhat. A február az időjárás tekintetében naposabb, tisztább lehetett, mint a másik két hónapban, ezért is lehet az, hogy a februári napokon a termelés előbbi időpontra tolódott, és a görbék felfutási meredeksége is nagyobb.



6. diagram: Termelés alakulása nyári hónapokban (átlaghoz viszonyítva)

A vizsgálat során a termelésben csak kettő nyári hónap volt, ezért a nyári átlagokat ábrázoló diagramon a három nyári hónapból csak kettő látható. Ezekon viszont szépen látszik a nyári hónapok azonosága. A két görbe mind jellegre, mind értékekre nagyon jó közelítéssel megegyezik. Kis eltérés csak az egyes napok legmelegebb időszakában tapasztalható. A júliusi hónap átlagosan melegebb lehetett ebben az évben, mint az augusztus, ezért a kis mértékű hatásfokromlás következtében a havi görbe az átlag alatt marad.



7. diagram: Termelés alakulása őszi hónapokban (átlaghoz viszonyítva)

Az őszi hónapok esetén látszik, hogy a téli hónapok felé haladva a megtermelt energia mennyisége viszonylag nagymértékben csökken. A három hónap átlagtermelése az októberi termeléssel közel azonos jelleget mutat. Az egyes hónapok termelését ábrázoló görbe globális maximuma a tél felé haladva egyre korábbi időpontra tolódik, melynek oka a nappalok rövidülése, és az október végi óráállítás. Az egyes görbék felfutási meredeksége is jelentős eltérést mutat, mely a felhősödéssel hozható összefüggésbe.

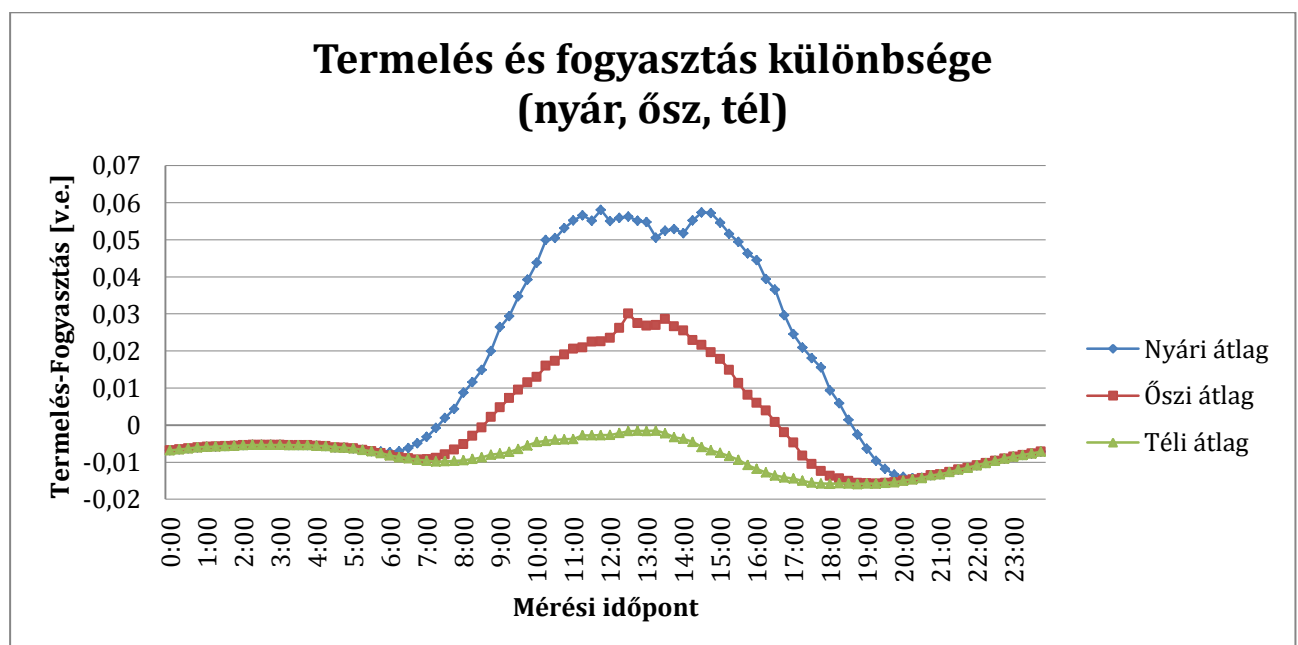
3.5 Termelés és fogyasztás évszakok szerinti összevetése

Itt kapott adatok kiértékelése az alábbi kérdésekre fókuszálva történt:

- Összehasonlítás: a termelés-fogyasztás diagramok lefutását mennyire befolyásolja a vizsgált évszak
- El tudjuk-e mondani, hogy nyáron a többletermelés mellett pl. az időbeliség is jobb (reggeli terhelésnövekedést jobban leköveti-e a termelés), vagy ilyen összefüggések nincsenek az adatok alapján.
- Ha az éjszakai időszakot egy "kisütésnek" tekintjük, az időtartama vagy az energiatartama mutat-e érdemi eltérést évszakok szerint?
- Milyen arányban áll egymással a pozitív és a negatív tartományok hossza?

Az egyes szempontok kiértékelése:

3.5.1 Termelés-fogyasztás diagramok lefutásának évszakai befolyása



8. diagram: Fogyasztás és termelés különbségének évszakai átlagai

Az kiértékelés során az első szempont egy összehasonlítás, melyben azt vizsgáltuk, hogy a termelés-fogyasztás különbségét ábrázoló diagramok lefutását mennyire befolyásolja a vizsgált évszak. Ehhez minden évszak havi átlagait átlagolva megkaptuk a vizsgált hónapok termelés-fogyasztás görbéit. A diagramon az egyes évszakok napjainak átlaga látszik, negyedórás felbontásban.

Ezen diagramról azon következtetés levonható, hogy a termelés-fogyasztás görbék lefutásának jellegét az évszak is jelentősen befolyásolja.

Nyáron a többletermelés eső szakasz előtti maximuma jóval magasabb, mint az őszi, valamint a téli időszakban. A lecsengő szakaszok esési meredeksége az egyes évszakoknál szintén változó. A nyári időszakban az esés gyorsabb, nagyobb meredekségű, mint a másik két évszakban. Ennek oka a többletermelés jelentős nagyságából adódik. A görbe eső szakaszát megelőző maximum nagysága, valamint a naplemente, a Nap évszakonként változó pályája (érezelt magassága) és a sötétedés időpontja szintén befolyásolja a görbék lefutásának jellegét.

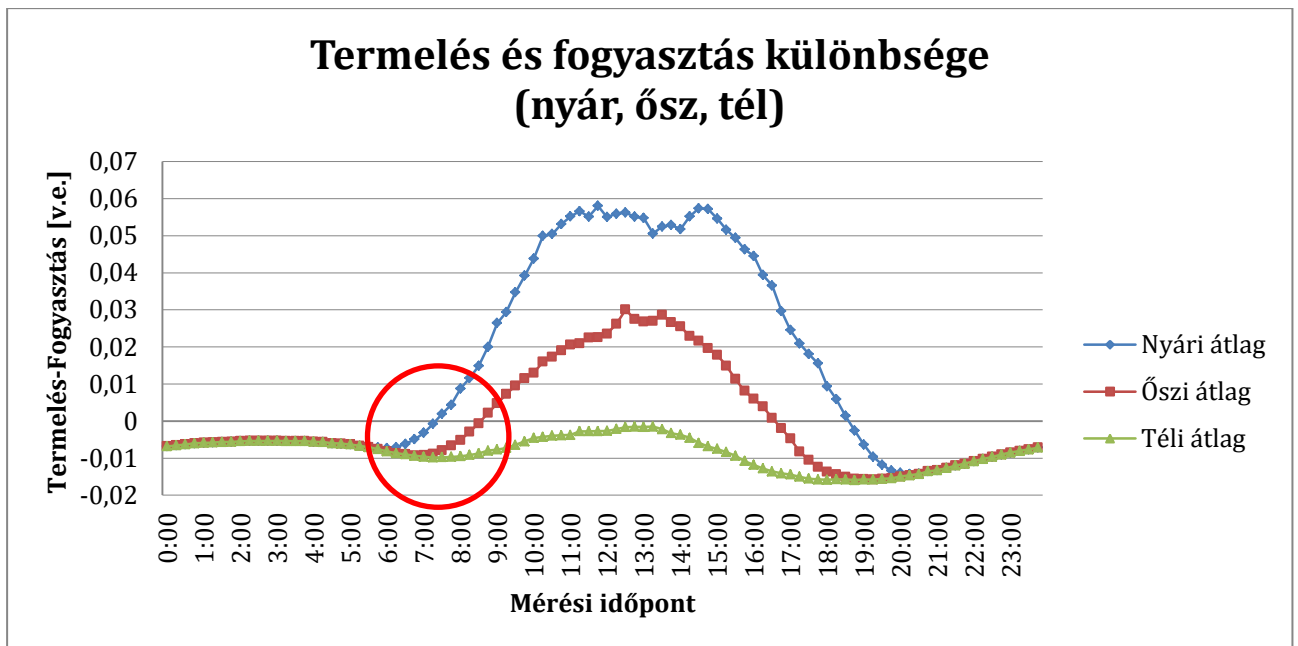
A nyári magasabb maximumra napsütötte órák számának nagysága és a Nap magas ívű pályája (nap-sugarak hajlásszöge) mellett a vizsgált háztartásra nem jellemző, hűtéshez felhasznált többletenergia ad magyarázatot.

Érdeemes megfigyelni, hogy télen a vizsgált rendszerben nem számíthatunk többletermelésre, mivel a téli hónapok termelési átlaga a decemberi és januári hónapok időjárási jellegéből adódóan viszonylag alacsony.

3.5.2 Nyári többletermelés és időbeliség jóságának kapcsolata

A kiértékelés során a következő szempont is felmerült: el tudjuk-e mondani, hogy nyáron a többletermelés mellett pl. az időbeliség is jobb (reggeli terhelésnövekedést jobban leköveti-e a termelés), vagy ilyen összefüggések nincsenek az adatok alapján.

Ezen szempont esetén levonható konklúziók:



9. diagram: Fogyasztás és termelés különbségének évszakos átlagai

A diagramon vizsgált részt (reggeli terhelésnövekedést, mely 6:00-9:00 közti időszakra tehető) külön jelöljük. A 8. diagram és a 9. diagram között eltérés nincs. A duplikáció csupán a reggeli terhelésnövekedés jelölésére szolgál.

A reggeli terhelésnövekedést a piros színnel bekarikázott rész mutatja. A kiértékelés ebben a szempontban csak erre az intervallumra koncentrál.

A diagramon láthatjuk, hogy nyári időszakban a rendszer időbelisége is jobb, mint a másik két évszakban, hiszen a reggeli terhelésnövekedést (6:00-9:00 közti időszakra tehető) jobban követi a napelemes rendszer termelése.

Ezt a következtetést onnan vonhatjuk le, hogy a nyári átlagot ábrázoló görbe a reggeli terhelésnövekedés ellenére sem esik olyan mértékben, mint a másik két hónapot ábrázoló görbe ezen szakasza. A görbén az emelkedés is korábbi időpontban jelenik meg, mint a másik két esetben. Nyáron a terhelésnövekedést a termelés jobban, könnyebben tudja ellensúlyozni, mint ősszel és télen, melynek oka a napkelte időpontja közti eltérés. A mindennapi életünk során a késő őszi és téli hónapokban tapasztalhatjuk, hogy a reggeli aktivitásunk még a napfelkelte előtt megkezdődik. Ilyenkor a napelemes rendszer még nem termel energiát. Napkelte után a termelés jelentősen csekélyebb, mint a nyári, valamint a kora őszi hónapokban. A reggeli terhelésnövekedést ezért téli hónapokban nehezebben tudja ellensúlyozni ez a rendszer.

3.5.3 Éjszakai időszak, mint „kisütés”

Következőkben azt vizsgáltuk, hogy ha az éjszakai időszakot egy "kisütésnek" tekintjük, az időtartama vagy az energiatartama mutat-e érdemi eltérést évszakok szerint.

Ennél a szempontnál szintén a 8. diagramot használtuk. Erről leolvashatjuk, hogy a negatív tartományt, ahol többletfogyasztás van, kisütési ciklusként vizsgálva mind időtartamra, mint energiatartamra jelentős változások mutatkoznak az egyes évszakok között. A 20:30-5:30 terjedő éjszakai időszakban nem mutatkozik jelentős eltérés. Itt a görbék együtt futnak.

Jelentős eltérés a reggeli és a délutáni, kora esti időszakban mutatkozik. Nyáron ez az időpont jelentősen kitolódik az őszhöz képest. Érdekes viszont megfigyelni, hogy télen a rendszerben nem jelenik meg többlettermelés, a napelemes rendszer egyik időpontban sem tudja a fogyasztási igényt fedezni, viszont a déli, kora délutáni órákban képes megközelíteni.

A többletfogyasztási igény fellépési időpontjának elcsúszását a napok, hónapok, évszakok világosságának növekedése okozza. Nyáron a nappalok jóval hosszabbak, mint télen. A reggeli időszakban is érzékelhető ez a különbség, bár nem annyira markánsan látszik, mint a koraesti időszakban.

Ez az eltérés az energiatartalomban is meglátszik. Az energiát a görbe alatti terület integráljaként kapjuk. Téli időszakban ez a görbe alatti terület jóval nagyobb, ebből adódóan a többletfogyasztást fedező energiaigény is több. Jelentősebb eltérés a koraesti időszakban mutatkozik.

Az őszi időszakban mind az időbeliség, mind az energiaigény a téli és a nyári között mozog, mind a reggeli, mind a koraesti időszakban. Kismértékű eltolódás érzékelhető a tél felé.

A reggeli időszak azért nem mutat olyan nagymértékű eltérést, mint a délutáni, mert az emberek (lakossági felhasználók) napi rutinja az évszakoktól független.

3.5.4 Pozitív és a negatív tartományok aránya

Végül azt vizsgáltuk, hogy milyen arányban áll egymással a pozitív (többlettermeléses) és a negatív (többletfogyasztásos) tartományok hossza? A pozitív és negatív tartományok számát és idejét az alábbi táblázat tartalmazza.

Termelés – fogyasztás párosítások	Pozitív tartomány		Negatív tartomány		Negyedórák aránya		
	Tartományok száma [db]	Tartományok intervalluma	Tartományok száma [db]	Tartományok intervalluma	P/Ö [%]	N/Ö [%]	P/N [%]
július 1	46	7:15 – 18:30	50	18:45 – 7:00	47,9	52,1	92,0
július 2	46	7:15 – 18:30	50	18:45 – 7:00	47,9	52,1	92,0
július 3	46	7:15 – 18:30	50	18:45 – 7:00	47,9	52,1	92,0
augusztus 1	45	7:30 – 18:30	51	18:45 – 7:30	46,9	53,1	88,2
augusztus 2	43	7:45 – 18:15	53	18:30 – 7:30	44,8	55,2	81,1
augusztus 3	44	7:45 – 18:30	52	18:45 – 7:30	45,8	54,2	84,6
szeptember 1	37	8:15 – 17:15	59	17:30 – 8:00	38,5	61,5	62,7
szeptember 2	37	8:15 – 17:15	59	17:30 – 8:00	38,5	61,5	62,7
szeptember 3	37	8:15 – 17:15	59	17:30 – 8:00	38,5	61,5	62,7
október 1	32	8:45 – 16:30	64	16:45 – 8:30	33,3	66,7	50,0
október 2	31	9:00 – 16:30	65	16:45 – 9:15	32,3	67,7	47,7
október 3	30	8:45 – 16:15	66	16:30 – 8:30	31,3	68,8	45,5
november 1	19	9:30 – 14:00	77	14:15 – 9:45	19,8	80,2	24,7
november 2	18	9:45 – 14:00	78	14:15 – 9:30	18,8	81,3	23,1
november 3	17	9:45 – 13:45	79	14:00 – 9:30	17,7	82,3	21,5
december 1	9	11:45 – 13:30	87	13:45 – 11:30	9,4	90,6	10,3
december 2	8	11:45 – 13:30	88	13:45 – 11:30	8,3	91,7	9,1
december 3	4	12:30 – 13:15	92	13:30 – 12:15	4,2	95,8	4,3
január 1	0	-	96	0:00 – 23:45	0,0	100,0	0,0
január 2	0	-	96	0:00 – 23:45	0,0	100,0	0,0
január 3	0	-	96	0:00 – 23:45	0,0	100,0	0,0
február 1	24	9:15 – 15:00	72	15:15 – 9:00	25,0	75,0	33,3
február 2	23	9:30 – 15:00	73	15:15 – 9:15	24,0	76,0	31,5
február 3	22	9:30 – 14:45	74	15:00 – 9:15	22,9	77,1	29,7
Átlagosan	<i>34</i>	<i>8:30 – 16:45</i>	<i>62</i>	<i>17:00 – 8:15</i>	<i>35,4</i>	<i>64,6</i>	<i>54,8</i>

14. táblázat: Pozitív (töblettermeléses) és negatív (többletfogyasztásos) tartományok hossza, aránya

P: pozitív negyedórák száma

N: negatív negyedórák száma

Ö: összes negyedóra száma (96 db)

P/Ö arány megmutatja, hogy a nap hány százalékában van a rendszerben töblettermelés.

N/Ö arány megmutatja, hogy a nap hány százalékában van a rendszerben többletfogyasztás.

P/N arány megmutatja, hogy a nap során milyen a többlettermelés és többletfogyasztás aránya.

Termelés- fogyasztás párosításakor a hónap neve az adott hónap átlagtermelésére utal, a hónap mögötti szám pedig a fogyasztó azonosítására szolgáló jelölés.

Ezek táblázatból látszik, hogy minden esetben azon negyedórák száma több, amelyekben többletfogyasztás van.

A legtöbb többlettermeléses negyedóra júliusban, a nyár közepén van. Ezen hónapban a nappalok hosszúsága a leghosszabbak közé esik az év folyamán. A legtöbb többletfogyasztásos negyedóra decemberben, illetve januárban, a tél közepén van. Januárban egyetlen negyedórában sincs a rendszerben többlettermelés. Ez látszik a termelés és fogyasztás különbségének havi lefolyását ábrázoló diagramokon is. Ezen hónapban a nappalok hosszúsága a legrövidebbek közé esik az év folyamán (főleg januárban).

4. Energiatárolás lehetőségeinek vizsgálata

Dolgozatom ezen részében egy napelemes rendszer termelési és fogyasztási egyidejűségét vizsgáltam, mely lakossági fogyasztók esetén igen alacsonynak tekinthető. Az egyidejűség növelése érdekében energiatároló-rendszer rendszerbe való integrálhatóságát, valamint a napelemes rendszer által megtermelt villamos energia tárolásának lehetőségét vizsgáltam

Korunk egyik legjelentősebb kérdése a villamos energia tárolásának megoldása. A világ számos pontján folynak kutatások, fejlesztések kísérleti energiatároló rendszereken. Az iparág viszont nem egységes ezek megítélésében, hiszen az új fejlesztések gazdasági megtérülése a változó környezetre reagál, hatékonysága, területi alkalmazhatósága folyamatosan bővül.

Hazánkban a domborzati viszonyok miatt a villamosenergia-tárolás nehezen, korlátozott módon oldható csak meg. Ezért is van létjogosultsága annak a törekvésnek, hogy a decentralizáltan, megújuló energiaforrásból megtermelt villamos energiát a termelés helyén tároljuk.

A villamosenergia-tárolásnak alapvetően két fő célja lehet, amely egyrészt a hálózati szabályozás (például az azonnali fogyasztói többlet energiaigény kielégítése), másrészt a hálózati üzemzavar esetén szükség energiaforrásként történő kihasználása. Jelen esetben mi nem az összes megtermelt villamos energiát szeretnénk betárolni, hanem csak azt a mennyiséget, ami többlettermelésként jelentkezik. Az energia tárolóból való vételezése során is csak a többletfogyasztás fedezéséhez szükséges mennyiséget használjuk el. [2]

Először áttekintjük a villamos energia tárolására alkalmazott technológiákat, majd megvizsgáljuk, hogy ezen technológiák közül melyik alkalmazható jó hatásfokkal lakossági fogyasztók esetén.

Jellegzetes villamosenergia-tárolási módokat az alábbi táblázat tartalmazza.

Villamosenergia-tárolás módja	Előnyei	Hátrányai	Alkalmazhatóság tápellátásban	Alkalmazhatóság energetikai célra
Szuper kapacitások	Hosszú élettartam, jó hatásfok	Alacsony energia sűrűség	Igen	Esetleg
Lendkerekes (Fly wheels)	Nagy teljesítmény	Alacsony energia sűrűség	Igen	Ritkán
Savas ólom akkumulátor	Olcsó	Alacsony élettartam, mély kisütéskor	Igen	Ritkán
Ni-Cd – akkumulátor	Nagy teljesítmény, jó hatásfok	Nincs	Igen	Esetleg
Li-ion - akkumulátor	Nagy teljesítmény, jó hatásfok	Magas ár	Igen	Ritkán
NaS Nátrium-Kén akkumulátor	Nagy teljesítmény, jó hatásfok	Jelenleg még magas ár	Igen	Igen
Folyadék -REDOX akkumulátorok/TAC VRB, PSB, ZnBr	Nagy teljesítmény, jó hatásfok	Alacsony energia sűrűség	Esetleg	Igen
Sűrített levegős tárolás	Nagy teljesítmény, alacsony költségek	Megfelelő geológiai helyszínt igényel	Nem	Igen
Szivattyús tárolás	Nagy teljesítmény, alacsony költségek	Megfelelő geológiai helyszínt igényel	Nem	Igen

15. táblázat: Villamosenergia-tárolási módszerek

A fent említett energiatárolási módok közül háztartási szinten az akkumulátoros energiatárolási mód tűnik a legmegfelelőbbnek és legpraktikusabbnak. Helyigénye, kialakítása háztartásban is kezelhető, esztétikailag is elfogadható. [3]

A vizsgált rendszerben az energia előállítását napelemes rendszer végzi. A napelemek telepítésére vonatkozó adatok „A napelemes rendszer” című fejezetben található. A vizsgálat során a megtermelt többletenergiát a termelés helyén szeretnénk akkumulátorokban tárolni, majd később felhasználni.

Az akkumulátoros tárolásnak legnagyobb előnye, hogy a felhasználó függetleníthető a kommunális hálózattól, így az energiaellátás bármely okból történő szünetelése esetén is biztonsággal üzemeltethetjük berendezéseinket.

4.1 Akkumulátor-tárolós napelemes rendszer felépítése

Akkumulátor telepítése új napelemes rendszer kialakításakor, vagy már meglévő napelemes rendszer bővítésekor egyaránt lehetséges. A rendszerhez szükségünk van egy kapcsoló- és a rendszert vezérlő berendezésre, amely a hálózati energiaellátás kimaradásakor az áramszolgáltatók és a szabványban foglaltak szerint, elfogadható módon és biztonsággal leválasztja a rendszerünket a közüzemi hálózatról. Ez azért is fontos, mert karbantartás miatt történő kikapcsolás esetén a hálózatba visszatáplálható villamos energia nem veszélyezteti a karbantartásban résztvevő személyzetet.

Az energiatároló-rendszerhez elengedhetetlen az akkumulátorok jelenléte és alkalmazása, hiszen ezen berendezések hidalják át az energiatermelés-mentes időszakokat. Hálózattal együtt üzemelő rendszerben jóval kevesebb akkumulátor kell, mint egy a hálózattal együttműködni nem képes szigetüzemű rendszernél. Azon rendszerek esetén, melyeknél a fogyasztó a hálózatról is vételez villamos energiát, az energiatároló funkciót ellátó akkumulátorok élettartama jelentősen hosszabb, mivel ilyenkor az akkumulátorok folyamatosan feltöltött állapotban vannak, ez pedig az élettartamuk szempontjából nagyon pozitív. Ilyenkor az akkumulátorokat csak hálózat-kimaradások alkalmával használjuk, ekkor veszünk ki belőlük energiát. Ellenben egy szigetüzemű rendszernél, melynél az akkumulátorok használata mindennapos. Ebben az esetben minden olyan időpontban használva vannak, amikor a napelemes rendszer termelése már nem képes egyensúlyt tartani a fogyasztással (többletfogyasztás van a rendszeren).

Az akkumulátorral megvalósított energiatárolós-napelemes rendszerek megvalósításához az alábbi elemekre van szükség:

- Inverter (váltóirányító)
- Akkumulátor rendszer töltésvezérléssel
- Energiatároló menedzsment elektronika
- DC/DC-átalakító
- Egyenirányító (1. kiviteli mód)
- Infrastruktúra a mérőóra miatt

A megvalósításhoz két különböző kivitelezési módot különböztethetünk meg:

1. A tározó rendszer rákötése az épület váltakozó-áramú (AC) hálózatára
2. A napelemes egyenáramú rendszer rákötése az egyenáramú hálózatra

4.1.1 Az akkumulátorrendszer rákötése a váltakozó áramú hálózatra

A napelemes rendszer által termelt egyenáramot a rendszer elengedhetetlen eleme, az inverter alakítja váltakozó árammá. Az átalakított váltakozó áramot egy egyenirányító (konverter) segítségével ismét egyenárammá alakítja, mely az akkumulátor-rendszer töltését végzi.

Ezzel a megoldással tetszés szerinti tároló kapacitások megvalósítása lehetséges, ami független a telepített napelemes rendszer teljesítményétől. Ezen konstrukcióval tervezett napelemes rendszer esetén a hálózatról felvett váltakozó áramot tárolhatjuk akkumulátorainkban.

Konstrukció hátránya:

- Az inverter és a töltésszabályzó valamint az akkumulátor-rendszer külön állnak, nem alkotnak egy egységet.
- A kétszeres DC-AC és AC-DC átalakítás során keletkező veszteségek nagyobbak, mint amikor az akkumulátorrendszer közvetlenül a napelemes rendszer egyenáramú-áramkörére van rákötve.

Konstrukció előnye:

- Az inverter teljesen függetlenül választható meg az energiatároló rendszertől. Olyan esetben is használható, ahol van már egy üzemelő rendszer, de azt bővíteni szeretnénk. Ez a bővítés viszonylag könnyen elvégezhető, nem igényli a teljes rendszer újrakonstruálását.
- Ebből adódóan költségkedvezőbb a már üzemelő rendszerek esetén, mint ha az akkumulátor-rendszer a napelemes rendszer egyenáramú-áramkörére lenne kötve.

4.1.2 Az akkumulátorrendszer rákötése a napelemes rendszer egyenáramú áramkörére

A napelemes rendszer által termelt egyenáramot egy speciális inverter alakítja hálózati betáplálásra alkalmassá, és szükség esetén egy integrált töltésszabályzó-rendszer az akkumulátorokat táplálja egyenárammal (SMA Backup rendszerek).

Konstrukció hátránya:

- Működtetéséhez speciális inverter szükséges. A teljes rendszer konfigurációja során az egyes elemek működését az energiatároló-rendszerrel minden ponton össze kell hangolni.

Konstrukció előnye:

- Új rendszer telepítése esetén költséghatékonyabb.
- Jobb hatásfok a kevesebb áramnem-transzformációból adódóan. Kevesebb az átalakítások során keletkező veszteség.

- Egy kompakt egység, amely az invertert, a töltésszabályzót és a energiatároló modulokat egyaránt tartalmazza.

4.2 Akkumulátor

Az akkumulátor kémiai energia tárolására alkalmas energiatároló eszköz. Képes hosszú időn keresztül jó hatásfokkal feltöltődni, feltöltött állapotát tartani, és kisüthető akár tároló kapacitása 20%-áig is. A napelemes rendszer által megtermelt villamos energia tárolására alkalmas akkumulátortípusok esetén a ciklusállóságot jóval nagyobb tömegű ólommal tudják biztosítani, így ezek sokkal nehezebbek az azonos tároló képességű gépjárműindító savas ólomakkumulátoroknál. Az gépjárművekben alkalmazott akkumulátorok 1-1,5 év alatt tönkremennek a napenergiát hasznosító rendszerekben. Ráadásul működésük során nagyon rossz hatásfokkal és nagy energiaveszteséggel (önkisülésből adódó) üzemelnek. Ezzel eszemben a korszerű, napelemes rendszer által megtermelt villamos energia tárolására tervezett savas ólomakkumulátorok (szolár akkumulátor) élettartama 6-10 év (fejlett technológiának köszönhetően akár 9-10 évig is gond nélkül üzemelhetnek).

Szigetüzemben üzemelő rendszerek esetén a savas ólomakkumulátorok mellett a zselés akkumulátorok alkalmazása is elterjedt, mivel ezen akkumulátortípusok gondozásmentesek, hosszabb ideig karbantartás nélkül is üzemképesek, viszont áruk jelentősen magasabb, mint a savas akkumulátoroknak.

Jellemzően használt három különböző akkumulátor-típusok:

- Ólom-savas akkumulátorok
- Ólom-zselés akkumulátorok
- Lítium-ion akkumulátorok - különböző kivitelezésekben

Az egyes energiatárolási módszerek előnyeit és hátrányait alább láthatjuk:

4.2.1 Ólom-savas akkumulátorok

Az ólom-savas akkumulátorok alkalmazása már régóta bevett dolog, kiforrott technológiával rendelkeznek, ezért ezek, a biztonsági szempögből nézve, ártalmatlanok. Több éves tapasztalattal rendelkezünk mind a gyártás, mind a felhasználás területén is, így a működéséről, élettartamáról, használhatóságáról jelentős releváns adat áll rendelkezésre.

Ennek ellenére a technológia gyenge pontjait nem szabad figyelmen kívül hagyni. Veszély áll fenn akkor, amikor az akkumulátoron túl nagy az áramerősség, hiszen ekkor hidrogén-gáz szabadul fel, ami durranógáz képződéshez és annak robbanásához vezethet.

Az ólom-savas akkumulátoros megoldások a legköltséghatékonyabb energia-tárolási lehetőséget kínálják.

4.2.2 Ólom-zselés akkumulátorok

Járműgyártásból jól ismert. Járművekben (személygépkocsikban, munkagépekben) a biztonsági és a műszaki szempontokat figyelembe véve a legtöbb esetben ilyen akkumulátorokat alkalmaznak. Ennél a technológiánál durranógáz kialakulásának és robbanásának veszélye drasztikusan lecsökkent az ólom-savas akkumulátorokhoz képest. Ezen típusú akkumulátorok nagymértékben felhasználóbarátok, viszont árukat tekintve drágábbak, mint az ólom-savas akkumulátorok.

4.2.3 Lítium-Ion akkumulátorok

A lítium-ion akkumulátorok fejlesztésének üteme és felhasználása az elmúlt években jelentősen növekedett. Ennek oka, az ólom-akkumulátorokkal szembeni igen nagy töltési ciklus számmal, a jól kihasználható kapacitással, valamint a hosszú várható élettartammal, tartóssággal magyarázható.

Az ilyen típusú akkumulátoroknak jelentős hátrányuk, hogy túltöltés esetében cellahőmérsékletük a normálnál magasabb lesz, túlmelegszenek. Különböző intézkedésekkel és odafigyeléssel ez a veszély elkerülhető vagy legalább csökkenthető. Ilyen intézkedés az átgondolt energiamenedzsment-rendszer. Ebben egy szabályozó elektronika leválasztja az energiatárolót a hálózatról, ha az az előre beállított határértékeket túllépte, vagy a rendszer egyéb hibát észlelt.

Lítium-vas-foszfát (LiFePO₄), mint katódanyag alkalmazása egy lítium-vas-foszfát akkumulátorban:

Előnyei a hagyományos lítium-ion akkumulátorral szemben:

- Igen magas kisütési áram lehetősége.
- Nincs felszabaduló oxigén (O₂), így a robbanás lehetősége is megszűnik.
- Igen gyors feltöltési idő.
- Nagyobb teljesítménysűrűség.

Titánoxid kerámia, mint elektróda anyag:

- Igen magas kisütési áram lehetősége.
- Nincs felszabaduló oxigén (O₂), így a robbanás lehetősége is megszűnik.
- Igen gyors feltöltési idő.
- Nagyobb teljesítménysűrűség.
- Hosszú várható élettartam (akár 20 év is lehet).

Azonban a lítium akkumulátorok élettartamáról, a lehetséges mély kisütési számáról vagy a maradék kapacitásáról, kisütési mélységéről több év után is csak relatív rövid és extrém körülmények közötti öregedési tesztek után következtetnek 20 vagy több éves élettartamra. Emellett sok ismeretlen tényező is jelen van, melyek a tesztek során kapott eredményeket lényegesen befolyásolhatják.

4.2.4 Az akkumulátorok élettartama

A fotovoltaikus tárolós rendszerekbe integrált lítium-ion akkumulátorok és ólom-savas akkumulátorok összehasonlítása az élettartam szempontjából a következő képen alakulnak:

Ebben az összehasonlításban figyelembe kell venni azt, hogy az egyes technológiák alkalmazásakor több különböző kombináció is létezik, ami alapvetően befolyásolja az akkumulátor élettartamát. Ezért a katalógusokban is megadott adatoknál csak átlagokról beszélhetünk.

Lítium-ion akkumulátorok:

- Az ólom-savas akkumulátorokhoz képest kevésbé jellemző az elhasználódás a töltési- és kisütési ciklusok alatt.
- 70% – 100% használható kapacitás, a választott technológiától függően.
- 5000 – 8000 a teljes-kisütési ciklusok száma, szintén a technológiától függően.

Egy teljes-kisütési ciklus azt jelenti, hogy egy teljesen feltöltött akkumulátor a maximálisan megengedett kisütési mélységig ki lesz sűtve.

Egy átlagos lakossági felhasználó energiatárolóval ellátott napelemes rendszerének esetén átlagosan 31000 teljes-töltési ciklusból indulhatunk ki. A lítium-ion akkumulátorok élettartamának (közel) azonosnak kell lennie a napelemes rendszer 20-25 éves üzemidejével.

Ólom-savas akkumulátorok:

Az ólom-savas akkumulátorok esetében az elektrolit lassan elhasználódik. Ez a jelenség erősebben jelentkezik, ha az akkumulátort mélykisütését ez ideálisnál nagyobb mértékben megengedjük. Ezért az ilyen típusú akkumulátorok terhelhetőségének mértéke meg sem közelíti a lítium-ion akkumulátorok terhelhetőségét.

- 50% – 60% használható kapacitás
- 2000 – 3000 teljes-töltési ciklus

Az évente mintegy 300 teljes-töltési ciklus tehát 10 éves maximális kihasználhatóságot jelent egy energia-tárolóval ellátott napelemes rendszer esetén. Ezután időszerű az akkumulátorok cseréje. Az új

rendszerek már akár 4000 teljes-töltési ciklust meghaladó töltési ciklust is kibírnak 25%-os kisütési mélységnél (károsodás nélkül).

4.3 Az akkumulátoros rendszer kivitelezése

A napelemes rendszer energia-tároló rendszerének tervezését nagyon gondosan kell elvégezni.

A tervezés az alábbi tényezőktől erősen függ:

- Tető dőlési szöge és a tető tájolása.
- Besugárzási feltételek.
- Kívánt napelemes-rendszer nagysága (ha eltér az energiatároló-rendszer által kívánatos nagyságtól).
- A háztartás átlagos éves villamosenergia-felhasználása.
- A hálózatra kapcsolt nagyfogyasztók (pl. hőcserélő szivattyú) figyelembe vétele.
- 24 órás fogyasztói magatartás figyelembe vétele.
- A kívánt szükségáram kapacitása.
- Új napelemes rendszer kerül telepítésre vagy az energiatároló utólagosan kerül beszerelésre.

Az energiatároló rendszer kapacitásának és a fotovillamos rendszer nagyságának egymáshoz viszonyított arányának meghatározásakor

Az energiatároló rendszer kapacitásának és a napelemes rendszer nagyságának egymáshoz viszonyított arányának meghatározásakor fő célunk, hogy az energiatároló rendszer tárolási képessége a napelemes rendszer névleges teljesítményéhez és a háztartás villamosenergia-felhasználásához viszonyítva megfelelően legyen optimalizálva.

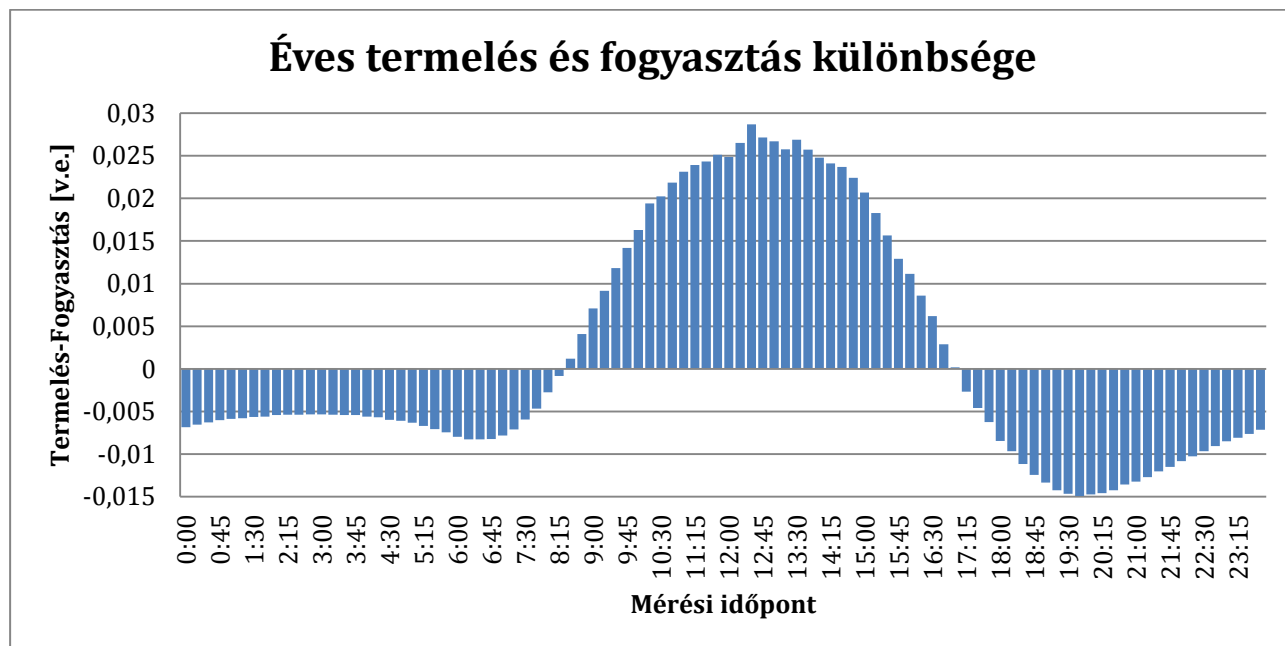
4.4 A vizsgált rendszerre vonatkoztatott kalkulációk:

Eddigiekben viszonylagos egységekben dolgoztunk. A számításokat ebben a fejezetben is így kezdjük, majd egy átlagos lakossági fogyasztóra méretezzük a rendszert. Egy átlagos lakossági fogyasztó éves villamosenergia-felhasználása: 2600 kWh/év. A napelemes rendszer névleges teljesítménye: 3 kWp.

Célunk, hogy a vizsgált rendszert szigetüzemben, a kommunális hálózatról leválasztva működtessük. Ezért arra van szükségünk, hogy a megtermelt villamos energia legalább megegyezzen a felhasznált villamos energiával. A számítás során az előzőekben is kiszámolt és használt, adott hónapok átlagtermelését, valamint a három lakossági fogyasztó átlagfogyasztását tekintjük. Rendelkezésünk áll a nyári, őszi és téli átlagtermelés, és az átlagfogyasztás. Tavaszai átlagtermelés nem áll rendelkezésre, mivel a mérési időszak erre nem terjedt ki. A tavaszai átlagfogyasztást az őszi görbével közelítjük. Mivel tavasz-

szal a felhősödés kisebb mértékben van jelen, mint ősszel, ezért a tavaszi termelés valamivel több lehet, mint az őszi. Viszont azt nem tudjuk pontosan megmondani, hogy pontosan mennyivel (hány százalékkal) több, ezért nem követünk el olyan nagy hibát, ha a tavaszi termelési görbét az ősziével közelítjük. [4]

Ezek után megvizsgáljuk azt, hogy a rendszer átlagtermelésének (a négy évszak termelési görbéjének az átlaga) és rendszer átlagfogyasztásának különbsége miképpen alakul. Ez a következő diagramon láthatjuk:



10. diagram: Éves átlagos termelés és fogyasztás különbsége

A többlettermelés és többletfogyasztás napi arányát vizsgálva azt látjuk, hogy a rendszerben összesen többlettermelés van, melynek mértéke 0,1317 v.e. (a rendszerben az átlagos termelés 13,17 %kal nagyobb, mint az átlagos fogyasztás). Ez mindenképpen pozitív tény számunkra, hiszen a megtermelt energia mennyisége meghaladja a felhasznált energia mennyiségét. Így megállapíthatjuk, hogy ha a teljes évben megtermelt energiát el tudnánk tárolni, akkor a fogyasztó teljes villamos energia szükségletét fedezni tudnánk.

Azt a kérdést kell megvizsgáljunk, hogy a mai energiátárolási technológia mellett van-e arra lehetőség, hogy a villamos energiát több napon, héten át hatékonyan (az akkumulátorok önkiszülése nélkül) tároljuk. Ez azért lényeges kérdés, mert 3.5 fejezetben elemzett grafikonokon láthatjuk, hogy a téli hónapokban a megtermelt energia egyetlen időpontban sem képes fedezni a fogyasztást. Ha szigetüzemben használjuk a rendszert, akkor ezen időszakban a fennmaradó többletfogyasztást az akkumulátoroknak kellene fedezni. Ez olyan mértékű beruházást igényel, mely gazdaságilag nem térül meg.

Akkumulátoros rendszerről történő energiaellátás időtartamának reális hozza a pár órányi, napnyi, esetleg egy hétnyi idő nagyságrendjébe esik. Pár napnyi időtartamra példaként egy hétvégét, vagy hosszúhétvégét hozhatunk (3-4 nap), hiszen ha ekkor történik bármilyen olyan üzemzavar a kommunális hálózaton, melyet nem tudnak azonnal megjavítani, hosszabb időre villamosenergia-ellátás nélkül maradhatunk. Ha ezen időtartamra méretezzük a rendszert, akkor az villamos energia ellátásának biztonságát jelentősen megnöveljük.

Ha a fogyasztást évi 2600 kWh-nak feltételezzük (mely átlagosan napi 7,20 kWh), akkor a rendszerünk 2942,5 kWh villamos energiát termel (mely átlagosan napi 8,06 kWh). Ez a megtermelt energia közel megegyezik az 1. fejezetben számolt termelési értékkel. Láthatjuk, hogy a rendszerhez 3 kWp teljesítményű napelemes rendszer kell, mely méretét tekintve háztartási méretű kiserőmű (HMKE) kategóriába esik. Ennek telepítéséhez engedély nem szükséges.

Az energiatároló rendszerhez 12 V feszültségű, 300Ah kapacitású, karbantartásmentes (ólom-zselés akkumulátor) szolár akkumulátort használunk, mely magas ciklusállósággal (3500 ciklus (50% maradó kapacitásig)) rendelkezik.

Az akkumulátor méretezéséhez egy napelemes cég online Excel-táblázatát használtam. [5]

Mivel az átlagos napi teljesítményigény megközelítőleg 7,2 kWh-ra adódik, ezt energiamennyiséget kell tudni az akkumulátoros rendszernek szolgáltatni. Az áthidalási időt 4 napnak vettük, hogy a szigetüzemben működő rendszerünk akár egy hosszú hétvégén át is képes legyen hálózati ellátás nélkül üzemelni. (Áthidalási idő alatt azt az időt értjük, mely során az akkumulátoros rendszernek a teljes fogyasztási igényt biztosítani kell a felhasználó számára.) Az akkumulátor feszültségéből és kapacitásából kiszámolhatjuk, hogy mekkora teljesítmény tárolására képes. Ez jelen esetben 3, kWh-ra adódik. Mivel a kiválasztott akkumulátorban 50 % maradó töltés van, ezért ennek a kisütési mélysége 50 %. Ez azt jelenti, hogy az akkumulátorból csupán a tárolt energia 50 %-át tudjuk felhasználásra vételezni, ami jelen esetben 1,8 kWh nagyságú. Ebből láthatjuk, hogy a napi 7,2 kWh fedezésére 4 darab akkumulátorra van szükség. Ahhoz, hogy a rendszer 4 napon keresztül üzemképes maradjon, 16 darab akkumulátorra van szükségünk. A kiválasztott akkumulátor darabjának anyagköltsége 85.000 Ft + ÁFA (107.950 Ft), amely a 16 darab esetén 1.280.000 Ft + ÁFA (1.625.600 Ft). Ehhez az összeghez még hozzájönnek az energiatároló kialakításának járulékos költségei, amely az anyagár akár 50 % -t is elérheti. [5]

Ha csak az akkumulátorok árát nézzük, akkor is ez a költség meghaladja a 3 kWp teljesítményű napelemes rendszer árát (melynek ára megközelítőleg 500000 Ft/kW).

Ha az akkumulátorok átlagos éves ciklusával számolunk, melynek nagysága a korábban említett 300 ciklus/év, az akkumulátorokat 10-12 évente cserélni kell. Ezek az akkumulátorok a napelemes rendszer élettartamának, mely 20-25 évre tehető, körülbelül felét bírják ki.

Konklúzióként levonhatjuk, hogy lakossági felhasználó esetén nem éri meg szigetüzemben üzemelni, mivel az energiatárolásnak jelen pillanatban olyan magas költsége van, hogy a beruházás a napelemes rendszer élettartama alatt nem térül meg. Viszont ha az ellátásbiztonságot szeretnénk növelni, és nem csak több napos, hanem rövidebb táplálásmentes időszakokat szeretnénk csak áthidalni, akkor elérhető áron rendelkezésre áll már olyan akkumulátoros rendszer, mellyel az üzemszünet ellenére a folyamatos táplálás biztosítható.

5. Összegzés, konklúzió

Mérési adatok alapján látható, hogy a napelemet érő napsugárzás egy véletlen valószínűségi változóként modellezhető, mely normális eloszlást követ. Az is látható, hogy a napelemes rendszer elhelyezése és egyéb külső tényezők (pl.: árnyék) is képesek a termelési görbe befolyásolására. Ahhoz, hogy a termelési adatokat a dolgozatban bemutatott szempontok alapján elemezni tudjunk, rendelkezésre kell álljanak a pontos negyedórás mérési adatok. Ezek nélkül az elemzés nehéz, és az adatok előkészítés sok ráfordítást igényel. Láthatjuk, hogy a mérési adatokból készített statisztika alapján jó felbontású sűrűség-, és eloszlásfüggvényt kaphatunk. A jó felbontás érdekében viszont meg kell vizsgálni az elemezni kívánt adatsor elemszámát, nehogy túl nagy legyen a felbontás. A kapott sűrűség-, és eloszlásfüggvényeket nevezetes eloszlással közelítve matematikai alakját is megkaphatjuk, ezzel az adatok ilyen jellegű további feldolgozása megkönnyíthető.

A napelemes rendszer vizsgálata során azt is láthatjuk, hogy a napelemes rendszer által megtermelt villamos energia erősen évszakfüggő. Őszi és téli hónapokban az egyes hónapok évszaktól való eltérése jelentős, míg ez a nyári időszakban ez a jelenség nem figyelhető meg. A napelemes termelés és fogyasztás egyidejűsége, viszont nagyon kicsi. Ezen egyidejűség a napelemes rendszerbe integrált energiatároló egységgel növelhető.

Lakossági szinten az energiatárolás ésszerűen csak akkumulátorokkal oldható meg. Ezek viszonylag esztétikusak és egy lakossági felhasználó számára is kezelhető, hiszen a mai technológiai viszonyok mellett rendelkezésre állnak olyan ólom-zselés akkumulátorok, melyek karbantartást nem igényelnek, viszont esetleges meghibásodás esetén könnyen cserélhetők.

Lakossági felhasználók sziget üzemű működése esetén az energiatárolás ezen formája még meglehetősen drága, ráadásul a napelemes rendszer élettartama során cserélni is kell őket. Ez a fajta üzem és energiatárolási technológia jelen pillanatban gazdaságilag nem kifizetődő egy lakossági felhasználó számára, így ha van lehetőség, akkor inkább csak kiegészítő-, biztonsági elemként integráljuk rendszerünkbe, ezzel a rövid idejű (nem több nap hosszúságú) energia-kimaradásokat könnyedén át tudjuk hidalni. Ekkora méretben meg is fizethető a beruházás.

6. Felhasznált irodalom

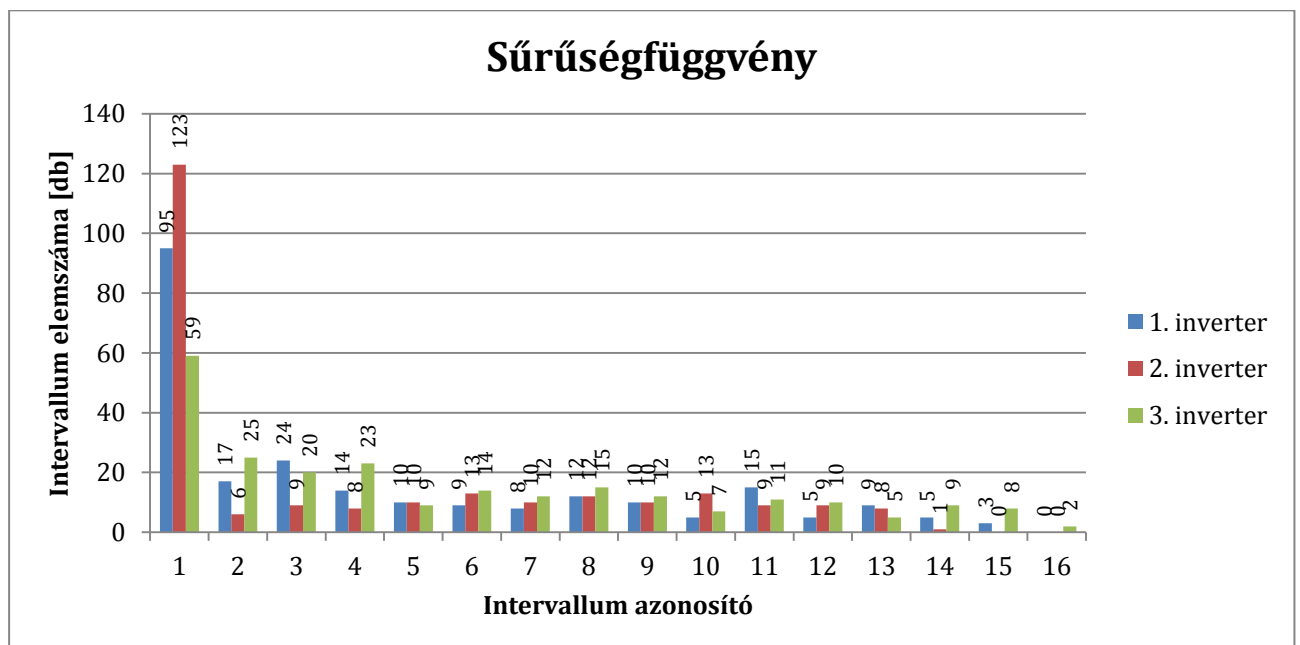
- [1] http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_matematika_Tomacs_Tibor-Matemikai_statisztika_gyakorlatok/ch07s07.html (2016.10.23.)
- [2] <http://www.mvmpartner.hu/hu/villamosenergia/erdekesegek/newsDetails.aspx?NewsID=22> (2016.10.07.)
- [3] <http://www.energiacentrum.com/napelemek/napelem-altal-eloallitott-villamos-energia-tarolasanak-modjai/> (2016.10.07.)
- [4] Study of energy management for decreasing reverse power flow from photovoltaic power systems; Hiroyuki Hatta; Masahiro Asari; Hiromu Kobayashi 2009 IEEE PES/IAS Conference on Sustainable Alternative Energy (SAE); Year: 2009; DOI: 10.1109/SAE.2009.5534838;IEEE Conference Publications
- [5] http://www.panelectron.hu/napelemes_meretezes.html (2016.10.23.)
- [6] <http://www.mnnsz.hu/tanulmany-akkumulatortarozos-napelemes-rendszer-felepitese/> (2016.10.23.)

7. Függeték

F1.1 Napi össztermelés [kWh]

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	1,5990	95	123	59
2	1,5990	3,1980	17	6	25
3	3,1980	4,7970	24	9	20
4	4,7970	6,3960	14	8	23
5	6,3960	7,9950	10	10	9
6	7,9950	9,5940	9	13	14
7	9,5940	11,1930	8	10	12
8	11,1930	12,7920	12	12	15
9	12,7920	14,3910	10	10	12
10	14,3910	15,9900	5	13	7
11	15,9900	17,5890	15	9	11
12	17,5890	19,1880	5	9	10
13	19,1880	20,7870	9	8	5
14	20,7870	22,3860	5	1	9
15	22,3860	23,9850	3	0	8
16	23,9850	25,5840	0	0	2

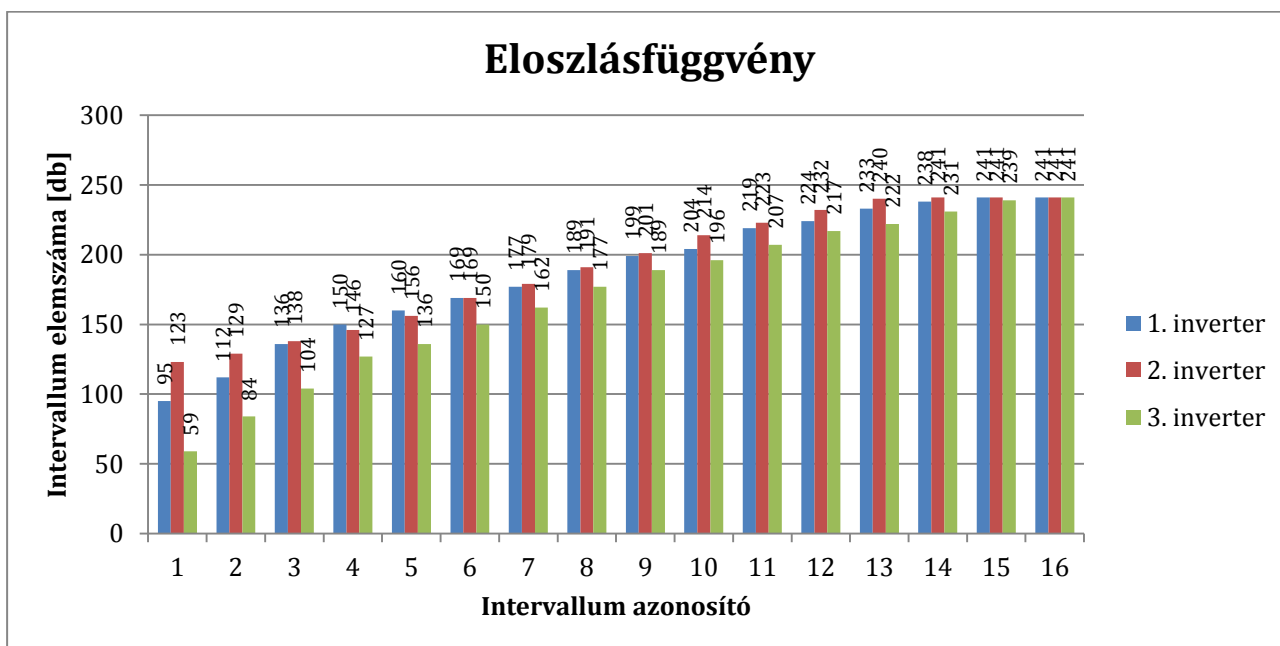
16. táblázat: Inverterek napi össztermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)



11. diagram: Inverterek napi össztermelésére számolt sűrűségfüggvények

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	1,5990	95	123	59
2	1,5990	3,1980	112	129	84
3	3,1980	4,7970	136	138	104
4	4,7970	6,3960	150	146	127
5	6,3960	7,9950	160	156	136
6	7,9950	9,5940	169	169	150
7	9,5940	11,1930	177	179	162
8	11,1930	12,7920	189	191	177
9	12,7920	14,3910	199	201	189
10	14,3910	15,9900	204	214	196
11	15,9900	17,5890	219	223	207
12	17,5890	19,1880	224	232	217
13	19,1880	20,7870	233	240	222
14	20,7870	22,3860	238	241	231
15	22,3860	23,9850	241	241	239
16	23,9850	25,5840	241	241	241

17. táblázat: Inverterek napi össztermelésére számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)

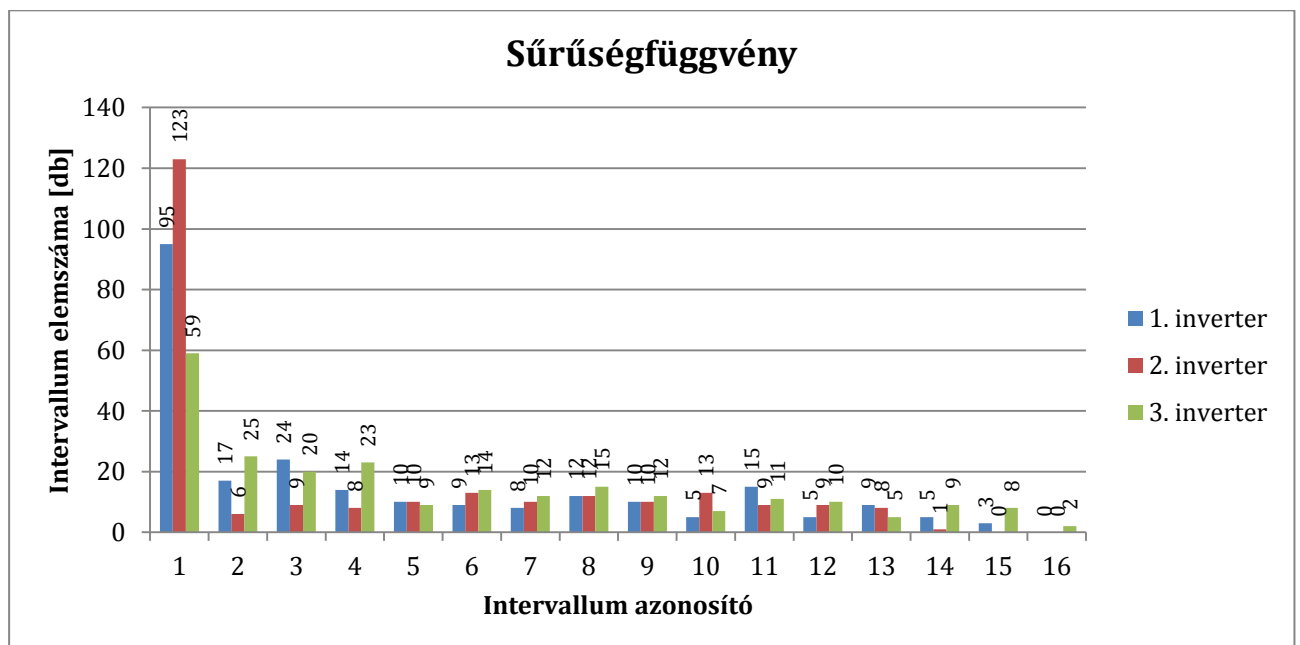


12. diagram: : Inverterek napi össztermelésére számolt eloszlásfüggvények

F1.2 Napi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh]

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	0,0167	95	123	59
2	0,0167	0,0333	17	6	25
3	0,0333	0,0500	24	9	20
4	0,0500	0,0666	14	8	23
5	0,0666	0,0833	10	10	9
6	0,0833	0,0999	9	13	14
7	0,0999	0,1166	8	10	12
8	0,1166	0,1332	12	12	15
9	0,1332	0,1499	10	10	12
10	0,1499	0,1666	5	13	7
11	0,1666	0,1832	15	9	11
12	0,1832	0,1999	5	9	10
13	0,1999	0,2165	9	8	5
14	0,2165	0,2332	5	1	9
15	0,2332	0,2498	3	0	8
16	0,2498	0,2665	0	0	2

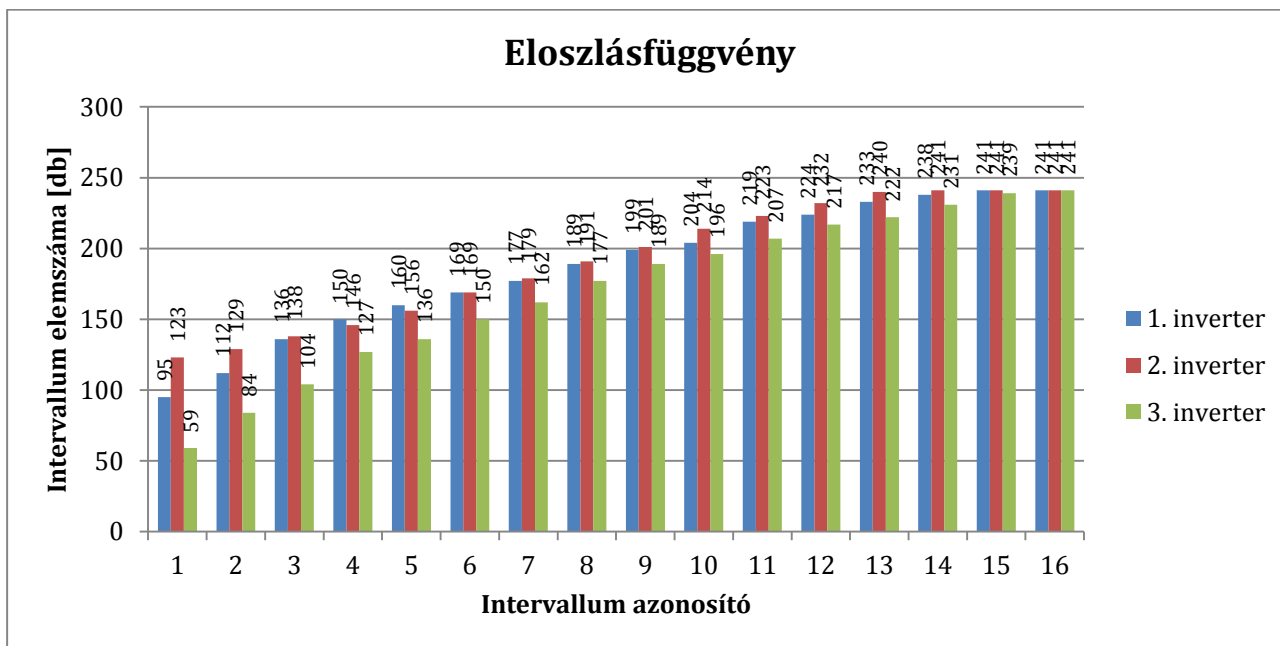
18. táblázat: Inverterek napi átlagtermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)



13. diagram: Inverterek napi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	0,0167	95	123	59
2	0,0167	0,0333	112	129	84
3	0,0333	0,0500	136	138	104
4	0,0500	0,0666	150	146	127
5	0,0666	0,0833	160	156	136
6	0,0833	0,0999	169	169	150
7	0,0999	0,1166	177	179	162
8	0,1166	0,1332	189	191	177
9	0,1332	0,1499	199	201	189
10	0,1499	0,1666	204	214	196
11	0,1666	0,1832	219	223	207
12	0,1832	0,1999	224	232	217
13	0,1999	0,2165	233	240	222
14	0,2165	0,2332	238	241	231
15	0,2332	0,2498	241	241	239
16	0,2498	0,2665	241	241	241

19. táblázat: Inverterek napi átlagtermelésére számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)

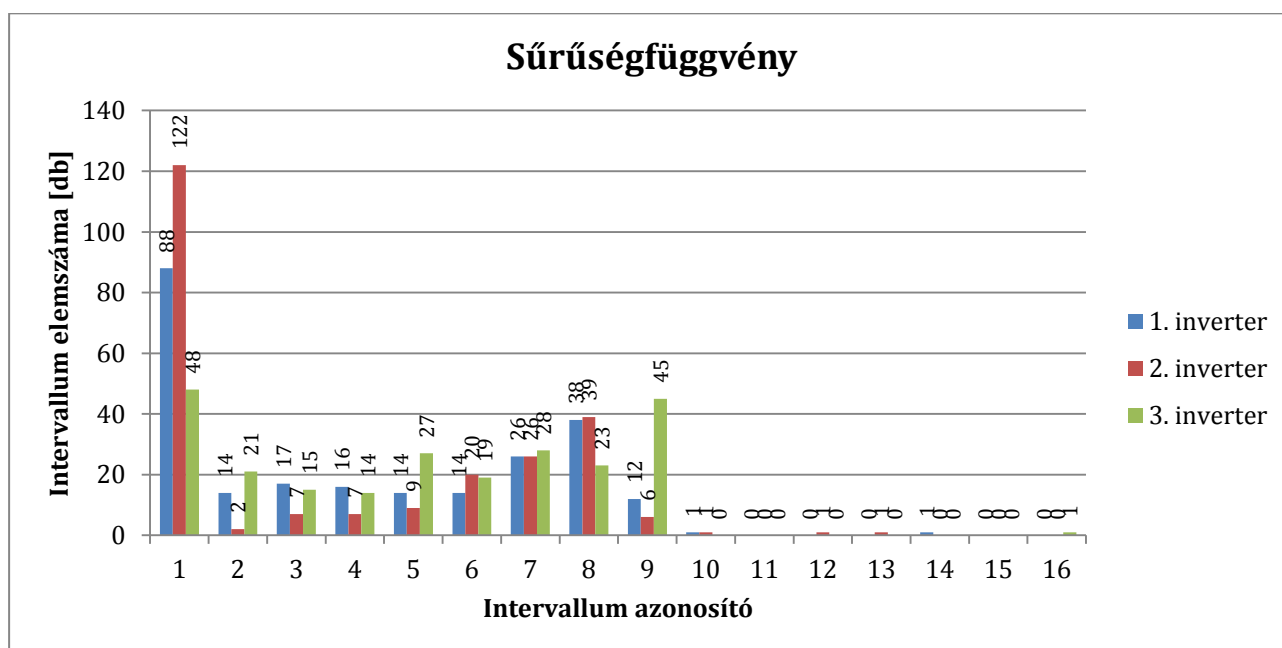


14. diagram: Inverterek napi átlagtermelésére számolt eloszlásfüggvények

F 1.3 Napi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	0,0879	88	122	48
2	0,0879	0,1757	14	2	21
3	0,1757	0,2636	17	7	15
4	0,2636	0,3515	16	7	14
5	0,3515	0,4394	14	9	27
6	0,4394	0,5272	14	20	19
7	0,5272	0,6151	26	26	28
8	0,6151	0,7030	38	39	23
9	0,7030	0,7909	12	6	45
10	0,7909	0,8787	1	1	0
11	0,8787	0,9666	0	0	0
12	0,9666	1,0545	0	1	0
13	1,0545	1,1424	0	1	0
14	1,1424	1,2302	1	0	0
15	1,2302	1,3181	0	0	0
16	1,3181	1,4060	0	0	1

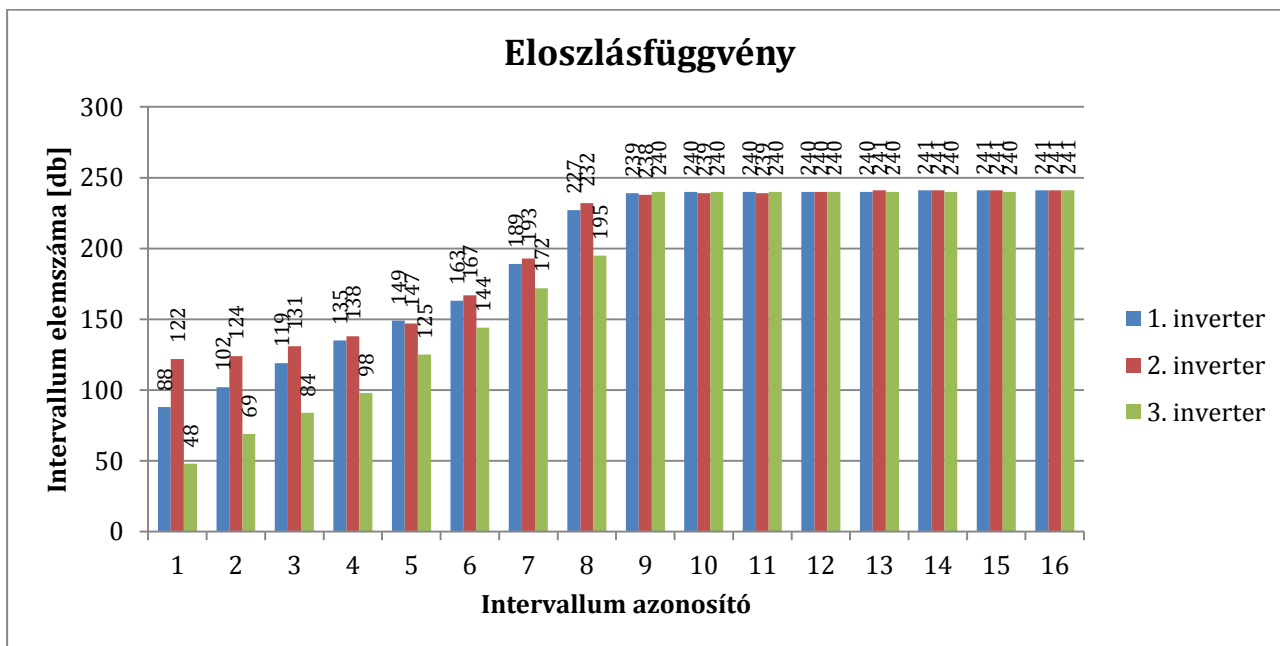
20. táblázat: Inverterek napi maximumaira számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)



15. diagram: Inverterek napi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	0,0879	88	122	48
2	0,0879	0,1757	102	124	69
3	0,1757	0,2636	119	131	84
4	0,2636	0,3515	135	138	98
5	0,3515	0,4394	149	147	125
6	0,4394	0,5272	163	167	144
7	0,5272	0,6151	189	193	172
8	0,6151	0,7030	227	232	195
9	0,7030	0,7909	239	238	240
10	0,7909	0,8787	240	239	240
11	0,8787	0,9666	240	239	240
12	0,9666	1,0545	240	240	240
13	1,0545	1,1424	240	241	240
14	1,1424	1,2302	241	241	240
15	1,2302	1,3181	241	241	240
16	1,3181	1,4060	241	241	241

21. táblázat: Inverterek napi maximumaira számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)

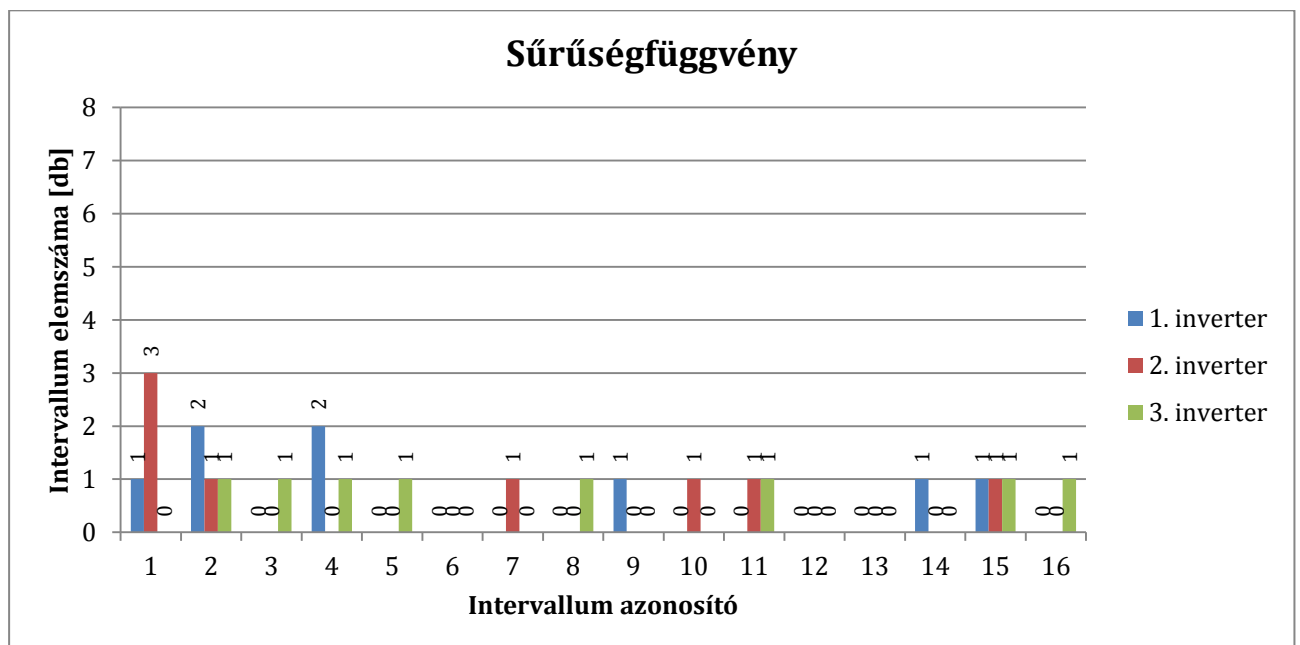


16. diagram Inverterek napi maximumaira számolt eloszlásfüggvények

F1.4 Havi össztermelés [kWh]

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	32,4044	1	3	0
2	32,4044	64,8088	2	1	1
3	64,8088	97,2132	0	0	1
4	97,2132	129,6176	1	0	1
5	129,6176	162,0220	1	0	0
6	162,0220	194,4264	0	0	1
7	194,4264	226,8309	0	1	0
8	226,8309	259,2353	0	0	1
9	259,2353	291,6397	1	0	0
10	291,6397	324,0441	0	1	0
11	324,0441	356,4485	0	1	1
12	356,4485	388,8529	0	0	0
13	388,8529	421,2573	0	0	0
14	421,2573	453,6617	1	0	0
15	453,6617	486,0661	1	1	1
16	486,0661	518,4705	0	0	1

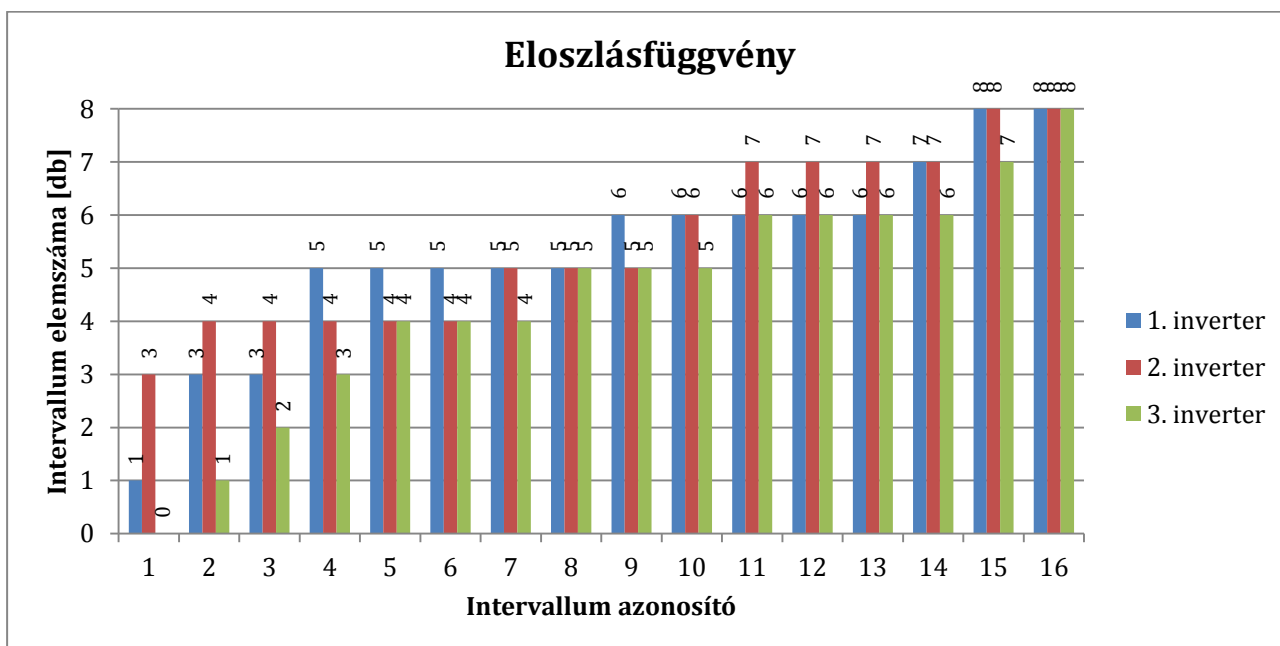
22. táblázat: Inverterek havi össztermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)



17. diagram: Inverterek havi össztermelésére számolt sűrűségfüggvények

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	32,4044	1	3	0
2	32,4044	64,8088	3	4	1
3	64,8088	97,2132	3	4	2
4	97,2132	129,6176	4	4	3
5	129,6176	162,0220	5	4	3
6	162,0220	194,4264	5	4	4
7	194,4264	226,8309	5	5	4
8	226,8309	259,2353	5	5	5
9	259,2353	291,6397	6	5	5
10	291,6397	324,0441	6	6	5
11	324,0441	356,4485	6	7	6
12	356,4485	388,8529	6	7	6
13	388,8529	421,2573	6	7	6
14	421,2573	453,6617	7	7	6
15	453,6617	486,0661	8	8	7
16	486,0661	518,4705	8	8	8

23. táblázat: Inverterek havi össztermelésére számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)

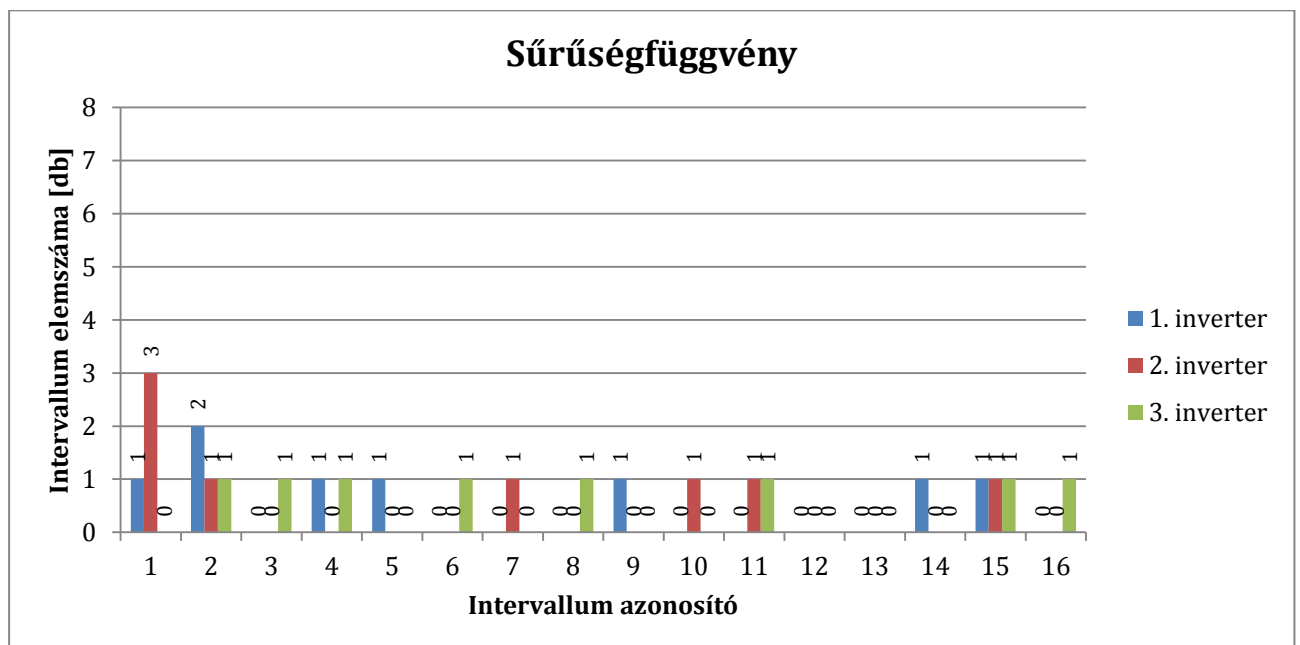


18. diagram: : Inverterek havi össztermelésére számolt eloszlásfüggvények

F1.5 Havi átlagtermelés (negyedórás átlag) [kWh]

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	1,0453	1	3	0
2	1,0453	2,0906	2	1	1
3	2,0906	3,1359	0	0	1
4	3,1359	4,1812	1	0	1
5	4,1812	5,2265	1	0	0
6	5,2265	6,2718	0	0	1
7	6,2718	7,3171	0	1	0
8	7,3171	8,3624	0	0	1
9	8,3624	9,4077	1	0	0
10	9,4077	10,4530	0	1	0
11	10,4530	11,4983	0	1	1
12	11,4983	12,5436	0	0	0
13	12,5436	13,5889	0	0	0
14	13,5889	14,6342	1	0	0
15	14,6342	15,6796	1	1	1
16	15,6796	16,7249	0	0	1

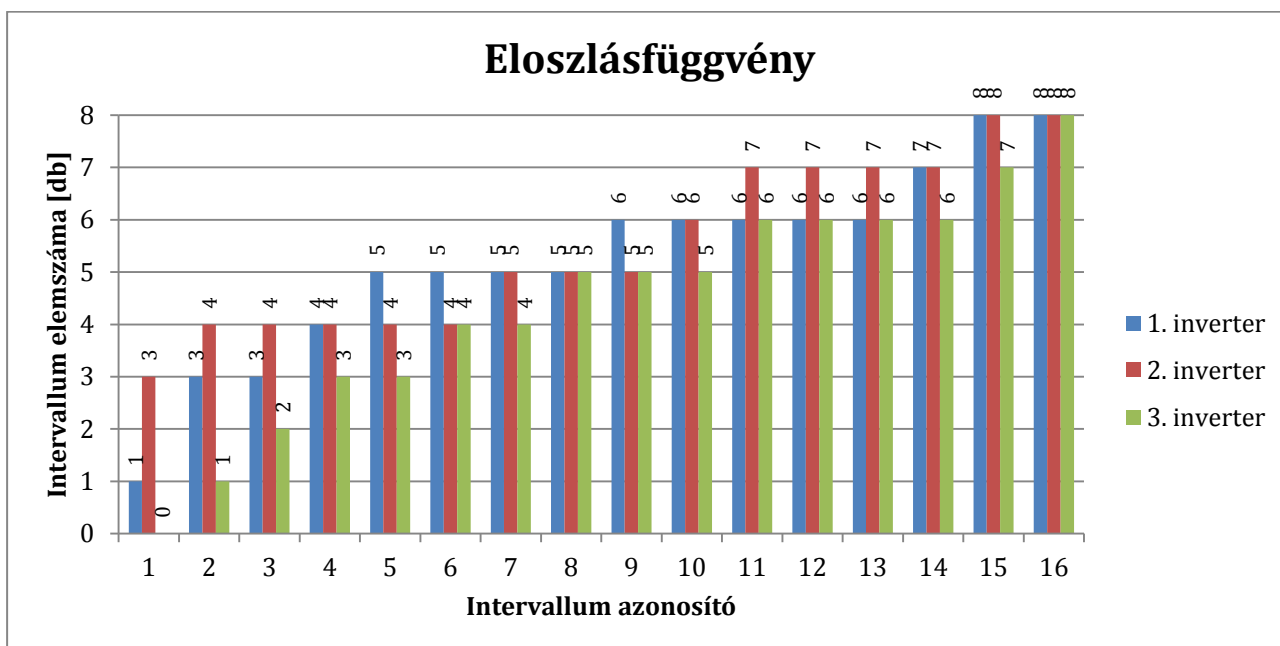
24. táblázat: Inverterek havi átlagtermelésére számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)



19. diagram: Inverterek havi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	1,0453	1	3	0
2	1,0453	2,0906	3	4	1
3	2,0906	3,1359	3	4	2
4	3,1359	4,1812	4	4	3
5	4,1812	5,2265	5	4	3
6	5,2265	6,2718	5	4	4
7	6,2718	7,3171	5	5	4
8	7,3171	8,3624	5	5	5
9	8,3624	9,4077	6	5	5
10	9,4077	10,4530	6	6	5
11	10,4530	11,4983	6	7	6
12	11,4983	12,5436	6	7	6
13	12,5436	13,5889	6	7	6
14	13,5889	14,6342	7	7	6
15	14,6342	15,6796	8	8	7
16	15,6796	16,7249	8	8	8

25. táblázat: Inverterek havi átlagtermeléseire számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)

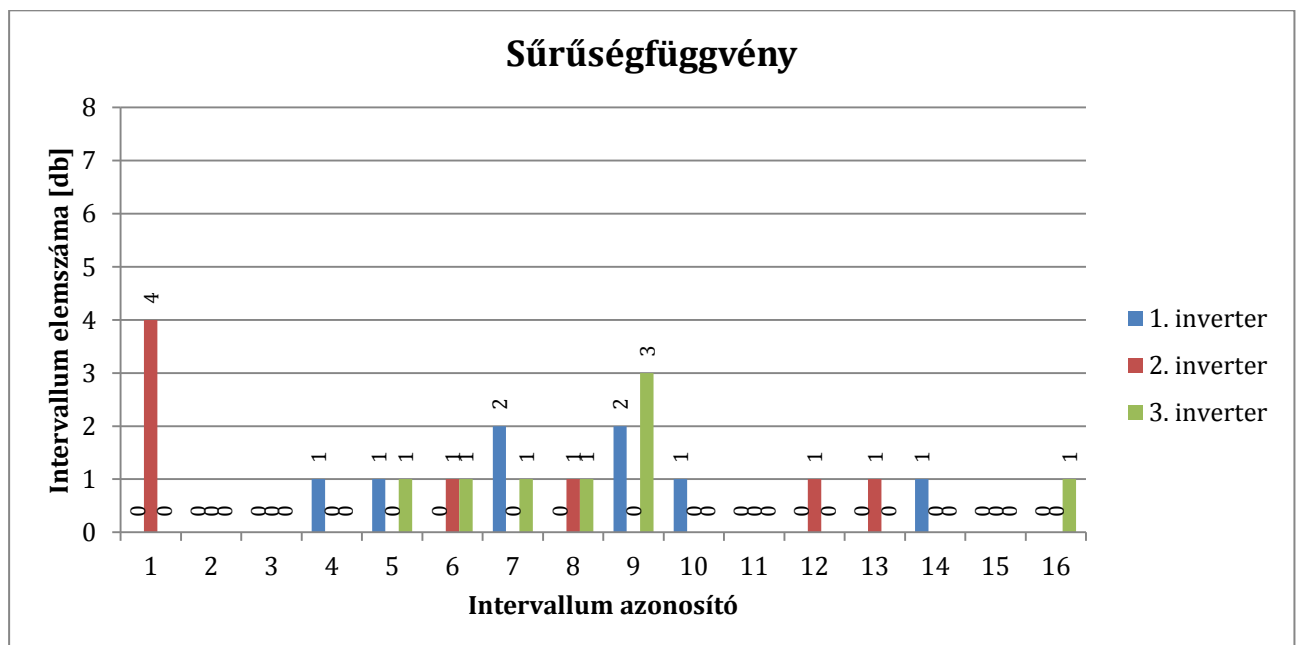


20. diagram: Inverterek havi átlagtermeléseire számolt eloszlásfüggvények

F1.6 Havi maximum (mérési pontok közötti értékből) [kWh]

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Sűrűségfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	0,0879	0	4	0
2	0,0879	0,1757	0	0	0
3	0,1757	0,2636	0	0	0
4	0,2636	0,3515	1	0	0
5	0,3515	0,4394	1	0	1
6	0,4394	0,5272	0	1	1
7	0,5272	0,6151	2	0	1
8	0,6151	0,7030	0	1	1
9	0,7030	0,7909	2	0	3
10	0,7909	0,8787	1	0	0
11	0,8787	0,9666	0	0	0
12	0,9666	1,0545	0	1	0
13	1,0545	1,1424	0	1	0
14	1,1424	1,2302	1	0	0
15	1,2302	1,3181	0	0	0
16	1,3181	1,4060	0	0	1

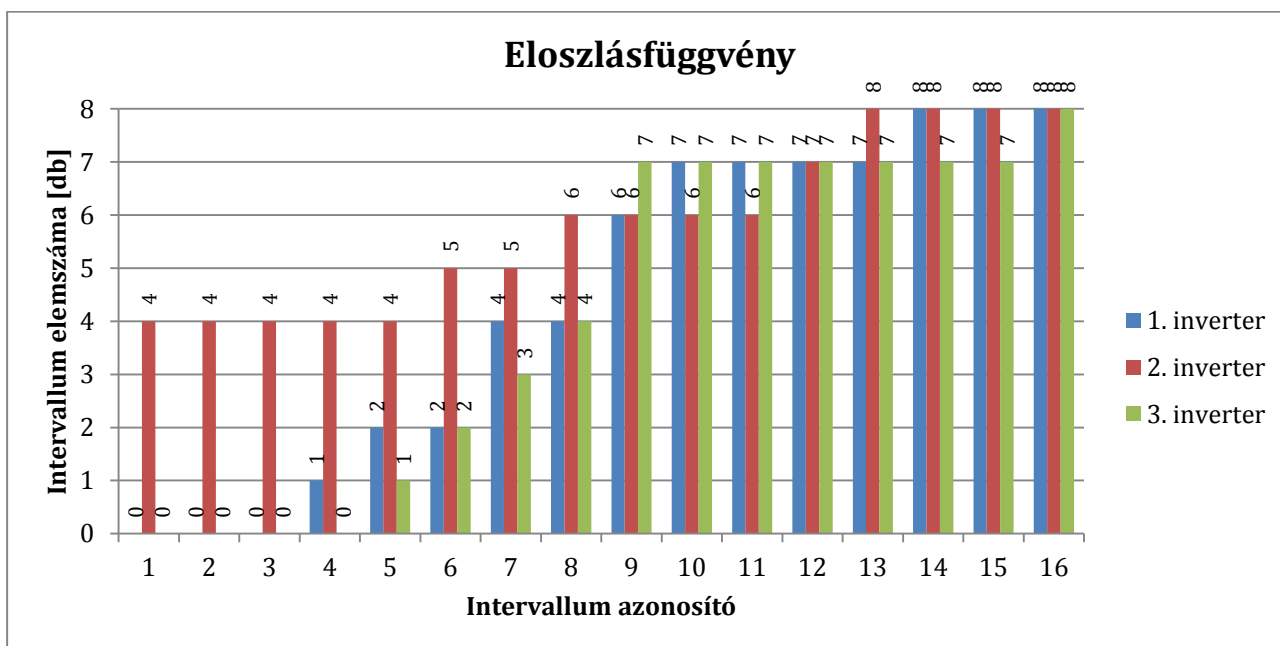
26. táblázat: Inverterek havi maximumaira számolt statisztika (sűrűségfüggvényhez)



21. diagram: Inverterek havi átlagtermelésére számolt sűrűségfüggvények

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 1. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 2. inverterre [db]	Eloszlásfüggvény adott értéke az 3. inverterre [db]
1	0,0000	0,0879	0	4	0
2	0,0879	0,1757	0	4	0
3	0,1757	0,2636	0	4	0
4	0,2636	0,3515	1	4	0
5	0,3515	0,4394	2	4	1
6	0,4394	0,5272	2	5	2
7	0,5272	0,6151	4	5	3
8	0,6151	0,7030	4	6	4
9	0,7030	0,7909	6	6	7
10	0,7909	0,8787	7	6	7
11	0,8787	0,9666	7	6	7
12	0,9666	1,0545	7	7	7
13	1,0545	1,1424	7	8	7
14	1,1424	1,2302	8	8	7
15	1,2302	1,3181	8	8	7
16	1,3181	1,4060	8	8	8

27. táblázat: Inverterek havi maximumaira számolt statisztika (eloszlásfüggvényhez)



22. diagram Inverterek havi maximumaira számolt eloszlásfüggvények

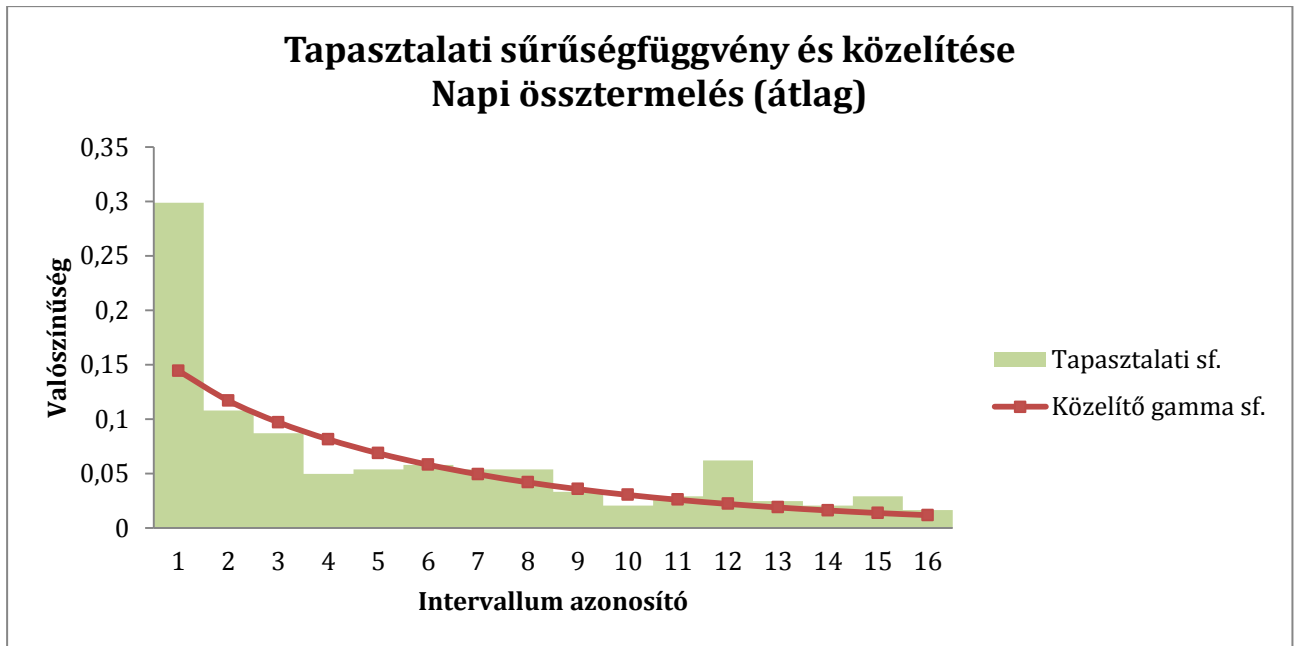
F2.1 Napi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=0,9133$ $\beta=6,6299$
1	0,0000	1,4112	0,2988	0,1444
2	1,4112	2,8225	0,1079	0,1170
3	2,8225	4,2337	0,0871	0,0971
4	4,2337	5,6449	0,0498	0,0815
5	5,6449	7,0561	0,0539	0,0687
6	7,0561	8,4674	0,0581	0,0582
7	8,4674	9,8786	0,0539	0,0494
8	9,8786	11,2898	0,0539	0,0420
9	11,2898	12,7011	0,0332	0,0357
10	12,7011	14,1123	0,0207	0,0304
11	14,1123	15,5235	0,0290	0,0260
12	15,5235	16,9348	0,0622	0,0222
13	16,9348	18,3460	0,0249	0,0189
14	18,3460	19,7572	0,0207	0,0162
15	19,7572	21,1684	0,0290	0,0138
16	21,1684	22,5797	0,0166	0,0118

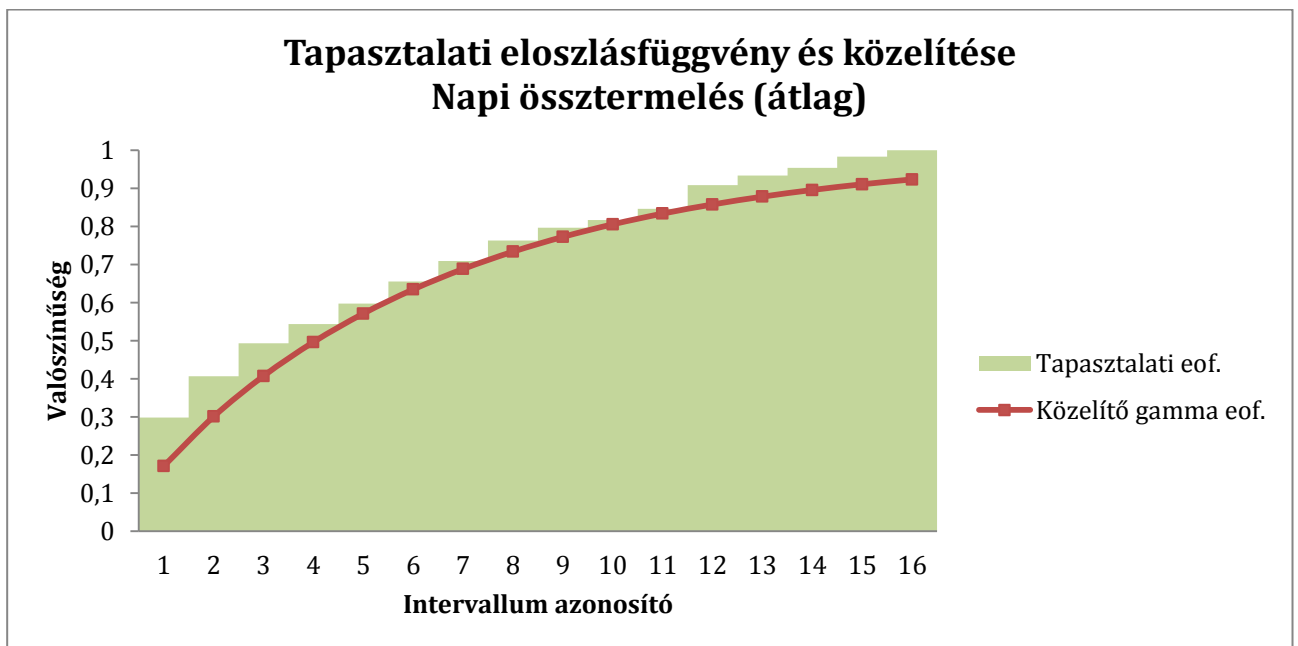
28. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez)

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény valószínűsége	Eloszlásfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=0,9133$ $\beta=6,6299$
1	0,0000	1,4112	0,2988	0,1713
2	1,4112	2,8225	0,4066	0,3011
3	2,8225	4,2337	0,4938	0,4077
4	4,2337	5,6449	0,5436	0,4967
5	5,6449	7,0561	0,5975	0,5716
6	7,0561	8,4674	0,6556	0,6348
7	8,4674	9,8786	0,7095	0,6885
8	9,8786	11,2898	0,7635	0,7340
9	11,2898	12,7011	0,7967	0,7728
10	12,7011	14,1123	0,8174	0,8058
11	14,1123	15,5235	0,8465	0,8339
12	15,5235	16,9348	0,9087	0,8579
13	16,9348	18,3460	0,9336	0,8784
14	18,3460	19,7572	0,9544	0,8959
15	19,7572	21,1684	0,9834	0,9109
16	21,1684	22,5797	1,0000	0,9237

**29. táblázat: Az átlagos rendszer napi össztermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez)**



23. diagram: Napi össztermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással



24. diagram: Napi össztermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással

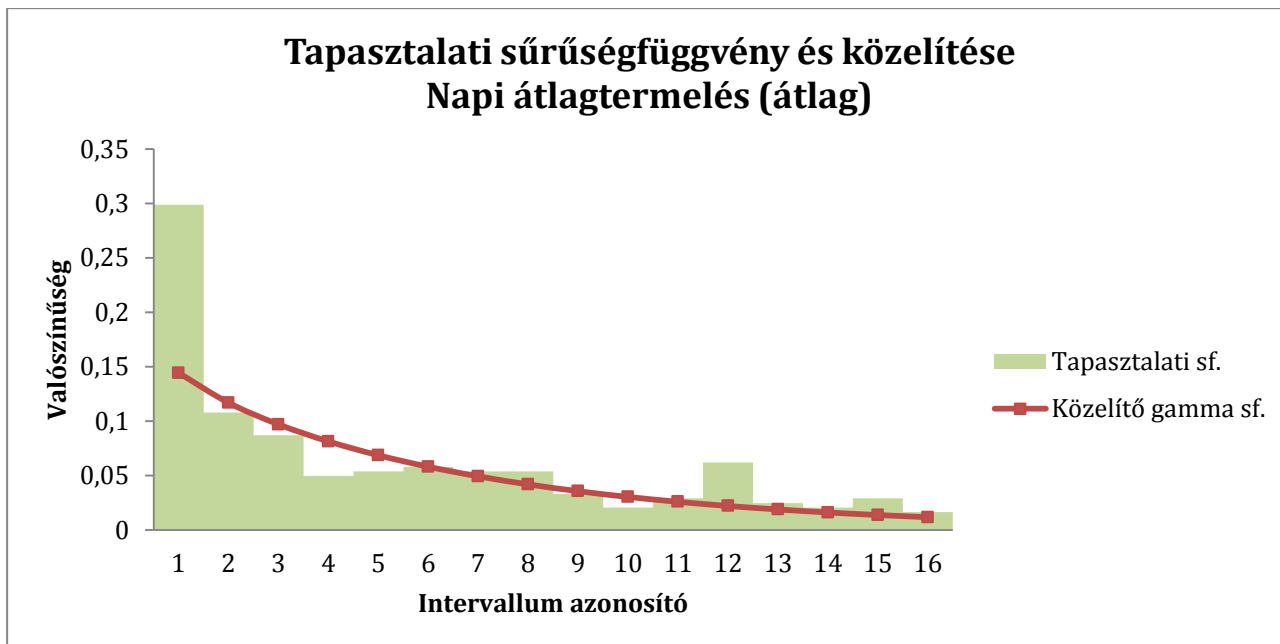
F2.2 Napi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=0,9133$ $\beta=6,6299$
1	0,0000	0,0147	0,2988	0,1444
2	0,0147	0,0294	0,1079	0,1170
3	0,0294	0,0441	0,0871	0,0971
4	0,0441	0,0588	0,0498	0,0815
5	0,0588	0,0735	0,0539	0,0687
6	0,0735	0,0882	0,0581	0,0582
7	0,0882	0,1029	0,0539	0,0494
8	0,1029	0,1176	0,0539	0,0420
9	0,1176	0,1323	0,0332	0,0357
10	0,1323	0,1470	0,0207	0,0304
11	0,1470	0,1617	0,0290	0,0260
12	0,1617	0,1764	0,0622	0,0222
13	0,1764	0,1911	0,0249	0,0189
14	0,1911	0,2058	0,0207	0,0162
15	0,2058	0,2205	0,0290	0,0138
16	0,2205	0,2352	0,0166	0,0118

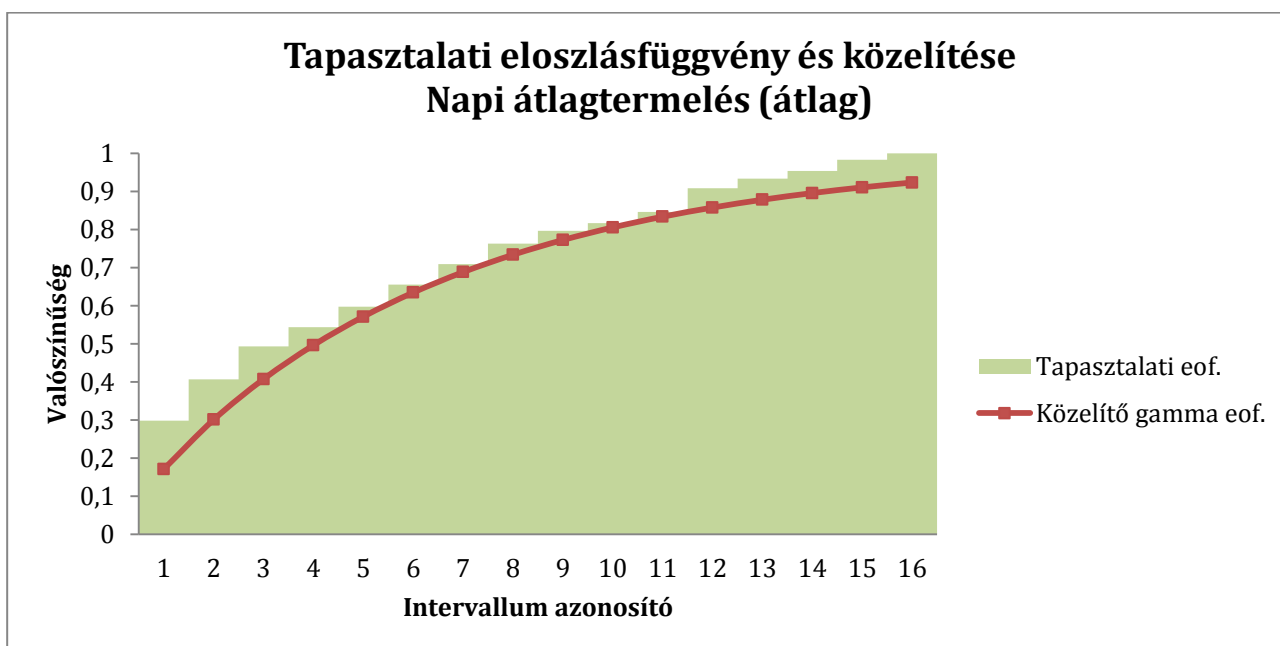
30. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez)

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény valószínűsége	Eloszlásfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=0,9133$ $\beta=6,6299$
1	0,0000	0,0147	0,2988	0,1713
2	0,0147	0,0294	0,4066	0,3011
3	0,0294	0,0441	0,4938	0,4077
4	0,0441	0,0588	0,5436	0,4967
5	0,0588	0,0735	0,5975	0,5716
6	0,0735	0,0882	0,6556	0,6348
7	0,0882	0,1029	0,7095	0,6885
8	0,1029	0,1176	0,7635	0,7340
9	0,1176	0,1323	0,7967	0,7728
10	0,1323	0,1470	0,8174	0,8058
11	0,1470	0,1617	0,8465	0,8339
12	0,1617	0,1764	0,9087	0,8579
13	0,1764	0,1911	0,9336	0,8784
14	0,1911	0,2058	0,9544	0,8959
15	0,2058	0,2205	0,9834	0,9109
16	0,2205	0,2352	1,0000	0,9237

**31. táblázat: Az átlagos rendszer napi átlagtermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez)**



25. diagram: Napi átlagtermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással



26. diagram: Napi átlagtermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással

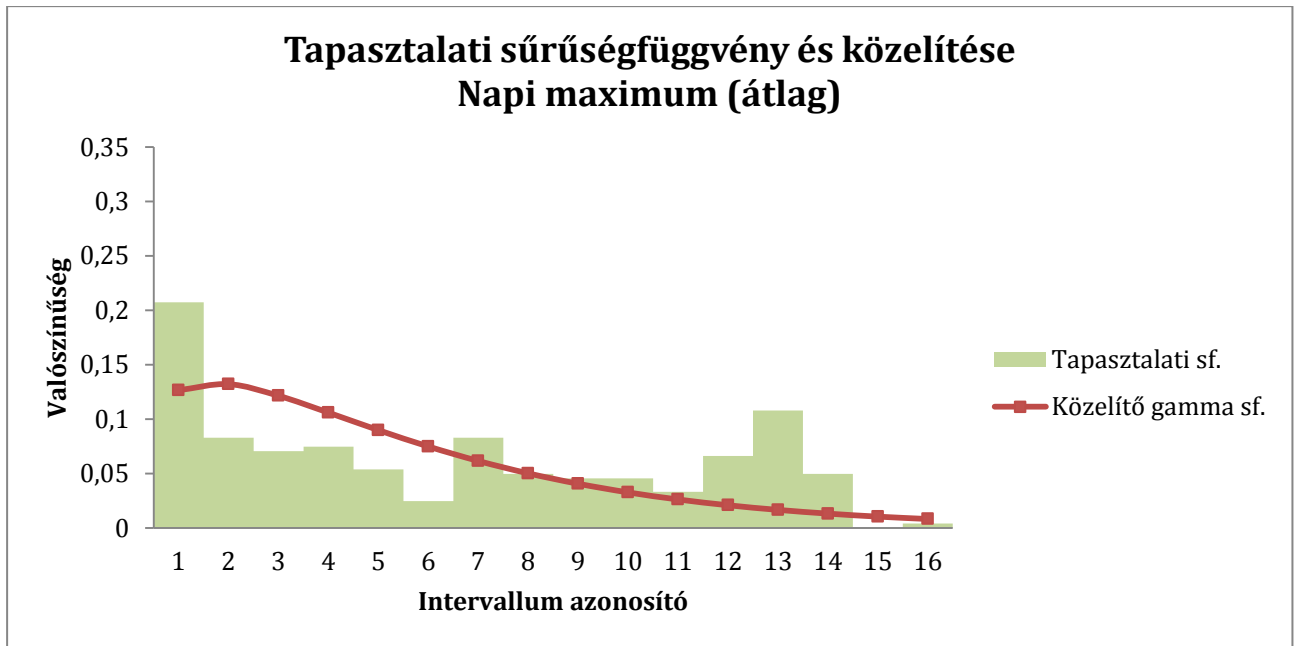
F2.3 Napi maximum és közelítése Gamma-eloszlással

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=1,4418$ $\beta=3,7990$
1	0,0000	0,0541	0,2075	0,1266
2	0,0541	0,1083	0,0830	0,1322
3	0,1083	0,1624	0,0705	0,1215
4	0,1624	0,2166	0,0747	0,1061
5	0,2166	0,2707	0,0539	0,0900
6	0,2707	0,3249	0,0249	0,0750
7	0,3249	0,3790	0,0830	0,0617
8	0,3790	0,4332	0,0498	0,0503
9	0,4332	0,4873	0,0456	0,0407
10	0,4873	0,5415	0,0456	0,0328
11	0,5415	0,5956	0,0332	0,0263
12	0,5956	0,6498	0,0664	0,0210
13	0,6498	0,7039	0,1079	0,0167
14	0,7039	0,7580	0,0498	0,0133
15	0,7580	0,8122	0,0000	0,0105
16	0,8122	0,8663	0,0041	0,0083

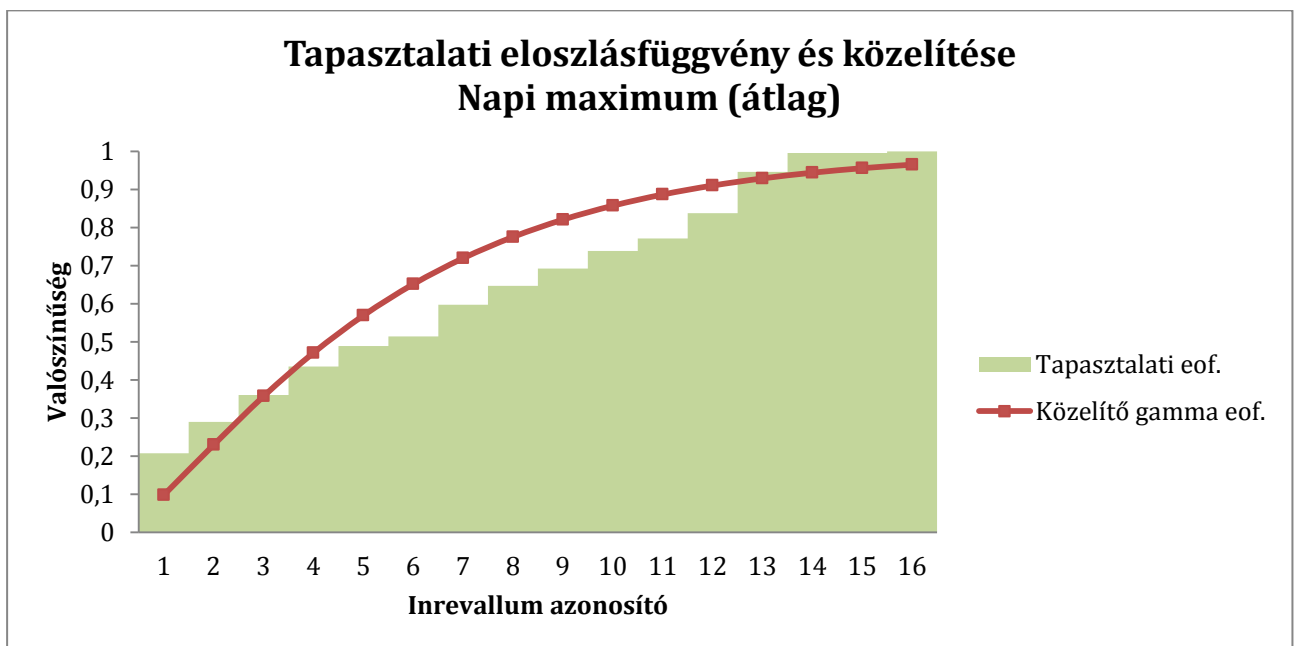
32. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez)

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény valószínűsége	Eloszlásfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=1,4418$ $\beta=3,7990$
1	0,0000	0,0541	0,2075	0,0981
2	0,0541	0,1083	0,2905	0,2298
3	0,1083	0,1624	0,3610	0,3574
4	0,1624	0,2166	0,4357	0,4713
5	0,2166	0,2707	0,4896	0,5693
6	0,2707	0,3249	0,5145	0,6517
7	0,3249	0,3790	0,5975	0,7198
8	0,3790	0,4332	0,6473	0,7756
9	0,4332	0,4873	0,6929	0,8210
10	0,4873	0,5415	0,7386	0,8576
11	0,5415	0,5956	0,7718	0,8870
12	0,5956	0,6498	0,8382	0,9105
13	0,6498	0,7039	0,9461	0,9293
14	0,7039	0,7580	0,9959	0,9442
15	0,7580	0,8122	0,9959	0,9561
16	0,8122	0,8663	1,0000	0,9654

**33. táblázat: Az átlagos rendszer napi maximumára számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez)**



27. diagram: Napi maximumra vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással



28. diagram: Napi maximumra vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással

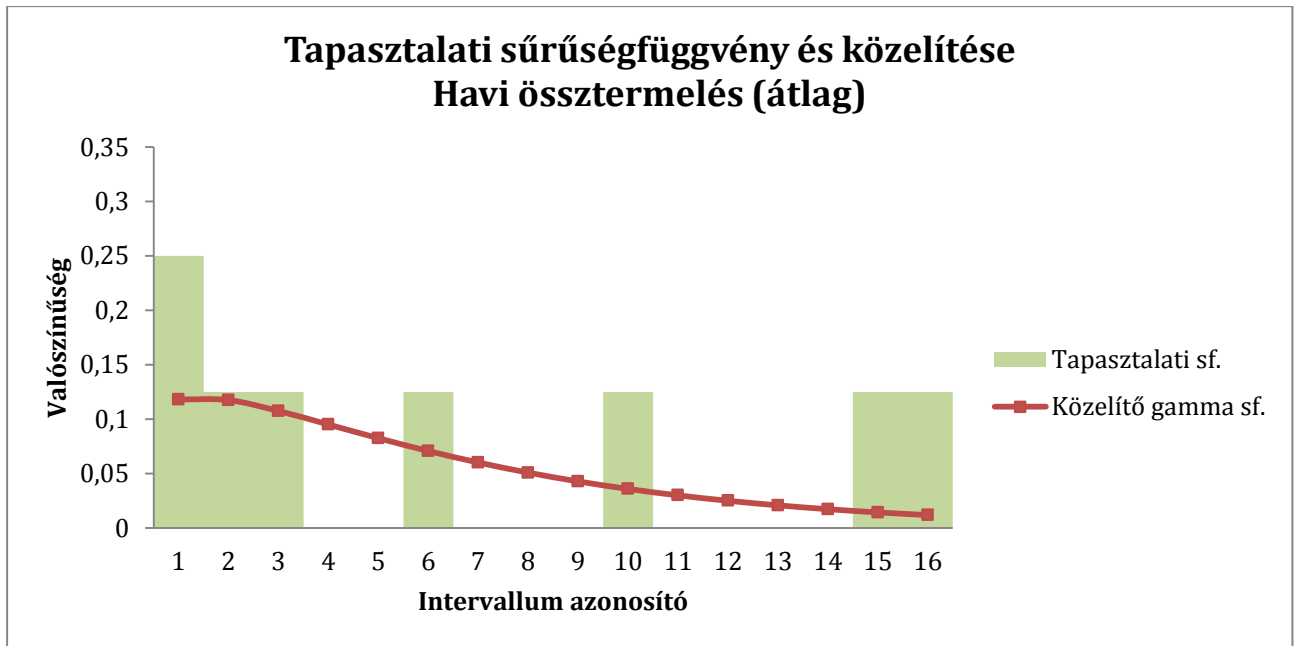
F2.4 Havi össztermelés és közelítése Gamma-eloszlással

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha= 1,2901$ $\beta= 4,8435$
1	22,8507	50,7891	0,2500	0,1182
2	50,7891	78,7275	0,1250	0,1176
3	78,7275	106,6659	0,1250	0,1076
4	106,6659	134,6043	0,0000	0,0951
5	134,6043	162,5426	0,0000	0,0826
6	162,5426	190,4810	0,1250	0,0708
7	190,4810	218,4194	0,0000	0,0602
8	218,4194	246,3578	0,0000	0,0509
9	246,3578	274,2962	0,0000	0,0429
10	274,2962	302,2346	0,1250	0,0360
11	302,2346	330,1730	0,0000	0,0301
12	330,1730	358,1114	0,0000	0,0251
13	358,1114	386,0498	0,0000	0,0209
14	386,0498	413,9882	0,0000	0,0174
15	413,9882	441,9266	0,1250	0,0144
16	441,9266	469,8650	0,1250	0,0119

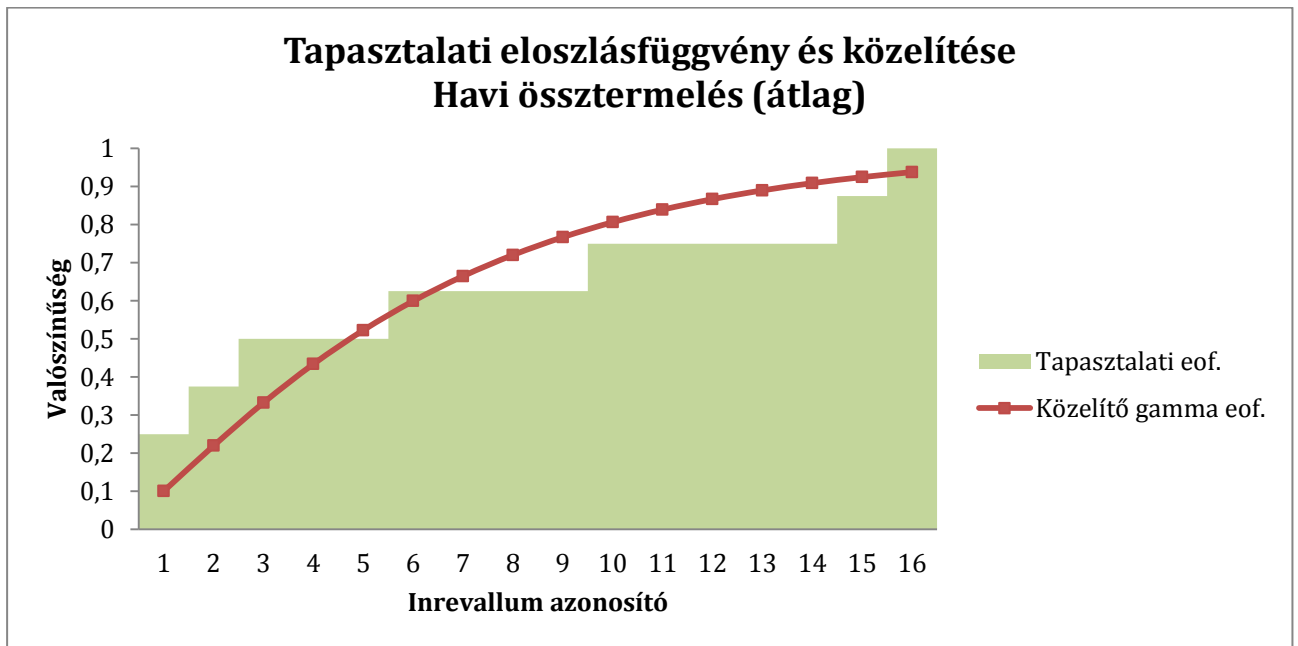
34. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez)

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény valószínűsége	Eloszlásfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha= 1,2901$ $\beta= 4,8435$
1	22,8507	50,7891	0,2500	0,1004
2	50,7891	78,7275	0,3750	0,2197
3	78,7275	106,6659	0,5000	0,3326
4	106,6659	134,6043	0,5000	0,4341
5	134,6043	162,5426	0,5000	0,5229
6	162,5426	190,4810	0,6250	0,5995
7	190,4810	218,4194	0,6250	0,6649
8	218,4194	246,3578	0,6250	0,7203
9	246,3578	274,2962	0,6250	0,7671
10	274,2962	302,2346	0,7500	0,8065
11	302,2346	330,1730	0,7500	0,8394
12	330,1730	358,1114	0,7500	0,8669
13	358,1114	386,0498	0,7500	0,8898
14	386,0498	413,9882	0,7500	0,9089
15	413,9882	441,9266	0,8750	0,9247
16	441,9266	469,8650	1,0000	0,9379

**35. táblázat: Az átlagos rendszer havi össztermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez)**



29. diagram: Havi össztermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással



30. diagram: Havi össztermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással

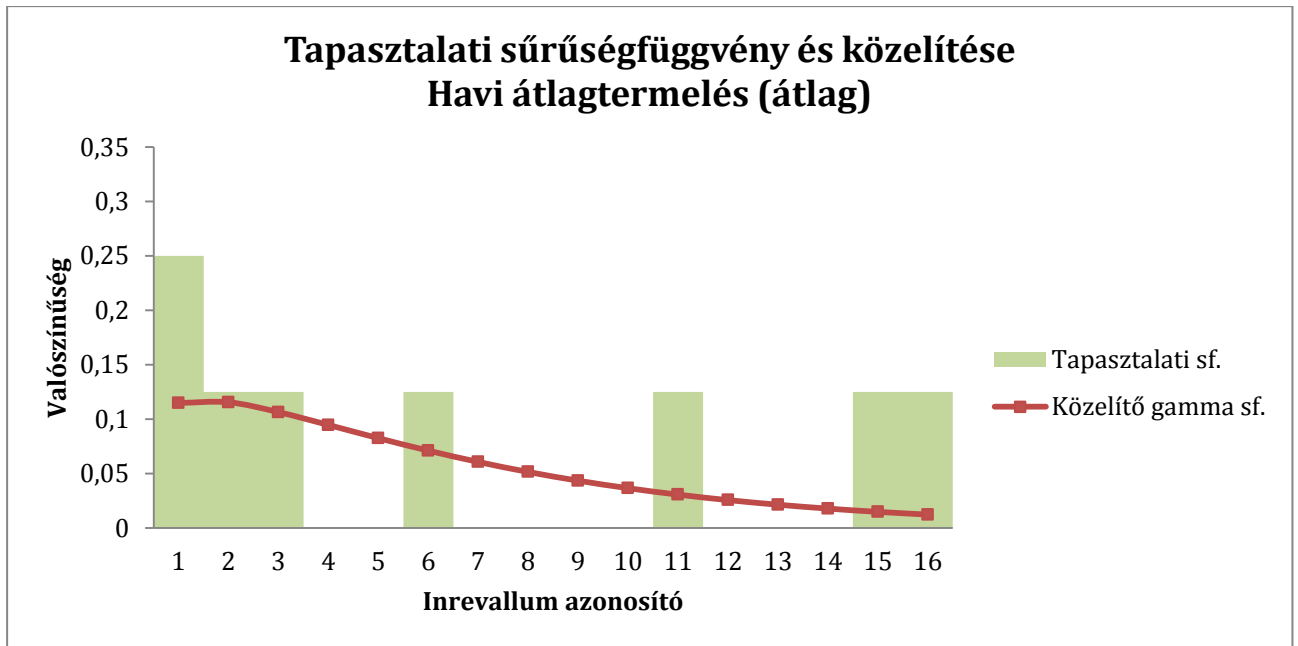
F2.5 Havi átlagtermelés és közelítése Gamma-eloszlással

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=1,3037$ $\beta= 4,8840$
1	0,7371	1,6384	0,2500	0,1149
2	1,6384	2,5396	0,1250	0,1156
3	2,5396	3,4408	0,1250	0,1065
4	3,4408	4,3421	0,0000	0,0947
5	4,3421	5,2433	0,0000	0,0826
6	5,2433	6,1445	0,1250	0,0711
7	6,1445	7,0458	0,0000	0,0607
8	7,0458	7,9470	0,0000	0,0515
9	7,9470	8,8483	0,0000	0,0435
10	8,8483	9,7495	0,0000	0,0366
11	9,7495	10,6507	0,1250	0,0307
12	10,6507	11,5520	0,0000	0,0257
13	11,5520	12,4532	0,0000	0,0215
14	12,4532	13,3545	0,0000	0,0179
15	13,3545	14,2557	0,1250	0,0149
16	14,2557	15,1569	0,1250	0,0124

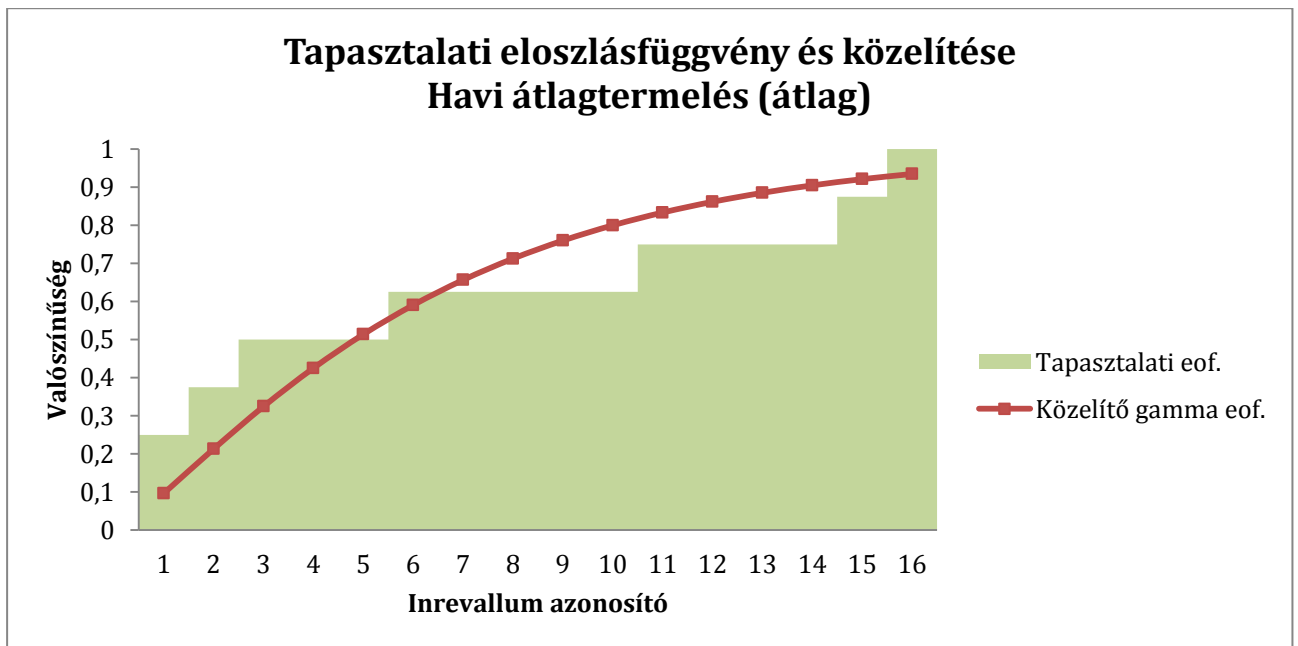
36. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez)

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Eloszlásfüggvény valószínűsége	Eloszlásfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=1,2274$ $\beta=4,6848$
1	0,7371	1,6384	0,2500	0,1004
2	1,6384	2,5396	0,3750	0,2197
3	2,5396	3,4408	0,5000	0,3326
4	3,4408	4,3421	0,5000	0,4341
5	4,3421	5,2433	0,5000	0,5229
6	5,2433	6,1445	0,6250	0,5995
7	6,1445	7,0458	0,6250	0,6649
8	7,0458	7,9470	0,6250	0,7203
9	7,9470	8,8483	0,6250	0,7671
10	8,8483	9,7495	0,7500	0,8065
11	9,7495	10,6507	0,7500	0,8394
12	10,6507	11,5520	0,7500	0,8669
13	11,5520	12,4532	0,7500	0,8898
14	12,4532	13,3545	0,7500	0,9089
15	13,3545	14,2557	0,8750	0,9247
16	14,2557	15,1569	1,0000	0,9379

**37. táblázat: Az átlagos rendszer havi átlagtermelésére számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez)**



31. diagram: Havi átlagtermelésre vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással



32. diagram: Havi átlagtermelésre vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással

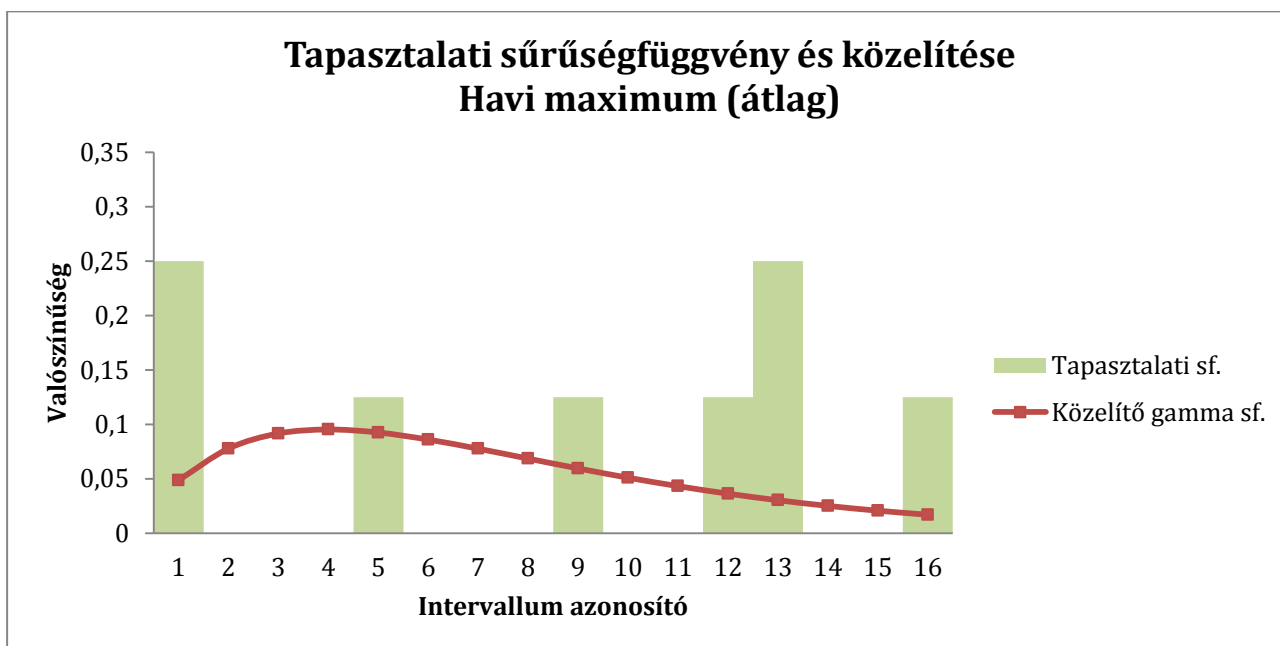
F2.6 Havi maximum és közelítése Gamma-eloszlással

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=2,0578$ $\beta=3,7661$
1	0,2233	0,2635	0,2500	0,0488
2	0,2635	0,3037	0,0000	0,0779
3	0,3037	0,3439	0,0000	0,0917
4	0,3439	0,3841	0,0000	0,0954
5	0,3841	0,4243	0,1250	0,0926
6	0,4243	0,4645	0,0000	0,0861
7	0,4645	0,5046	0,0000	0,0777
8	0,5046	0,5448	0,0000	0,0686
9	0,5448	0,5850	0,1250	0,0596
10	0,5850	0,6252	0,0000	0,0511
11	0,6252	0,6654	0,0000	0,0433
12	0,6654	0,7056	0,1250	0,0364
13	0,7056	0,7458	0,2500	0,0304
14	0,7458	0,7860	0,0000	0,0252
15	0,7860	0,8261	0,0000	0,0208
16	0,8261	0,8663	0,1250	0,0171

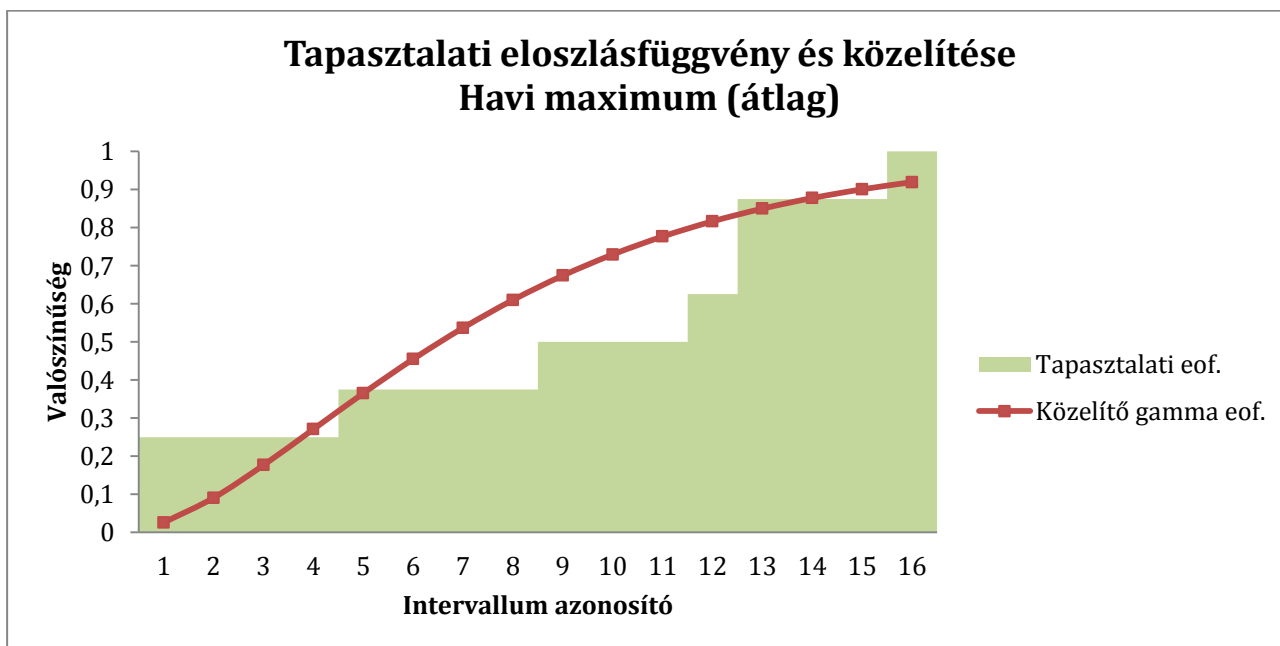
38. táblázat: Az átlagos rendszer havi maximumára számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati sűrűségfüggvényhez)

Intervallum azonosító	Intervallum alsó határa [kWh]	Intervallum felső határa [kWh]	Sűrűségfüggvény valószínűsége	Sűrűségfüggvény Gamma- eloszlással való közelítése $\alpha=2,0578$ $\beta=3,7661$
1	22,8507	45,2014	0,1250	0,1332
2	45,2014	67,5521	0,1250	0,1259
3	67,5521	89,9028	0,2500	0,1116
4	89,9028	112,2535	0,0000	0,0962
5	112,2535	134,6043	0,0000	0,0818
6	134,6043	156,9550	0,1250	0,0688
7	156,9550	179,3057	0,0000	0,0576
8	179,3057	201,6564	0,0000	0,0480
9	201,6564	224,0071	0,0000	0,0398
10	224,0071	246,3578	0,1250	0,0329
11	246,3578	268,7086	0,0000	0,0272
12	268,7086	291,0593	0,0000	0,0224
13	291,0593	313,4100	0,0000	0,0184
14	313,4100	335,7607	0,1250	0,0151
15	335,7607	358,1114	0,1250	0,0124
16	358,1114	380,4621	0,0000	0,0102

**39. táblázat: Az átlagos rendszer havi maximumára számolt statisztika
(elméleti és tapasztalati eloszlásfüggvényhez)**



33. diagram: Havi maximumra vett tapasztalati sűrűségfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással



34. diagram: Havi maximumra vett tapasztalati eloszlásfüggvény és annak matematikai közelítése Gamma-eloszlással