

NaS akkumulátorok alkalmazása a lakossági villamosenergia-szektorban

Groniewsky Axel, Kun-Balog Attila

Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Gépészmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
groniewsky@energia.bme.hu, kunbalog@energia.bme.hu

A 2020-as Nemzeti Energiestratégiában megfogalmazott, 2030-ra elérendő 6500 MW-os célértéknek megfelelően – a kormány ösztönzőinek hatására – az elmúlt években a hazai napenergia hasznosítás gyors ütemben fejlődött, amit jól mutat, hogy 2023-ban az összesített napelem beépített teljesítőképesség a MAVIR adatai alapján meghaladta az 5500 MW-ot, ami a hazai villamosenergia-rendszer beépített teljesítőképességének közel 18,5%-a. A gyors növekedés azonban rendszerstabilitási nehézségekhez vezethet, aminek lehetséges műszaki megoldásaival mindenképpen foglalkozni kell. Ez a munka egy lehetséges megoldással, a kémiai energiatárolók, azon belül pedig a NaS (nátrium – kén) akkumulátorok alkalmazásával, valamint lakossági energiaközösségek napelemes rendszereinek illeszthetőségével foglalkozik.

*

Aligned with the 6,500 MW target set in the National Energy Strategy 2020 for 2030, domestic solar energy has experienced rapid growth in recent years. In 2023, the total installed capacity of solar PV exceeded 5,500 MW, accounting for nearly 18.5% of the domestic electricity system's capacity, as reported by MAVIR. Nevertheless, the rapid growth poses challenges to system stability, necessitating exploring potential technical solutions. This study explores the utilization of chemical energy storage as a potential solution, including NaS (sodium – sulfur) batteries, and assesses the viability of solar systems for residential energy communities.

2022. november 18-án módosításra került a 10/2016. (XI. 14.) MEKH rendelet, amelynek értelmében az üzembe helyezést követő 10. év végéig, de legalább a 2024-ben érkező éves elszámolásig szaldós rendszerben (olyan rendszerhasználati díj elszámolási módszer, amely az adott elszámolási időszakban az irányonként elkülönített és összegzett villamosenergia-mennyiségek alapján történik) maradhatnak, akik már telepítettek háztartási méretű kiserőművet [1], [2]. Ez azt jelenti, hogy a 2024 előtt telepített napelemes rendszereknél továbbra is a hálózat látja el az energiatároló szerepét, hiszen túlermelés esetén oda táplálhat fel a prosumer (olyan fogyasztó, amely termelőként is részt vesz a piaci folyamatokban), ugyanakkor túlfogyasztás esetén is onnan vételezhet.

Ez a döntés azonban, ha rövid távon nem is, de hosszabb távon az akkumulátorok térnyeréséhez vezethet a lakossági fogyasztók, és az energiaközösségek körében, ami akkor gyorsulhat fel igazán, amikor a jelenlegi prosumerek a szaldós rendszerből nagy számban kerülnek ki – ami várhatóan fokozatosan fog végbe menni a következő évtizedben – valamint a technológia érésével csökken az akkumulátorok fajlagos bekerülési költsége. Az új elszámolási rendszer részletei még nem ismertek, a MEKH rendelet friss módosítása ezzel kapcsolatban mindössze annyit közöl, hogy a forgalomarányos rendszerhasználati díjakat az adott elszámolási időszakban

az irányonként elkülönített és összegzett villamosenergia-mennyiségek alapján, irányonként kell elszámolni és megfizetni. Ha azonban változik a rendszerhasználati díj, könnyen előállhat olyan helyzet, amelyben a jogalkotó az országos hálózat stabilitásának növelése érdekében olyan gazdasági környezetet teremt, melyben a prosumert energiatároló használatában teszi érdekelté.

A különböző energiatároló technológiák közül az akkumulátoros energiatároló rendszerek hordozzák a legnagyobb potenciált [3]. Egy a BloombergNEF által végzett felmérés szerint az akkumulátorok ára 2010 és 2019 között 87%-kal esett. Ha csak a lítiumion-akkumulátorok (Li-ion) fajlagos árát nézzük, mint az egyik legelterjedtebb energiatárolót, az látható, hogy áruk a 2010 körüli 1100 \$/kWh-ról 2019-re 156 \$/kWh-ra csökkent. Emellett az akkumulátorok piaca a cellapakkok árának gyors csökkenése, és az új energiatároló rendszerek telepítése során jelentkező kedvezőbb ár-érték arány miatt is virágzik. A lítium-ion akkumulátorok éves piaci értéke 28 milliárd dollárról előre láthatóan 116 milliárd dollárra nő 2020 és 2030 között [4], [5].

A washingtoni székhelyű Világbank 1 milliárd dollárt különített el akkumulátoros energiatároló rendszerek beruházásainak felgyorsítására. Ez lehetővé teszi a fejlődő és közepes jövedelmű országok számára, hogy leküzdjék a következő generációs energiatechnológia felé vezető akadályokat, bővítsék az energiához való hozzáférést, és megteremtsék a tisztább és stabilabb energiarendszerek alapjait [6]. Mivel már középtávon várható az akkumulátorok fajlagos bekerülési költségének csökkenése, a lakossági energiatárolók terjedésével – különös tekintettel a már meglévő napelemes rendszerekre – mindenképpen érdemes foglalkozni.

A kutatómunka első lépésben irodalmi adatok alapján kiválasztottuk az akkumulátoros energiatároló rendszer típusát, tekintettel annak specifikációira, és korlátaira. Ezt követően a fogyasztói szokások reprezentálására egy Magyarországra vonatkozóan reprezentatívnek tekinthető, nagy felbontású, részletes villamos energia fogyasztási adatbázis segítségével különböző energiaközösségeket hoztunk létre, majd olyan scénáriókat dolgoztunk ki, melyekben peremfeltételként jelenik meg, hogy a napelemmel megtermelt energiát a fogyasztók vagy felhasználják, vagy pedig eltárolják későbbi felhasználás céljából, de az országos hálózatra nem termelnek, onnan csak vételeznek túlfogyasztás esetén. A napelem rendszer által megtermelhető energia becsléséhez a szabadon hozzáférhető PVGIS szoftvert választottuk. Az alkalmazott tárolási stratégia azt eredményezte, hogy a napelemek villamos energia termelésének és a fogyasztásnak a menetrendje, valamint a tároló mérete egyértelműen meghatározta az adott méretű energiaközösség ellátására beépítendő napelempark méretét.

Akkumulátoros energiatároló rendszerek

Az akkumulátoros energiatároló rendszereknek – battery energy-storage systems (BESS) – egyre jelentősebb szerepe van az időjárás függő villamosenergia termelő kapacitások növekedésével. Min-

den tárolótípusnak megvannak a saját jellemzői. A tárolható energia (kapacitás) és az elérhető teljesítmény nagysága, a töltési és kisütési sebesség, a hatásfok, az élettartam, az üzemvitel körülményei, valamint a beruházással és üzemvitellel kapcsolatban felmerülő kérdések mind befolyásolják az egyes típusok alkalmazási területeit.

A különböző energiatároló rendszerek technológiáinak alkalmazhatóságát elsősorban a felhasznált anyagok, valamint a teljesítményelektronika korlátozzák. Hanna és társai [5] irodalmi összefoglalójukban átfogó képet adnak az egyes akkumulátortípusokról, összehasonlítva 15 kémiai tároló élettartamát, hatásfokát, teljesítmény- és energiasűrűségét, felsorolva az adott típusok előnyeit, korlátait, továbbá a lehetséges alkalmazási területeiket. A vizsgált típusok közül terheléskiegyenlítésre három megoldást, az áramlósos, a nátrium-nikkel-klorid (NaNiCl_2), valamint a nátrium-kén (NaS) akkumulátorokat javasolják.

Az áramlósos akkumulátorok biztonságosak, nem gyúlékonyak, hosszú élettartamot mutatnak a kisütés mélységétől függetlenül. A technológiát elsősorban elektromos járművekben, valamint nap- és szélenergiákhoz használják terheléskiegyenlítésre. Az áramlósos akkumulátoroknak különböző típusai léteznek, többek között Fe-Cr, Fe/V (vanádium-redox), cink-bromid (Zn-Br) és cink-klorid (ZnCl_2). Ezek közül a vanádium-redox a legelterjedtebb tárolási lehetőség. Ez az akkumulátor (VRFB) nagyobb energiakapacitással rendelkezik, mint más technológiák. Hosszabb időre is lemeríthető az akkumulátor károsodása nélkül. Fő hátránya azonban a kedvezőtlen energia/tér arány, valamint az alacsony töltési-kisütési hatásfok (65–85%). Ennek a típusnak az élettartama 5-10 év, 10,000–13,000 egyenértékű töltés-kisütési ciklus. A kisütési idejük kis gép-egységeknél a másodperces, nagyobb méretű gépeknél pedig a tíz óras tartományban van [7], [8].

A nátrium-nikkel-klorid (Zebra) akkumulátorok magas hőmérsékletű energiatárolók, jellemzően 245 és 350 °C között működnek. Az akkumulátor anódja olvadt állapotú nátriumból (Na), katódja pedig nikkelből (Ni) és nátrium-kloridból (NaCl) áll, és nikkel-kloridot (NiCl_2) képez. Eredetileg elektromos járművekhez fejlesztették, azonban egyre gyakrabban alkalmazzák megújuló energiatároló rendszerekben. Magas hatásfok (85-95%) és energiasűrűség jellemzi (90-120 Wh/L). Élettartama 80%-os kisütés mellett 1500–3000 [5].

A NaS az egyik legattraktívabb akkumulátortechnológia, mivel könnyen beszerezhető, olcsó anyagokból készül, amelyekből a folyékony kén a katód, a folyékony nátrium pedig az anód [9]. A NaS-akkumulátorok előnyei a nagy energiatároló kapacitás, a viszonylag magas élettartam (2500-4500), a magas hatásfok (75-90%) és a kis súly. A NaS-akkumulátorok fő hátránya azonban – a zebraakkumulátorokhoz hasonlóan – a magas üzemi hőmérséklet (300-350 °C), valamint a nátrium-poliszulfidok korrozív jellegével kapcsolatos biztonsági kérdések. A NaS akkumulátorok élettartama körülbelül 10-20 év. A kisütési idő a másodperces tartománytól az óráig terjed [8].

Mostafa és társai [8] egy műszaki-gazdasági elemzés keretében a szivattyús víztározók, a sűrített levegős energiatárolók, a lendkerekes, a szupravezetős mágneses és szuperkondenzátoros mellett hét kémiai tároló hasonlítottak össze a tárolás élettartamköltsége (LCCOS) és a kiegyenlített energia-költsége (LCOE) alapján rövid, közép, és hosszútávon. Az eredmények azt mutatták, hogy a szivattyús tározót követően a NaS technológia adja a legalacsonyabb LCCOS és LCOE értéke-

ket mindhárom időintervallumban, megelőzve egyebek mellett a vanádium-redox akkumulátorokat is.

Támaszkodva Mostafa és társai eredményeire, a vizsgálatainkat egy konkrét NaS akkumulátor típusra végeztük el, nem figyelmen kívül hagyva, hogy 2024 februárban a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont (HUN-REN EK) telephelyére a Tesseract Energiatároló projekt részeként is egy NaS akkumulátor került telepítésre [11].

A nátrium-kén akkumulátor specifikációi

Jelenleg egyedül a japán székhelyű NGK vállalat használ NaS akkumulátorokat hálózati méretű energiatároló rendszerekben. A gyártó akkumulátorai több mint 190 helyen vannak használatban Japánban, Észak-Amerikában, a Közel-Keleten és Európában, és összesen 530 MW teljesítmény mellett 3700 MWh energiát biztosítanak. [10]

Az NGK nátrium-kén (NaS) akkumulátora egy konténer típusú energiatároló, amely alkalmas napon belüli energiakiegyenlítésre, megújuló energiaforrásokra való áttérésre, valamint segédenergia szolgáltatásra.

Az ISO szabvány szerinti 20 lábas egységben ($6.058 \times 2.438 \times 2.591$ m) összesen 6 db sorba kapcsolt modul, valamint a vezérléshez és felügyelethez szükséges DC segédberendezések helyezkednek el. A modulok üzemi hőmérséklete 305-340 °C között változik, maximális áramerőssége 1500 ADC, feszültsége 36,46 VDC. Egy modul tömege 2300 kg, míg a konténer össztömege 21 tonna. Energiatároló rendszerként 1-4 konténer kapcsolható össze, melyek műszaki specifikációit az 1. táblázat tartalmazza.

NaS rendszerek szélsőséges körülmények között is telepíthetők, -20 és 45 °C közötti környezeti hőmérsékletet és 15-85% közötti páratartalmat is elviselnek.

A NaS konténer élettartamra vonatkoztatott teljesítményváltozást mutatja az 1. ábra. A teljesítményváltozást befolyásoló tényezők:

- az előregedésből fakadó, belső ellenállás növekedése;
- valamint a cella meghibásodása.

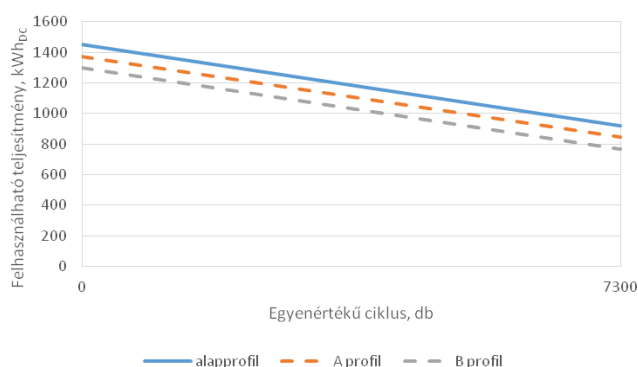
Egy modul 192 cellát tartalmaz, amelyek 2 db 12-es blokkban vannak elhelyezve, párhuzamos, egyenként 8 cellából álló sorban. Ha egy cella meghibásodik, azzal az adott sor inaktívvá válik, és a kinyerhető teljesítmény csökken.

A három profil közül az alaprofil degradációs görbéje kizárólag az előregedés hatását, a profil A az előregedést és egy cellasor meghibásodását, míg a profil B az előregedést és két cellasor meghibásodását veszi figyelembe.

1. táblázat. NGK gyártású NaS akkumulátor konténerek műszaki specifikációi [12]

Tároló egység mérete, MWh	1,45	2,9	4,35	5,8
Sorba kapcsolt konténerek száma, db	1	2	3	4
Kisütési teljesítmény (max), kW DC	250	500	750	1000
Töltési teljesítmény (max), kW DC	250	500	750	1000
Kinyerhető energia (ék), kWh, DC	1450	2900	4350	5800
Kinyerhető energia (év), kWh, DC	921	1842	2763	3684
Maximális DC feszültség, V	135-228	270-456	405-684	540-912
DC áramerősség, A	1200 töltés – 1500 kisütés			
Élettartam	20 év, vagy 7300 egyenértékű töltés-kisütés			

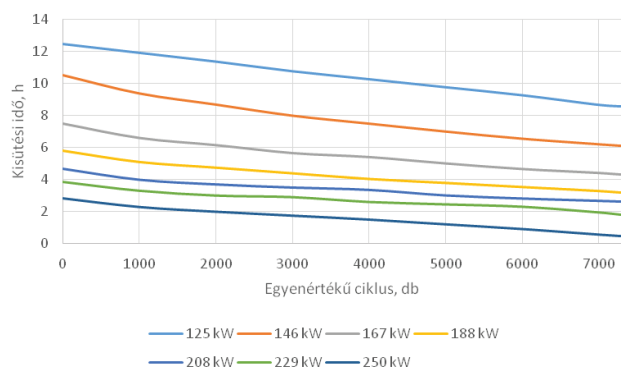
év/év – élettartam kezdetén/végén



1. ábra. NaS akkumulátor konténer felhasználható teljesítménye az egyenértékű ciklus lmények között [12]

Az akkumulátor konténer egy cellasor meghibásodása mellett is üzembiztos marad, de alacsonyabb teljesítményszinten.

A folyamatos kisütési időt inkább az akkumulátor maximálisan megengedett üzemi hőmérséklete korlátozza, semmint az akkumulátor kapacitása, elsősorban a katódon lejátszódó exotherm reakciók miatt. Töltés során ilyen korlát nincs, mivel olyankor endotherm reakció játszódik le. Mivel az üzemi hőmérsékletet biztosítani kell, a hőn tartás kiegyenlített üzemvitel és optimális szigetelés mellett általában biztosítható. A 2. ábra a maximális folyamatos kisütési időtartalmakat mutatja az akkumulátor élettartama során az egyenértékű ciklusok függvényében különböző teljesítményszinteken.



2. ábra. NaS akkumulátor konténer rendelkezésre álló, folyamatos kisütési időtartalma az egyenértékű ciklus függvényében [12]

Klaszterekből felépített energiaközösségek

A fogyasztói szokások reprezentálására Czétány és társainak [13] kutatási eredményeit használtuk fel. Ebben a munkában a kutatók egy Magyarországra vonatkozóan reprezentatívnak tekinthető, nagy felbontású, részletes villamos energia fogyasztási adatbázist vizsgáltak, amelynek alapját egy 2018 január és december között végzett mérés képezte. Az intelligens mérőműszerekből gyűjtött nagy mennyiségű nyers adatból az előzetes adatszűrés alapján 649 lakóegységre (ezek 60,2%-a családi ház) szűkítették az adathalmazt, amelyek alapján napi és éves villamos energia fogyasztási profilokat határoztak meg három különböző klaszterezési módszer – a k-közép (k-means), a fuzzy k-közép, és az agglomeratív hierarchikus technika –, valamint három különböző klaszter érvényességi mutató (könyök módszer, sziluett módszer, Dunn-index) alkalmazásával.

Az elemzéseket a különböző fogyasztói csoportok azonosítására végezték, valamint annak tisztázására, hogy milyen hatással vannak az egyes paraméterek, például a lakásokban lévő fogyaszt-

tásmérők típusai (pl.: csúcsidős /peak/ és csúcsidőn kívüli /off-peak/ mérő), a hét napjai (pl.: hétköznap, hétvége), a szezonális elhelyezkedés és településtípus, vagy a lakás típusa (pl.: családi ház, társasház, az épület kora) a fogyasztásra.

Mind a napon belüli fogyasztásnál, mind pedig az éves fogyasztási szokásoknál három különböző profilt különböztettek meg. Amíg a napi profilok a különböző fogyasztási ütemezéssel és viselkedési szokásokkal indokoltak, addig az éves profiloknál a hűtés és fűtés módja jelenthette a különbséget.

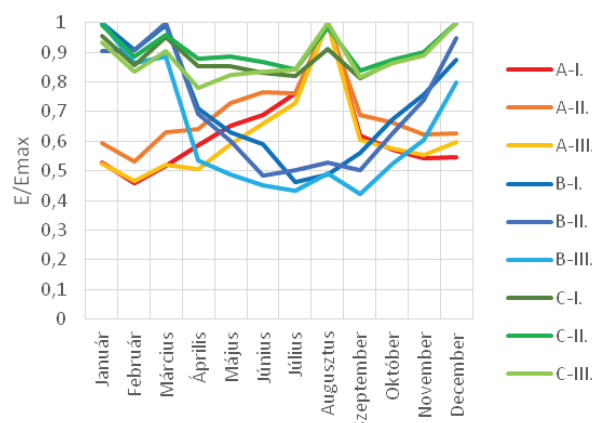
A kilenc féle éves fogyasztási profilt többségében Békés, Bács-Kiskun, Csongrád-Csanád és Pest megyékben, valamint Budapesten végzett mérések alapján alkották meg. Ezek a következők:

- A-I., A-II., A-III.;
- B-I., B-II., B-III.;
- C-I., C-II., C-III.

A 9 energiafogyasztási profil 3-3 főbb fogyasztói magatartás alapján került összeállításra. A csoportok neveiben található betűk, illetve számok jelentése az alábbi.

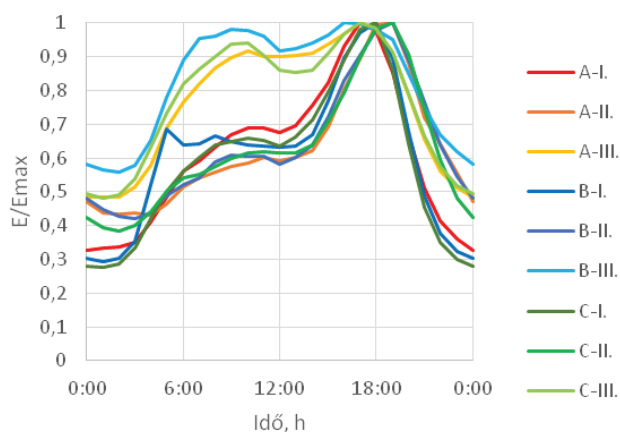
- **A:** nyári csúccsal rendelkező havi profil, valószínűleg hűtött épületek.
- **B:** téli magasabb fogyasztással rendelkező havi profil, valószínűleg villamosenergia alapon fűtött épületek.
- **C:** kiegyenlített éves fogyasztás, nincsen elkülöníthető fűtési/hűtési igény.
- **I:** alacsony éjszakai fogyasztással és esti csúccsal rendelkező napi profil.
- **II:** közepes éjszakai és alacsony nappali fogyasztással és esti csúccsal rendelkező napi profil.
- **III:** magas éjszakai és nappali fogyasztással, reggeli és esti csúccsal rendelkező napi profil.

A különböző csoportok szezonális fogyasztási trendjeit a 3. ábra mutatja. Az összehasonlíthatóság érdekében az egyes csoportokhoz tartozó havi fogyasztási adatokat (E) a legnagyobb saját havi fogyasztási érték (E_{max}) hányadában láthatjuk. Az A, B és C csoportok trendjei így szépen elkülönülnek.



3. ábra. A fogyasztói csoportok villamosenergia-igényének szezonális változása 2018-ban

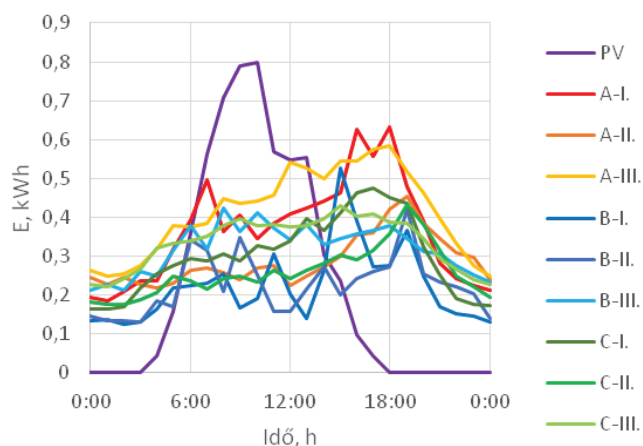
A napon belüli villamosenergia igények változását a 4. ábrán láthatjuk. Itt az év összes napjának adott órában mért fogyasztási adatainak átlagértékei kerültek ábrázolásra a napon belüli legnagyobb érték hányadában. Az I., II. és III. csoportok fogyasztási jellegzetességei felismerhetők.



4. ábra. A fogyasztói csoportok átlagos napon belüli villamosenergia-igényének változása

Eredmények értékelése

A napelem rendszer által megtermelhető energiát a PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) online szoftver segítségével határoztuk meg [14]. Helyszínként Budapestet választottuk, az éves termelési adatokat órás felbontásban kaptuk meg egy 1 kWp teljesítményű napelemrendszerhez. A fogyasztási adatok 2018-ból származnak, így a termelési adatokat is ehhez illesztettük. A következő, 5. ábra egy átlagos napon (2018.07.01) mutatja a rendelkezésre álló, órás bontású termelési (PV) és fogyasztási adatokat.

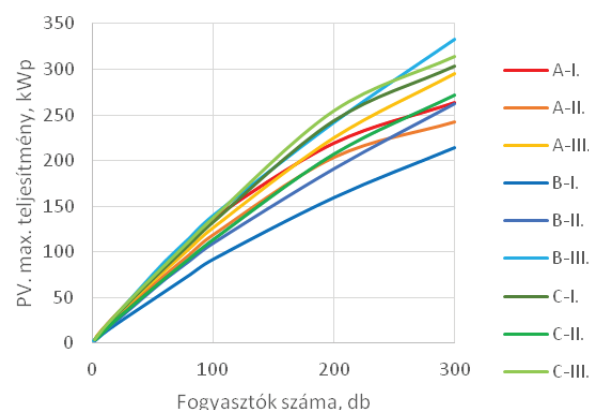


5. ábra. Termelési és fogyasztási adatok

Elemzésünkben a NaS akkumulátorok lakossági felhasználásra történő alkalmazását vizsgáltuk. Ehhez egy konkrét típust, a HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpontban is telepített 1,45 MWh névleges tárolókapacitású, NGK Insulators által gyártott akkumulátort választottuk. A számításokat a következők szerint végeztük el. Minden fogyasztótípus esetén képeztünk különböző méretű (1-300 felhasználó) energiaközösségeket, amelynek igényeihez illesztettük a napelempark méretét (kWp), úgy hogy a rendszerben szükséges tároló méret éppen 1,2 MWh legyen (ez a választott akkumulátor élettartama alatti átlagérték). Ha a napelemek által termelt energia és az elfogyasztott energia pillanatnyi értékének különbsége pozitív volt, akkor a fennmaradó energia a tárolóba került. Ha a különbség negatív volt, akkor amíg volt elegendő energia a tárolóban onnan, ha nem volt akkor a hálózatról került vételezésre. Mindezt úgy,

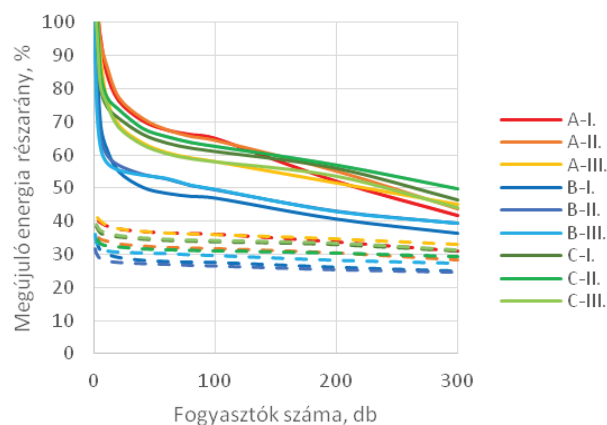
hogy közben a szolár eredetű energiafogyasztásnál figyelembe vettük a napelempark és az inverter veszteségeit (10%). Az év végén a tárolóban maradt energiát visszaírtuk az év első napjára, így közelítettük a rendszer működésének egy teljes évi töltöttségi adatait.

A különböző számú fogyasztót magába foglaló energiaközösségekhez meghatároztuk az illeszthető napelemparkok maximális méreteit. Egy adott napelempark méreténél a termelés és a fogyasztás menetrendjéből számítható volt a tárolóban lévő energiamennyiség. A napelempark mérete addig volt növelhető, amíg a tárolóban lévő energiamennyiség a vizsgált év valamely pillanatában el nem érte a kiválasztott akkumulátor típus 1200 kWh kapacitását. Az így meghatározott legnagyobb teljesítményű beépíthető napelempark és energiaközösség méretek összefüggését mutatja a következő, 6. ábra.



6. ábra. A napelempark méret és az energiaközösség fogyasztóinak száma az 1,2 MWh tárolókapacitású akkumulátor mellett

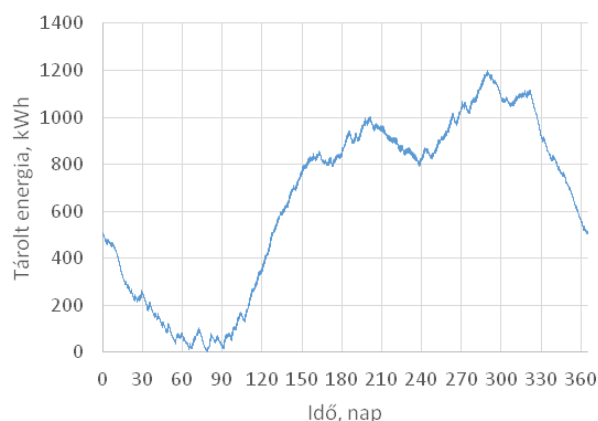
További számítások eredményeként megkaptuk, hogy a különböző típusú fogyasztókból álló energiaközösségek a villamosenergia igényük hányad részét fedezték a napelempark működéséből, azaz a rendszerrel mekkora megújuló energia részarányt lehetett elérni. Összehasonlításuképpen megvizsgáltuk azt is, hogy az energiaközösségek ugyanazzal a napelemparkkal, de tároló nélkül milyen megújuló energia hányadot érhetnek el. Természetesen ekkor a napelemek által termelt villamos energia egy részét nem tudták a fogyasztók felhasználni. A 7. ábrán a kétféle számítás eredményei szerepelnek.



7. ábra. Napelempark segítségével elérhető megújuló energia részarány értékek az 1,2 MWh tárolókapacitású akkumulátorral és anélkül (szaggatott vonalak)

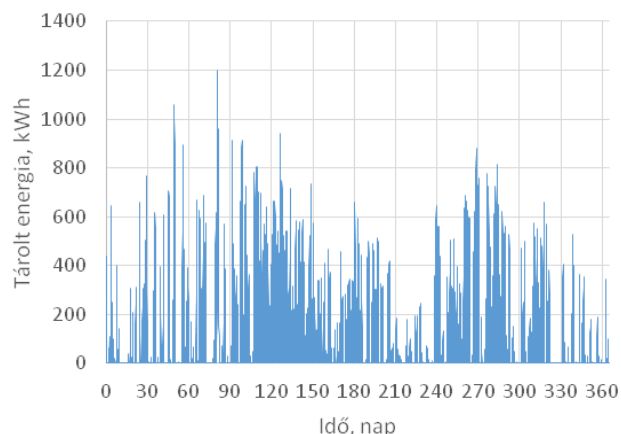
Látható, hogy 100% megújuló energia részarányt csak az igen kis fogyasztói létszámú (fogyasztótípustól függően 1-4) energiaközösségeknél lehet elérni az 1,2 MWh tárolókapacitás mellett. A fogyasztók számának növekedésével a megújuló energia részarány erősen csökken, de 50 körül a csökkenés üteme lelassul. A B csoportba tartozó energiaközösségek jelentősen alacsonyabb megújuló energia részarány értékeket érhetnek el azonos fogyasztószám mellett, ami természetesen a téli időszak magas energiaigénye és a napelemek gyengébb termelésének következménye.

A villamos energia tárolásával megvalósítható legmagasabb megújuló energia részarány értékek figyelemre méltóak, de elérésükhöz szezonális tárolásra van szükség. A 100%-os kiváltásnál a tároló az évben egyetlen egyszer van teljesen feltöltve és szintén egyszer van teljesen kisütött állapotban, ahogy azt a 8. ábra mutatja.



8. ábra. Az akkumulátorrendszerben tárolt energia éves lefutása 100% megújuló energia részarány esetén az A-I. fogyasztótípusnál

A fogyasztók számának növekedésével a tároló működése a szezonálitól elindul a napi tárolás felé. A vizsgált legnagyobb 300 fogyasztós energiaközösségek esetén már csak napon belüli tárolás történik, és az év valamelyik napján egyszer teljesen feltöltődik az akkumulátor (9. ábra). Mivel kiugró csúcsról van szó természetesen felmerül az optimalizálás lehetősége, a tárolót jobban kihasználva is lehet illeszteni a napelempark méretét, ha az ilyen csúcsokat levágjuk.



9. ábra. Az akkumulátorrendszerben tárolt energia éves lefutása az A-I. fogyasztótípusnál 300 fogyasztós energiaközösség esetén

Konklúzió

Összegzésként elmondható, hogy az akkumulátoros tároló alkalmazásával a napelemparkkal elérhető megújuló energia részarányt 1,5-2-szeresére lehet növelni. A választott NaS akkumulátor magas beruházási költsége miatt egyértelmű, hogy csak nagyobb energiaközösségek részére lehet gazdaságos ez a megoldás. Az elérhető megújuló energia részarány a fogyasztók számának növekedésével kezdetben erősen csökken, de még az 50 fogyasztóból álló energiaközösségek is igen komoly 50-60%-os megújuló energia részarányt érhetnek el. Az ennél nagyobb csoportok esetén a csökkenés csak kisebb mértékű, 300 fogyasztónál még mindig elérhető 40-50%. Ilyen nagy számú fogyasztó által alkotott energiaközösségek nagyméretű társasházak esetében alakíthatók ki, a lakók fogyasztási szokásainak figyelembevétele mellett.

Köszönetnyilvánítás

A munka a 2021-2.1.1.-EK-2021-00002 számú projekt keretén belül a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2021-2.1.1.-EK pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Felhasznált források

- [1] e-villamos: A HMKE üzembe helyezését követő 10. év végéig lehet szaldóban maradni, 2022. 11. 24., weboldal: e-villamos.hu (2024.03.10.)
- [2] Digitális jogtár weboldal: <https://net.jogtar.hu/> (2024.03.10.)
- [3] Tawaki: What are the most important technologies for energy storage, 2018.09.6, weboldal: <http://www.tawaki-battery.com> (2024.03.10.)
- [4] BloombergNEF: Flexibility solutions for high-renewable energy systems report, 2018. november
- [5] M.A. Hannan, S.B. Wali, P.J. Ker, M.S. Abd Rahman, M. Mansor, V. K. Ramachandaramurthy, K.M. Muttaqi, T.M.I. Mahlia, Z.Y. Dong: Battery energy-storage system: A review of technologies, optimization objectives, constraints, approaches, and outstanding issues, J. of Energy Storage 42 (2021) 103023
- [6] D. Chattopadhyay, N. Frydas, T. Kramskaya, E. Tavoulareas: Battery storage in developing countries: key issues to consider, Electr. J. 32 (2) (2019) 1–6, <https://doi.org/10.1016/j.tej.2019.01.012>. Mar.
- [7] X. Li, H. Zhang, Z. Mai, H. Zhang, I. Vankelecom: Ion exchange membranes for vanadium redox flow battery (VRB) applications, Energy Environ. Sci. 4 (4) (2011) 1147–1160, <https://doi.org/10.1039/C0EE00770F>
- [8] M.H. Mostafa, S.H.E. Abdel Aleem, S.G. Ali, Z.M. Ali, A.Y. Abdelaziz: Techno-economic assessment of energy storage systems using annualized life cycle cost of storage (LCCOS) and levelized cost of energy (LCOE) metrics, J. Energy Storage 29 (February) (2020), 101345, <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101345>.
- [9] S.R. Sinsel, R.L. Riemke, V.H. Hoffmann: Challenges and solution technologies for the integration of variable renewable energy sources—A review Renew. Energy, 145 (2020), pp. 2271–2285
- [10] Andy Colthorpe: NGK's NAS sodium sulfur grid-scale batteries in depth, 2017 weboldal: <https://www.energy-storage.news> (2024.04.24.)
- [11] HUN-REN Magyar Kutatási Hálózat: Megérkezett a HUN-REN EK-ba Magyarország első Na-S akkumulátora weboldal: <https://hun-ren.hu> (2024.04.24.)
- [12] SPECIFICATION of NAS® BATTERY Subunit for the Integration of NAS Battery System Prepared for Customer, System integrator by NGK INSULATORS, LTD., 2021
- [13] L. Czétány, V. Vámos, M. Horváth, Zs. Szalay, A. Mota-Babiloni, Zs. Deme-Béla, T. Csoknyai: Development of electricity consumption profiles of residential buildings based on smart meter data clustering, Energy & Buildings 252 (2021) 111376
- [14] Photovoltaic Geographical Information System: Calculator weboldal: <https://pvgis.com/> (2024.04.25.)