



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Egyedi fejlesztésű skálázható zöldenergia termelő és tároló rendszer műszaki-gazdasági vizsgálata

**Technical and economical study of a custom-developed scalable green
energy production and storage system**

Készítette: **Balogh Béla**
RTSC6T
Műszaki menedzser szak, mesterképzés
Nappali tagozat
Szent István Campus

Témavezető: Dr. Bártfai Zoltán, egyetemi docens,
tanszékvezető, MATE Szent István Campus, Műszaki Intézet,
Mezőgazdasági és élelmiszeripari gépek Tanszék

Műszaki Tudományi szekció

Képzési hely településneve
2023. Gödöllő

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
Szakirodalmi áttekintés	4
<i>Napenergia-fotovoltaikus technológia és működése</i>	<i>4</i>
<i>Szélturbina felépítése, működése és típusai</i>	<i>5</i>
<i>Energiatárolás</i>	<i>7</i>
<i>Hőenergia tárolás</i>	<i>10</i>
Rendszerkoncepció	12
Energetikai és gazdasági számítás	17
Célcsoport meghatározása, piaci igény	22
Kockázatelemzés	25
Összefoglalás	30

Bevezetés

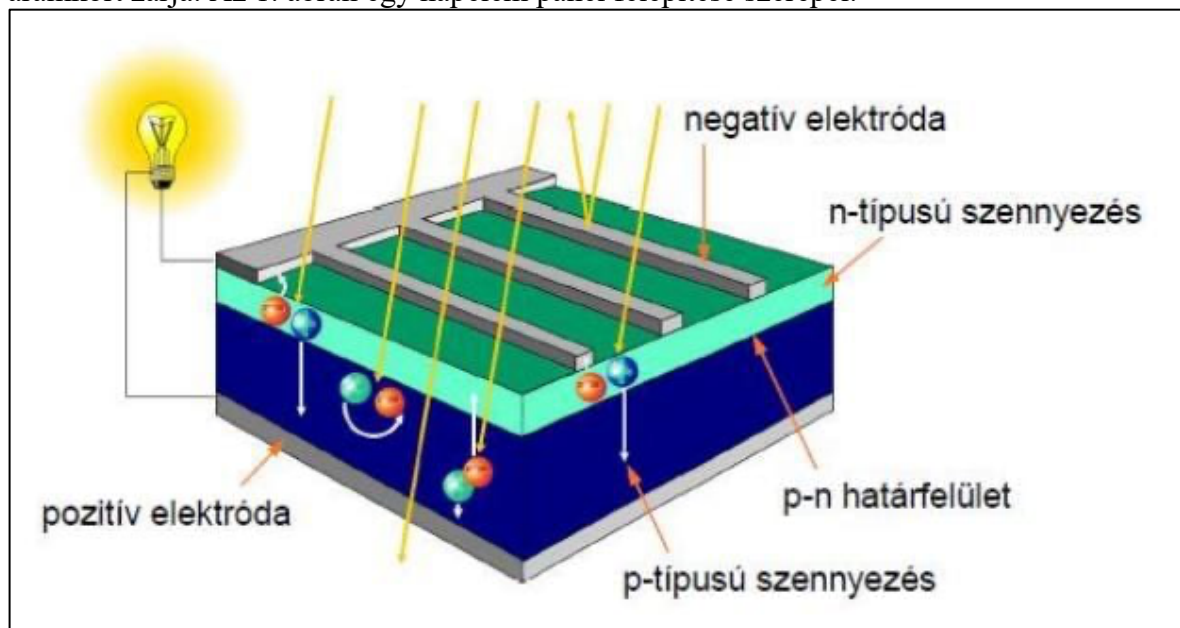
A napelemek és a szél erőművek elterjedése vitathatatlan és szükségszerű egyrészt a környezetterhelés, másrészt a lokális energiafüggőség csökkentése érdekében. Az utóbbi évtizedek gyakorlati tapasztalatai és az egyre szélesebb körben lefolytatott kutatások eredményeinek ismeretében ezen megoldások környezetre gyakorolt hatása, azok eredője azonban nem teljesen egyértelmű. Vannak olyan aspektusok, melyekből szemlélve károsak, de az vitathatatlan, hogy hatékony üzemeltetésük a nem tökéletesen kiszámítható természeti jelenségtől függ, ennek megfelelően a megtermelt energia időben változó, területenként eltérő módon periodikus és/vagy sztochasztikus. További problémát jelent, amikor ezen energiatermelő egységeket a hatékonyság okán hálózatba próbálják kötni, ami indokolt, mivel a megtermelt energiát nem minden esetben lehet kellő hatékonysággal – a lehető legkevesebb konverziós veszteséggel – eltárolni. A kombinált nap- és szélenergiát előállító rendszerek nem számítanak újdonságnak, azonban a megtermelt és a termelés időpontjában fel nem használt energia tárolása rendkívül komoly kihívás. Jelenleg szuperkondenzátor, vízbontás (zöldhidrogén), gravitációs vízenergia, víz (gőz) kísérletek folynak, de a hatékonyság (hatásfok), a biztonsági kérdések, és esetenként a fizikai méretek okán egyelőre nehezen helyettesíthető az akkumulátoros energiatárolási megoldás. Látni kell azonban, hogy a jelenlegi, elektromos áram tárolására használt akkumulátorok élettartama véges, azok tömeges elterjedését követően a már nem kellően hatékony egységek környezetkímélő újrahasznosítására jelenleg nincs megfelelő technológia. Egy jó minőségű lítium-ion akkumulátor általában körülbelül 300 és 500 töltési ciklus közötti élettartammal rendelkezik. Egy jó minőségű lítium-vas-foszfát akkumulátor jellemzően 1000-2000 töltési ciklus élettartammal rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy az akkumulátor kapacitása ezután már jelentősen csökkenni kezd. A ciklusok száma és az élettartam között az összefüggés az akkumulátor használati mintázatától függ. Ezen akkumulátorok időbeli élettartama általánosságban lítium-ion akkumulátor esetében 2-5 év, míg a lítium-vas-foszfát akkumulátorok megfelelő töltés és felügyelet mellett 5 éven túl is üzemben tarthatóak jelentősebb kapacitásvesztés nélkül. Fontos megjegyezni, hogy az akkumulátorok élettartamát befolyásolhatja azok minősége, a használati mintázat (40%-80% töltés vehető ki), a töltési és kisütési sebesség, a hőmérséklet (jellemző működési és tárolási hőmérséklet $+5^{\circ}\text{C}$ és $+45^{\circ}\text{C}$ optimális) és a tárolási körülmények. A tervezett rendszer várható élettartama megfelelő üzemeltetés és karbantartás mellett 15-20 év. Az általam megtervezett rendszerkoncepció és a korábbi kísérletek alapján kutatási munkám célja olyan skálázható, független, zöldenergia termelő és tároló rendszer koncepciójának kidolgozása, mely a nap- és szélenergiából elektromos áramot állít elő, annak egy részével az éppen aktuális fogyasztást fedezi, a termelés időpontjában fel nem használt energiát eltárolja. A rendszer magában foglalja az energiatermelő egységeket (napelemek és szélgenerátorok), az energiakonverziós elemeket (kompresszor, fűtő és –hűtőmodul), az energiatároló modulokat

(nagynyomású levegőtároló tartály, hőenergia-tároló tartályok), továbbá az elektromos energia visszaalakításához kapcsolódó sűrített levegős generátort. Szintén a rendszer részét képezi a monitorozó szenzorrendszer és az azon alapuló monitoring-, adatgyűjtő-, elemző-, és vezérlő egységek. A rendszer élettartama alatt lokálisan nem szennyezi a környezetet, a fosszilis üzemanyagokkal működő aggregátorokkal szemben ez komoly előny, míg élettartama végén lényegesen kevesebb veszélyes hulladék keletkezik, mint a pusztán akkumulátorokból álló energiátároló rendszerek esetében. A kutatásomban kitérek egy ilyen energiatermelő és tároló rendszer gazdasági vonatkozásaira is, úgy mint megtermelhető, tárolható villamos energia piaci árral való kalkulációjára a tervezett rendszer élettartama alatt, valamint piaci igény felmérése, célcsoport meghatározása a piac mérete alapján.

Szakirodalmi áttekintés

Napenergia-fotovoltaikus technológia és működése

A napenergia-fotovoltaikus technológia olyan rendszereket és eszközöket foglal magában, amelyek a naptól érkező fénymennyiséget átalakítják elektromos árammá. Ezek a rendszerek napelemekből állnak, amelyek fotovoltaikus jelenséget használnak ki. A napelemek alapvetően több rétegből állnak, ahol a legfontosabb komponens a félvezetőből készült szilíciumlapka. A szilíciumlapka általában két rétegből áll: az n-típusú és a p-típusú rétegből. Ezek a rétegek a fénymennyiség hatására elektronok és lyukak kibocsátásával generálják az elektromos áramot. A fotovoltaikus jelenség az, amikor a napfény a napelem felületére esik, a fotonok ütköznek a szilíciumlapka atomjaival. Ez az ütközés energiaátvitelt eredményez, ami megindítja az elektronok mozgását az n- és p-réteg között. Az n-rétegben a fotonok energiaátadása miatt az elektronok energiája növekszik, és azok az n-rétegből az elektródákhoz vándorolnak, létrehozva egy elektromos áramot. A lyukak ugyanebben az időben a p-rétegben keletkeznek, és azok is az elektródák felé mozognak. Ez a mozgás az áramkört zárja. Az 1. ábrán egy napelem panel felépítése szerepel.



1. ábra Napelem panel felépítése (forrás: https://nvsolar.hu/wp-content/uploads/2022/11/napelem_mukodese.jpg)

A napelemeket egy sorozatba vagy párhuzamba kapcsolják a kívánt elektromos teljesítmény eléréséhez. A soros kapcsolásnál a pozitív pólus egyik napelemtől a negatív pólusra a következő napelemre van kapcsolva, növelve ezzel a teljes feszültséget. A párhuzamos kapcsolásnál a pozitív pólusok és a negatív pólusok külön vannak kapcsolva, ezáltal növelve a maximális áramerősséget. A két kapcsolás kombinálható is.

A napelemek által generált egyenáramot (DC) inverterek segítségével alakítják át váltóárammá (AC). Az inverterek olyan eszközök, amelyek szabályozzák és optimalizálják az elektromos áramot, hogy megfeleljen a telepítési hely villamosenergia-rendszer igényeinek. Az inverterek képesek figyelembe venni a napenergia mennyiségét és az aktuális áramszükségletet. Az inverter átalakított váltóáramot a ház vagy az üzleti épület hálózatába vezeti, így azonnal a felhasználó rendelkezésére áll. A fotovoltaikus (PV) technológia hatékonysága folyamatosan növekszik, és többféle fejlesztési irányvonal is létezik a hatékonyság további növelésére. A fejlődés néhány fő területe a következő:

- Monokristályos és polikristályos napelemek hatékonysága:

A hagyományos monokristályos és polikristályos napelemek hatékonysága az évek során jelentősen nőtt. A fejlett technológiák és a gyártási folyamatok optimalizálása segített abban, hogy a napelemek a beérkező napsugarakat egyre hatékonyabban alakítsák át elektromos árammá. Az egyik legfontosabb fejlesztés a passzíváló rétegek használata volt, amelyek segítik az elektronok hatékonyabb áramlását a napelemekben.

- Tandem-napelemek:

A tandem-napelemek olyan napelemek, amelyek két vagy több különböző félvezető anyagból készültek, és egymásra vannak helyezve. Ez az elrendezés lehetővé teszi a napsugárzás különböző spektrális tartományainak hatékonyabb kihasználását, növelve a hatékonyságot. Például a perovszkit-napelemek és a szilícium-napelemek kombinációja izgalmas lehetőségeket nyit meg a hatékonyság növelésére.

- Perovszkit-napelemek:

A perovszkit-napelemek egy viszonylag új technológia, amely gyorsan fejlődik. Ezek az anyagok olcsók és könnyen gyárthatók, és rendkívül hatékonyak a napfény átalakításában. A perovszkit-napelemek hatékonysága az elmúlt évek során jelentősen nőtt, és további fejlesztéseket várnak a jövőben.

- Többszörös összetevős napelemek:

A többszörös összetevős napelemek olyan rendszerek, amelyek különböző félvezető anyagokat használnak ki a napfény különböző spektrális tartományaiban. Például a gallium, indium, és foszforból (GaInP), gallium, indium, és szilíciumból (GaInN) vagy más anyagokból készült napelemek kombinálásával a hatékonyság tovább növelhető.

- Kétrétegű napelemek:

A kétrétegű napelemek olyan eszközök, amelyek két rétegből állnak, és mindkettőnek megvan a saját szerepe a fényenergia átalakításában. Az alsó réteg elsősorban a napsugárzás infravörös tartományát használja ki, míg a felső réteg az ultraviola és látható fény tartományát. Ez a technológia nagyban növeli a hatékonyságot.

Szélturbina felépítése, működése és típusai

Szélturbinák olyan eszközök, amelyek szélenergiát alakítanak át villamos energiává. A szélturbinák működési elve és hatékonysága függ a típusuktól és a kialakításuktól. A szélturbina fő feladata a szélenergia begyűjtése. Az elrendezés függőleges vagy vízszintes tengelyű lehet, és a rotorja (vagy lapátja) kitér a szél irányába. Amikor a szél hozzáér a rotorhoz vagy a lapátokhoz, azok a szél áramlása miatt kezdenek forogni. A rotor tengelye összekapcsolva van egy generátorral, amely villamos energiát termel. A generátor forgó mozgása villamos áramot generál a mechanikus energiából. Ez az elektromos energia rendszerint váltakozó áram (AC), amelyet transzformátorok/inverter segítségével alakítanak át, hogy megfeleljen az áramlás és a hálózati követelményeknek.

A leggyakoribb szélturbinatípusok a következők:

- Szélkerék (szélmalom):

A szélkerék hagyományos, mechanikus működésű szélturbina, amelyet hagyományosan malmokhoz használtak a szemerkélés és az őrlés céljából. A hatékonysága korlátozott, mivel mechanikus energiát hoz létre, amelyet közvetlenül nem lehet villamos energiává alakítani.

- Szélturbina:

A modern szélturbinák a szél energiáját közvetlenül villamos energiává alakítják át.

Két fő típusa van: vízszintes tengelyű, horizontális (2. ábra) és függőleges tengelyű, vertikális (3. ábra) szélturbinák.



2. ábra Vízszintes tengelyű szélturbina (forrás:

https://static.wixstatic.com/media/1c70fd_163530f9b3b048a2ae405681ee3c2738~mv2.png/v1/fill/w_1000,h_1000,al_c,q_90,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/1c70fd_163530f9b3b048a2ae405681ee3c2738~mv2.png)



3. ábra Vertikális szélturbina (forrás: <https://hu.tesup.com/cdn/shop/files/TESUP-V7-Best-Vertical-Wind-Turbine-7000W-high-wind-speed.png?v=1696852520&width=3000>)

A szélturbinák hatékonyságát számos tényező befolyásolja. Ezen tényezők:

- Szélsebesség: Minél erősebb a szél, annál nagyobb a hatékonyság. Az optimális szélsebesség körülbelül 12-25 m/s között van.
- Szélturbina mérete: Nagyobb szélturbinák általában hatékonyabbak, mivel több energiát képesek kinyerni a szélből. Hátránya, hogy általában nagyobb szélsebesség szükséges a működésükhöz, valamint szállításuk körülményes.
- Szélterhelési tényező: A szélturbina hatékonyságát befolyásolja a szélterhelési tényező, ami azt mutatja meg, hogy mennyire sikerül a szélnek átjutnia a rotoron. A magasabb szélterhelési tényező általában jobb hatékonyságot eredményez.
- Rotor kialakítása: A rotor lapátok kialakítása és száma is meghatározó a hatékonyság szempontjából. A megfelelő lapátprofilok és a megfelelő számú lapát növelhetik a hatékonyságot.

A szélergia-hasznosítás hatékonysága jelentősen javult az évek során a technológiai fejlődésnek köszönhetően. A modern szélturbinák hatékonysága általában eléri vagy akár meghaladhatja az 50% -ot, ami azt jelenti, hogy a rendszer képes hasznosítani a rendelkezésre álló szélergia felét.

Energiatárolás

A lítium-ion (Li-ion) akkumulátorok a mai napig széles körben használt energiaforrások, mivel nagy sűrűségű és megbízható energiaforrásokként szolgálnak különböző

eszközökben, például okostelefonokban, laptopokban, elektromos járművekben és további eszközökben.

A Li-ion akkumulátor működése az elektrokémiai reakciókra épül. Az akkumulátorban két elektromos vezető elválaszt egy elektrolit, amelyben lítium-ionok mozognak. Az egyik elektród a pozitív vagy katód, a másik a negatív vagy anód. A katódban lítium-ionokat raktároznak, míg az anódban lítium-ionokat fogadnak el. A katód egyféle lítium-sóval impregnált szilárd anyag például a LiCoO_2 vagy LiFePO_4 a katód tipikus anyagai. Amikor a katódhoz hozzáadják a lítium-ionokat, ez oxidáció történik, és elektronok szabadulnak fel. Az anód szintén szilárd anyag, általában szén vagy grafit. Az anódban a lítium-ionok redukciójára kerül sor, és itt a felszabaduló elektronok áramot hoznak létre. Az elektrolit olyan anyag, amely vezeti a lítium-ionokat az anód és a katód között anélkül, hogy az elektronok közvetlenül áthaladnának rajta. Általában egy folyadék vagy szilárd polimer. A lítium-ion akkumulátor több cellából áll, amelyek sorosan vagy párhuzamosan kapcsolódhatnak össze attól függően, hogy milyen feszültséget és kapacitást szeretnénk elérni. Minden cella magában foglal egy anódot, egy katódot és egy elektrolitot. Az akkumulátor töltésekor a lítium-ionok a katódból az anód felé mozognak, miközben az elektronok az áramkört hozzák létre. Az akkumulátor kisütésekor a folyamat megfordul: a lítium-ionok visszavándorolnak a katódhoz, miközben az elektronok az áramkört használják az energia szolgáltatására.

A lítium-ion akkumulátorok megfelelő tárolási körülmények között általában csak kis mértékű önkisülést mutatnak, ami azt jelenti, hogy a töltésüket hosszabb ideig megtartják. Ezen akkumulátorok hosszú élettartamúak lehetnek, ha megfelelően használják és tárolják. Általában több száz ciklust (teljes feltöltés és lemerítés) képesek elviselni, mielőtt az kapacitásuk jelentősen csökkenne. Az élettartamot számos tényező befolyásolja, például a hőmérséklet, a töltési és kisütési sebesség, és a töltési szint fenntartása. A Li-ion akkumulátorok előnyei:

- Nagy energia-sűrűség: A lítium-ion akkumulátorok sok energiát tárolnak kis méretben.
- Kis súly: A lítium könnyű elem, ezért az akkumulátorok könnyűek és hordozhatóak.
- Alacsony önkisülés: Alacsony az önkisülés, tehát hosszabb ideig megőrzi a töltést.
- Gyors töltés: Gyorsan tölthetők azokhoz képest, amikor korábbi típusú akkumulátorokat használtak.

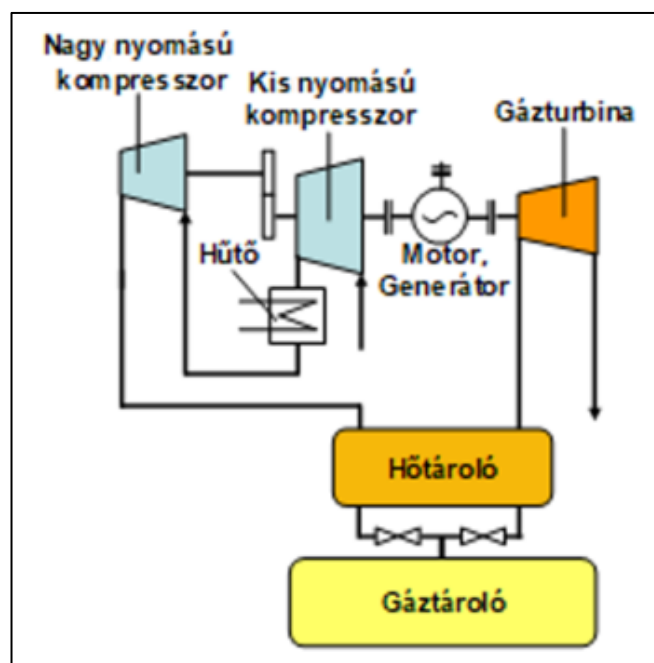
Hátrányai:

- Korlátozott élettartam: Az akkumulátorok kapacitása idővel csökken.
- Hő- és tűzveszély: Túlzott hő vagy mechanikai sérülés esetén a lítium-ion akkumulátorok tűzveszélyesek lehetnek.
- Környezeti szempontok: A lítium-ion akkumulátorok gyártása és eldobása környezeti problémákat okozhat.
- Magas ár: Az alapanyagok drágák, ami növeli az akkumulátorok költségeit.

Sűrített levegős energiatároló rendszerek

A sűrített levegős energiatároló rendszerek (CAES - Compressed Air Energy Storage) fontos technológiai megoldások, amelyek lehetővé teszik az elektromos energia tárolását és későbbi használatát. Ezen rendszerek főként megújuló energiatermelés esetén jönnek jól jöhetnek, mivel a megújuló energiatermelés gyakran időjárási viszonyoktól függ, és nem mindig folyamatosan áll rendelkezésre. A CAES rendszer alapvetően két fő komponensből áll: sűrített levegő tároló és a levegőt hasznosító mechanizmus. A sűrített levegős energiatároló rendszer elemei (4. ábra):

- Sűrített levegő tároló: Ez a rendszer eleme a sűrített levegő tároló, amely nagy mennyiségű levegőt képes tárolni magas (általában 16-32 bar) nyomáson. Ez a tároló általában földalatti üregekben, kavernákban vagy speciális tartályokban található.
- Sűrítő gép: A megújuló energiatermelés idején, amikor a felesleges elektromos energia áll rendelkezésre, a sűrítő gép működik. Ez a gép levegőt sűrít a tárolóba, emelve annak nyomását. A sűrítés során a levegő hőmérséklete is nő, amit később hőtároló rendszerben lehet tárolni.
- Levegő hőtároló rendszer: A sűrített levegő hőjét hőtároló anyagban tárolják, általában közetekben vagy speciális hőtároló anyagokban. Ez a hő később hasznosítható.



4. ábra Sűrített levegős energiatároló rendszer felépítése (forrás: https://mersz.hu/dokumentum/m707et__21/)

Amikor szükség van elektromos energiára, a sűrített levegőt kiszabadítják a tárolóból, és egy expanziós gép hasznosítja a nyomásesést, hogy elektromos energiát generáljon. Ezt a folyamatot gyakran gázturbina segítségével hajtják végre, ami az elektromos generátort hajtja. A CAES rendszerek működési elve egyszerű: energiafelhasználáskor a sűrített levegőből elektromos energiát állítanak elő, és energiatárolás céljából elektromos energiát használnak fel a sűrítéshez. A rendszer lényege, hogy a levegőtároló lehetőséget nyújt az energiát hosszú időszakokra is tárolni, és így az elektromos energia igényeket rugalmasan kielégíteni.

Előnyei:

- Nagy tárolási kapacitás: A CAES rendszerek képesek nagy mennyiségű energiát tárolni, ami lehetővé teszi a megújuló energiatermelés ingadozásainak kiegyenlítését.
- Hosszú élettartam: Az alapvető mechanikai komponensek tartósak és hosszú élettartamúak, ami hozzájárul a rendszer gazdaságosságához.
- Környezetbarát: A CAES rendszerek környezetbarátok, mivel nem termelnek üvegházhatású gázokat.

Hátrányai:

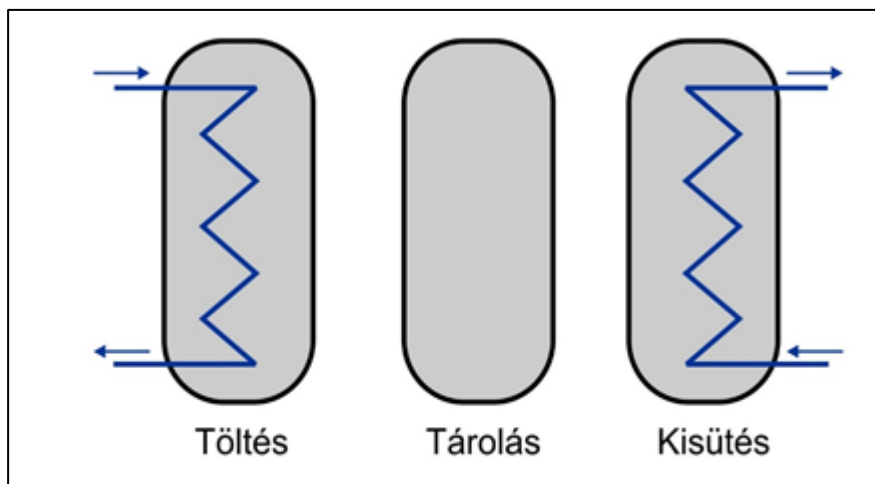
- Hatékonyság: A CAES rendszerek hatékonysága általában kisebb, mint más energiatárolási módszereké, mivel a levegő sűrítés és expanzió közben hőt veszít.
- Helyigény: A sűrített levegő tároló rendszerhez nagy földterületre vagy földalatti kavernákra van szükség.
- Költségek: A CAES rendszerek inicializálási költségei magasak lehetnek, különösen a tároló létesítése során.

Hőenergia tárolás

A hőenergia-tárolás lehetővé teszi a hő- és a hidegenergia tárolását annak későbbi felhasználás céljából. A hőenergia tárolása biztosítani tudja a hatékony hőenergia felhasználását azon esetekben is, amikor az energiatermelés és felhasználás nem ugyan abban az időben, helyen, hőmérsékleten, illetve teljesítményen történik.

Az alapelv minden hőenergia tároló rendszer alkalmazásban megegyezik. Az energiát egy tároló rendszerbe juttatjuk, hogy azt később kivesszük és felhasználjuk. A teljes folyamat három lépést foglal magában (5.ábra): töltés, tárolás és kisütés.

A gyakorlatban alkalmazott rendszerekben az egyes lépések egyszerre is előfordulhatnak, és minden egyes lépés többször is megismétlődhet a tárolási ciklus során.



5. ábra TES rendszer részei: töltés, tárolás, kisütés

A hőtároló rendszerek típusának és kiválasztása során számos tényezőt kell figyelembe venni, amelyek közül az egyik kulcsfontosságú kérdés a rendszer hőtéljesítménye. A megfelelő rendszer kiválasztása azonban számos más tényezőtől is függ, mint például a gazdaságossági megfontolások, a műszaki és a környezeti feltételek.

A hőtárolási rendszereket két nagy csoportba sorolhatók: aktív vagy passzív rendszerek. Az aktív tárolórendszert elsősorban a tároló anyagon belüli kényszer konvekciós hőátadás jellemzi. Az aktív rendszerek egy vagy két tartályt használnak a közeg tárolására. Az aktív rendszerek tovább oszthatók közvetlen és közvetett rendszerekre. Közvetlen rendszerben a hőátadó közeg tárolóközegként is szolgál, ezzel szemben a közvetett rendszerben egy második közeget használnak a hő tárolására. A passzív tárolórendszerek általában két közeget tárolórendszerek: a hőátadó közeg csak egy szilárd anyag feltöltésére és kisütésére halad át a tárolón.

A TES-rendszer (Hőenergia Tároló Rendszer, avagy angol nevén Thermal Energy Storage) költségei főleg a hőtároló anyagtól, a rendszer feltöltéséhez és kisütéséhez szükséges hőcserélőtől függenek.

Műszaki szempontból a legfontosabb követelmények a következők:

- Magas energiasűrűség a hőtároló anyagban (hőtároló kapacitás),
- Jó hőátadás a hőátadó közeg és a tárolóközeg között (hatékonyság)

- A tárolóanyagok mechanikai és kémiai stabilitása (több töltési-kisütési ciklust kell teljesíteni)
- Kompatibilitás a hőátadó közeg, a hőcserélő és/vagy a hordozó közeg között (biztonság)
- A töltési-kisütési ciklusok teljes átalakulásának biztosítása (élettartam)
- Alacsony hőveszteség
- Könnyű vezérlés

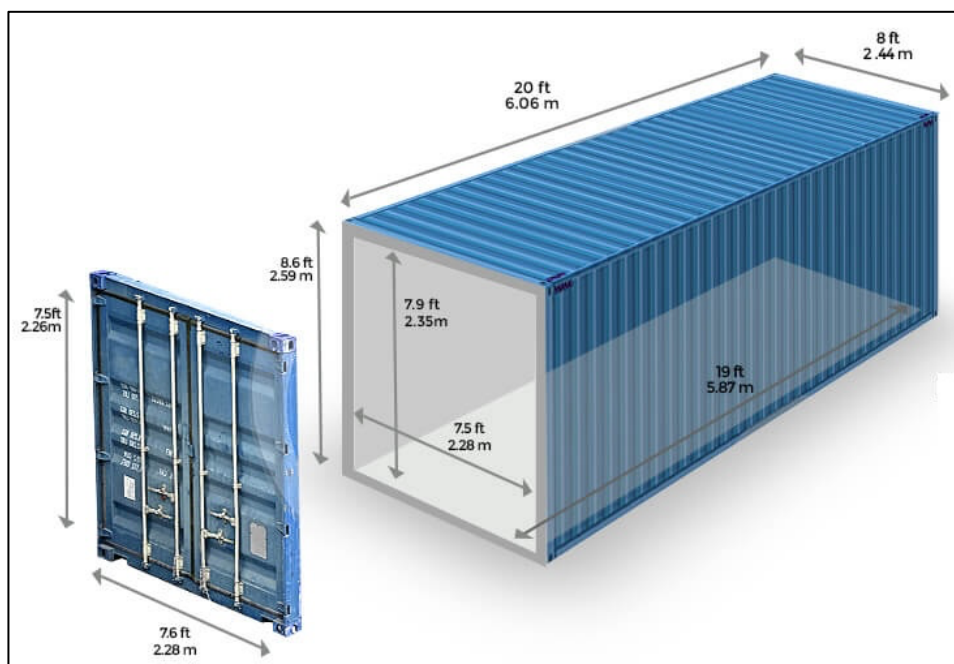
A technológia szempontjából a legfontosabb tervezési kritériumok a következők:

- Működési stratégia
- Maximum terhelés
- Névleges hőmérséklet és entalpia csökkenés a terhelés során
- Integráció a teljes rendszerbe” (Balogh, 2022)

Rendszerkonceptió

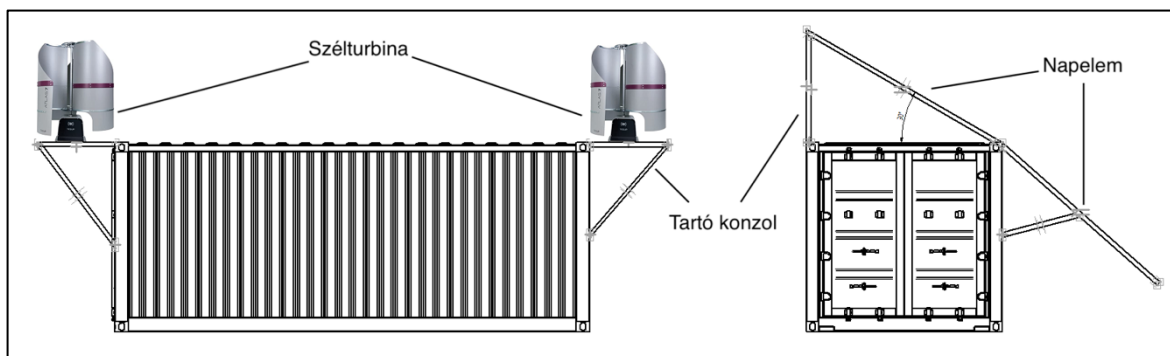
Jelenleg ideiglenes áramtermelésre jellemzően fosszilis üzemanyagokkal működő aggregátorok szolgálnak, melyek működése jellegéből fakadóan környezetterhelő, továbbá a megtermelt elektromos energia tárolására nem alkalmas. Az aggregátorok mérete ugyan kisebb, ezáltal könnyebben szállíthatóak, azonban működésük hatékonysága jelentősen elmarad a tervezett rendszerétől. Az általam tervezett megoldással olyan zöld energia termelő és tároló rendszer készíthető el, mely a jelentősen diverzifikált fogyasztói igényeket is ki tudja elégíteni, háztartási és kisebb méretű ipari szinten. A zöld energia gazdaságos, többféle módon történő gazdaságos termelése és tárolása a piaci szereplők számára lehetőséget biztosíthat a szükséges energia gazdaságos előállítására és tárolására egy konténeren belül, az energiafüggés csökkentésére, körültekintő tervezést követően a meglévő vagy tervezett rendszerekhez történő optimális illesztésre függetlenül attól, hogy háztartási vagy kisebb ipari egységről van szó.

A rendszerkonceptió megalkotása során fő szempont a könnyű telepíthetőség és szállíthatóság volt. Így a rendszer tervezéséhez egy 20' konténert választottam ki. A konténer méreteit az 6.ábra mutatja.



6. ábra 20' konténer méretei (forrás: <https://www.3jservices.co.uk/wp-content/uploads/2021/04/shipping-container-dimensions-and-sizes.jpg>)

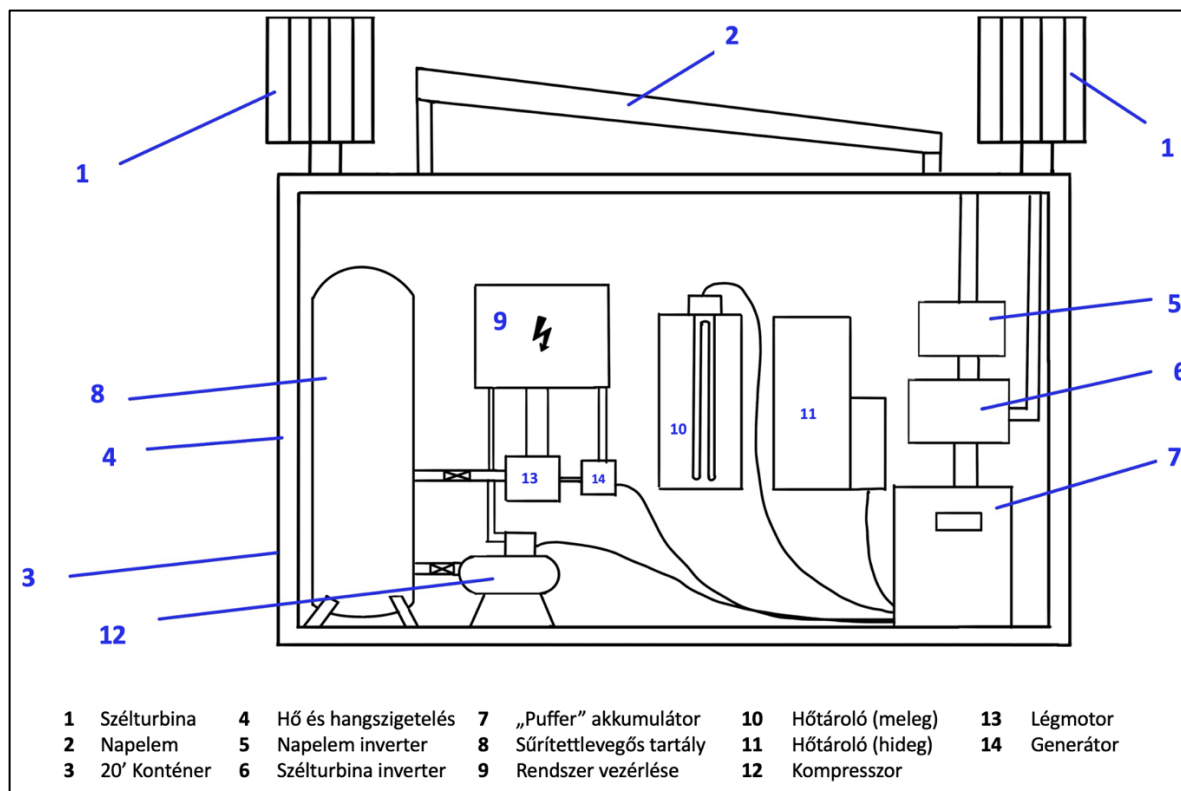
A megújuló energiatermelő rendszerek úgy, mint a szélturbinák és a napelem panelek a konténeren helyezkednek el egy egyedileg tervezett tartószerkezeten. A dolgozatom a tartószerkezet megtervezését, annak méretezését nem tartalmazza. Az energiatermelő rendszerek elhelyezésének vázlatát a 7. ábra mutatja.



7. ábra Energiatermelő rendszerek elhelyezése

A tervezett energiatermelő rendszer két komponensből áll. Az egyik komponens a két darab vertikális szélturbina, amely a konténer két átellenes sarkán helyezkednek el a tartókonzolon, az esetleges turbulencia elkerülése végett. A szélturbina kiválasztásánál fontos szempont annak hatékonyságát/hatásfokát figyelembe venni, valamint a működtetéséhez szükséges minimális szélesebséget, továbbá a lapátkialakítást. A másik energiatermelő komponens a napelem, amely szintén egy egyedileg tervezett tartószerkezetre szerelve, a konténer tetejére kerül rögzítésre. A tartószerkezet tervezése során figyelembe kell venni annak dőlésszögét, tájolását.

A konténer belsejében kerülnek elhelyezésre az energiatermelő, illetve az energia visszaalakító rendszerek. Az energiát mechanikai potenciális energiaként sűrített levegőben, kémiai potenciális energiaként puffer akkumulátorban, hőenergiaként paraffinban és etilenglikolban tárolhatjuk. Az egyszerűsített rendszerkonceptiót a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra Egyszerűsített rendszerkonceptió (forrás: saját szerkesztés)

A napelemekből, valamint a szélturbinákból az elektromos áram inverteren keresztül egy úgynevezett „puffer” akkumulátorba jut. Az akkumulátor szükséges, mivel az energia betároló rendszerek működtetéséhez elengedhetetlen a stabil áramellátás. A termelt elektromos energiával egy kompresszort működtetve a többletenergia sűrített levegőben tárolható. A sűrített levegő tárolása a konténer belső térfogatának figyelembevételével 12 darab 500l űrtartalmú 16 baros tartályban valósul meg. A sűrített levegő betárolására nagy nyomású kompresszor kiválasztása szükséges, valamint a levegő előkészítő szerelemek kiválasztására is nagy hangsúlyt kell fektetni. A sűrített levegőből dekomprimálás útján egy turbina, valamint egy generátor segítségével a mechanikai potenciális energiából újra villamos energia állítható elő.

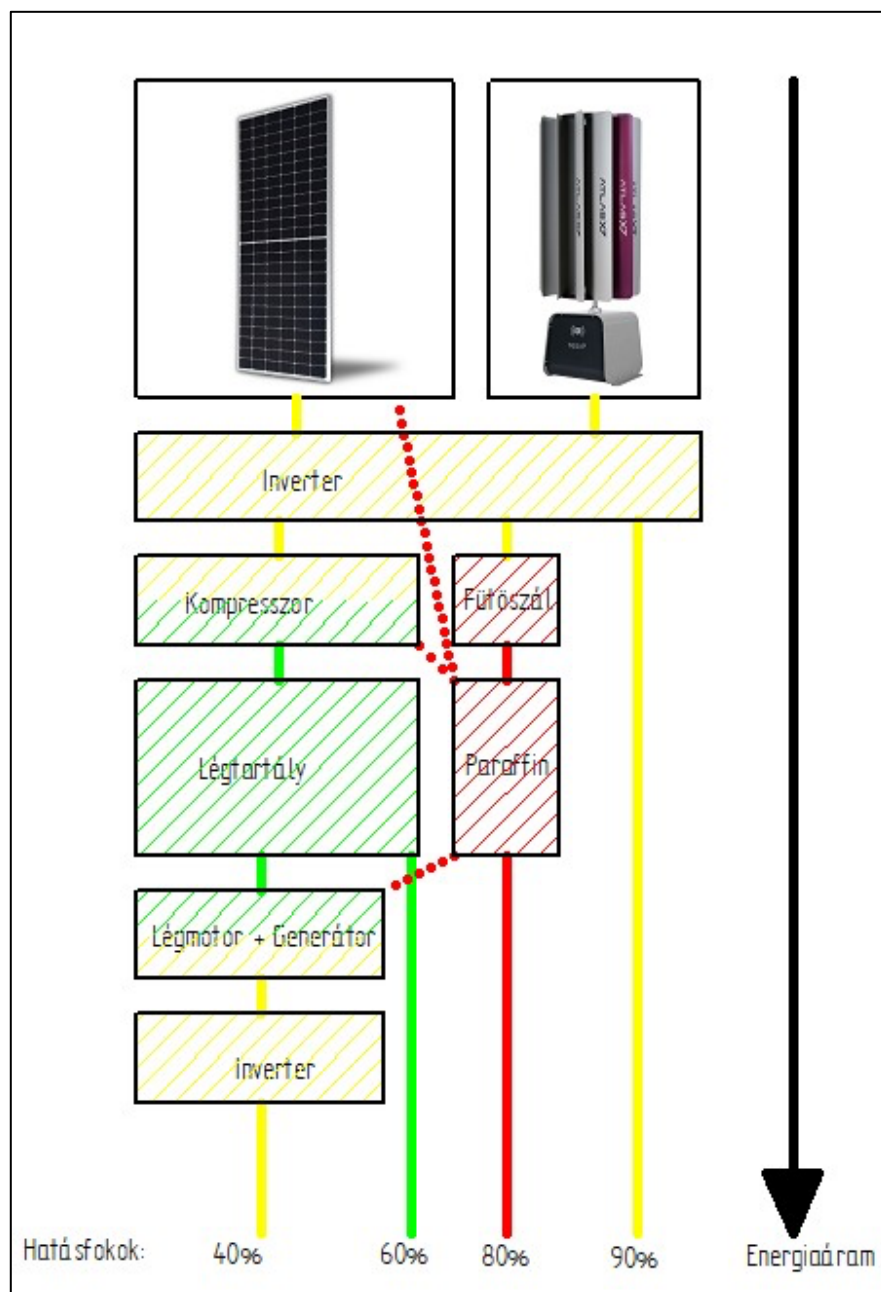
Az akkumulátoros és a sűrített levegős energiátárolás mellett a megtermelt többlet energiát hőenergiában tároljuk. Ezen energiátárolásra két különálló rendszer megtervezése szükséges. Az egyik rendszer a melegenergia tárolásához szükséges, a másik pedig a

hidegenergia tárolásához szükséges. Korábbi kutatásaim alapján a megfelelő hőtároló közegek a paraffin (a meleg energia tárolására) és az etilén-glikol (a hideg energia tárolására). A melegenergia tároló rendszer egy megfelelő hőszigeteléssel ellátott tartály, amelyben egy fémspirál gondoskodik a hőcseréről (9.ábra).



9. ábra Hőenergia tároló tartály (forrás: <https://napkollektornagyker.hu/wp-content/uploads/1-hőcserélővel.jpg>)

A rendszer energiaáramát, valamint az egyes energiatárolás és kivételezés hatékonyságát a 10.ábra mutatja.



10. ábra Energiaáram és hatásfok (forrás: saját szerkesztés)

A rendszer vezérlésére öntanuló algoritmusokat kell megalkotni a rendszer alapvető működését szabályozó algoritmusok mellett. Amennyiben a nap- és szélenergia termelés során más-más feszültségi szint jellemző, azok kiegyenlítése okvetlenül hatékonyságcsökkenéshez vezet, melyet a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni szükséges. A rendszer több inputtal rendelkezik, azok összehangolása során a vezérlésnek kell biztosítania, hogy mind az energiatermelés, mind a tárolás, mind a kinyerés rendszer szinten optimális legyen még akkor is, ha parciálisan nem az. A bemeneteket a felhasználó igényeinek megfelelően vezérli, hogy eltárolásra kerüljön a megtermelt energia, vagy a hálózatba kerüljön. A várható nagyobb intenzitású áramfelvételek előtt a vezérlés egy rendszer optimalizációval készül elő, mely során a puffer akkumulátort feltölti és előkészíti

a nagy áram kivételére és az invertert is kondicionálja a kedvező hatások érdekében. A sűrített levegős energiatároló rendszer hatékonyságát és teljesítményét számos környezeti tényező befolyásolja, köztük a környezeti hőmérséklet és páratartalom. A hőmérséklet változásával az ideális gázegyenlet alapján a sűrített levegő nyomása is változik. Ez a nyomásingadozás befolyásolja a rendszer teljesítményét és energiatárolási képességét. Ezen változó környezeti hatásokat a lehető legnagyobb mértékben minimalizálni kell az optimális működés érdekében. A rendszert vezérlő egység egy olyan adatgyűjtő, monitorozó és vezérlő egység, amely képes a teljes rendszer felügyeletére és szükség esetén beavatkozásra. Képes arra, hogy párhuzamosan kezelje a különböző feszültségi szintű és áramerősségű, frekvenciájú bemeneti jeleket.

Energetikai és gazdasági számítás

A számításaim alapjaként szolgáló megújuló energiaforrásokat, úgy, mint a szél (azon órák száma amikor a szél 4 m/s vagy annál nagyobb sebességgel fúj) és a napenergia (napsütéses órák száma), a magyarországi éghajlati viszonylatok alapján állapítottam meg.

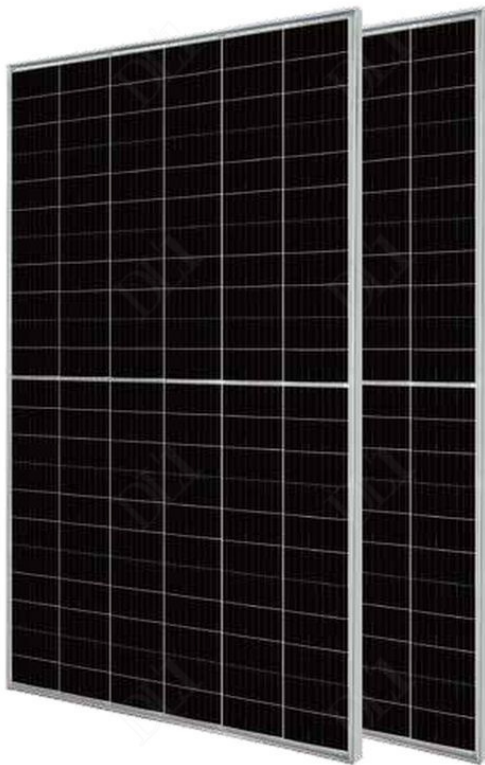
A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján (1. táblázat) Magyarországon havonta átlagosan 250 a napsütéses órák száma és a szeles napok száma átlagosan havi 12 (ilyenkor a szélesebbesség 10 m/s feletti). A számításaim során havi 7 óra 4 m/s szélesebbességgel tettem meg.

1. táblázat Központi Statisztikai Hivatal adatai a napsütéses órák száma és a szeles napok számára vonatkozóan (forrás: www.ksh.hu/kor/kor0071)

Év	Hónap	A napsütéses órák száma	Szeles napok száma, szélesebbesség >= 10 m/s
Havonta			
2019.	január	92	15
	február	163	11
	március	252	20
	április	246	16
	május	209	16
	június	367	13
	július	340	17
	augusztus	325	9
	szeptember	249	8
	október	237	7
	november	85	6
	december	70	11
2020.	január	78	4
	február	162	19
	március	222	21
	április	350	18
	május	278	20
	június	250	16

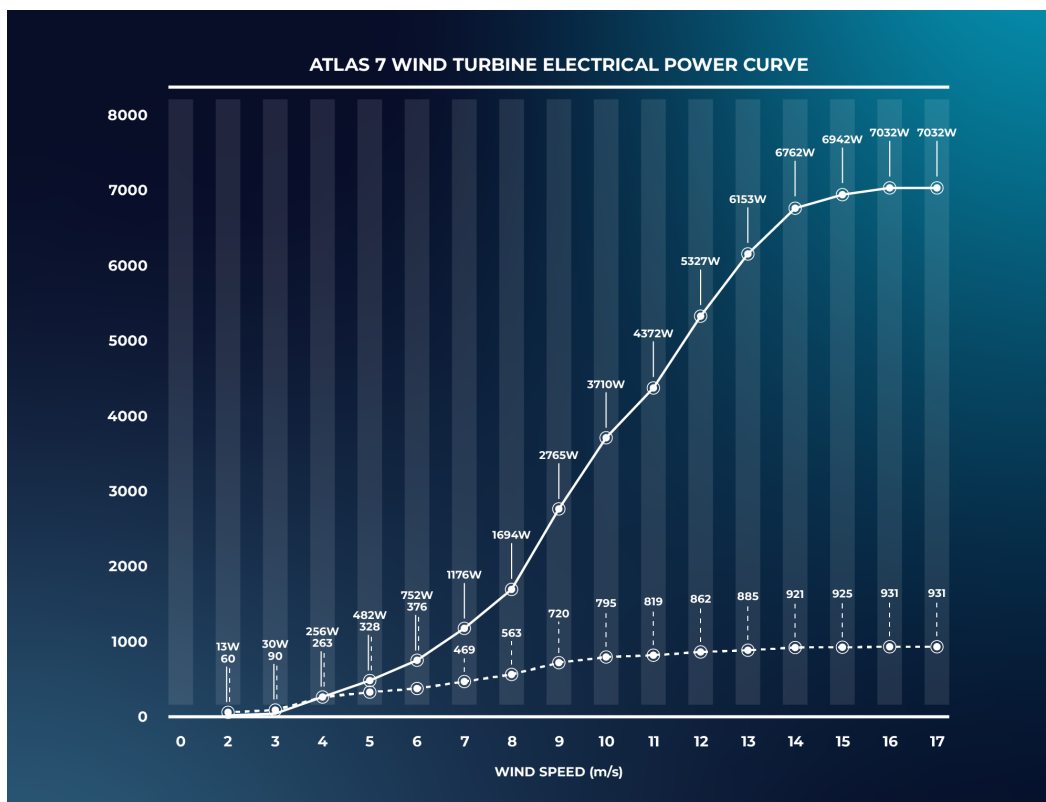
	július	334	8
	augusztus	334	10
	szeptember	256	8
	október	157	8
	november	67	3
	december	67	4
2021.	január	79	10
	február	126	7
	március	249	17
	április	226	18
	május	298	18
	június	395	16
	július	347	12
	augusztus	299	12
	szeptember	243	9
	október	248	6
	november	122	6
	december	97	11
Évkezdettől kumulált			
2017.	január–december	2 672	153
2018.	január–december	2 536	131
2019.	január–december	2 634	149
2020.	január–december	2 554	139
2021.	január–december	2 730	142

A rendszerkoncepció fő energiatermelő egysége a napelem, melynek kiválasztása során figyelembe vettem a fizikai paraméterét, valamint a csúcsteljesítményét, amelyből kiszámítható a négyzetméterre vonatkoztatott teljesítmény (W/m^2). Az általam választott napelem (11.ábra) panelek mérete 2384 x 1303 x 35 mm és csúcsteljesítménye 665W, amely alapján a négyzetméterre vonatkoztatott teljesítménye hozzávetőlegesen 221 W/m^2 , hatékonysága 21,4%.



*11. ábra Napelem panel (forrás:
<https://static.dl1.hu/SO/LJ/AM/60/S2/03/85/BF/0/BIG.jpg?hash=47d7f178362ebeb1d582ea86dd3688b0>)*

A másodlagos energiatermelő rendszerkomponens a szélturbina, amely kiválasztása során a fő szempont a működéshez szükséges szélesebbesség figyelembe vétele volt, mivel a szélturbina a konténer egység tetején helyezkedik el, így a talajhoz közeli szélesebbesség éri azt, így a megfelelő működés érdekében ezen paraméternek a lehető legalacsonyabbnak kell lennie. Az általam választott vertikális szélturbina (13. ábra) maximálisan 7 kW-os áramtermelésre képes. Lapátkialakításának köszönhetően nagy szélgyűjtő területtel rendelkezik. A minimális szélesebbesség a turbina működéséhez 4 m/s. A 12. ábrán látható a szélturbina teljesítmény-szélesebbesség diagramja, ami alapján látható, hogy a működéséhez szükséges minimális szélesebbesgnél a teljesítmény 256W.



12. ábra Atlas 7 Vertikális szélturbina szélesség-teljesítmény diagramja (forrás: tessup.hu)



13. ábra Választott vertikális szélturbina (forrás: https://static.wixstatic.com/media/1c70fd_c7982d209f8342a1b67df53205b6b223~mv2.png/v1/fill/w_1000,h_1000,al_c,q_90,usm_0.66_1.00_0.01,enc_auto/1c70fd_c7982d209f8342a1b67df53205b6b223~mv2.png)

A számításaim alapján tehát megállapítható, hogy létrehozható háztartási, és kisebb ipari méretű megoldás is, melyek hazai viszonylatban naponta hozzávetőlegesen 31,7 kWh elektromos áram termelésére és 55 kWh tárolására képesek szabványos '20 CTR (6 m×2,4 m×2,6 m, kb. 33,2 m³) konténerben. A betárolás veszteségeit figyelembe véve 6 m³ térfogatú, 16 bar nyomású levegőben 8 kWh, 0,3 m³ paraffinban 27 kWh fűtési, 0,3 m³ etilén-glikol desztillált víz keverékében 5 kWh hűtési energia tárolható naponta. Ezen felül a rendszer stabil működését biztosító puffer akkumulátorban eltárolható további 15 kWh naponta. Amennyiben kizárólag elektromos áram tárolására használjuk, akkor ~23 kWh tárolható, amelyből a kitérítés veszteségeit figyelembe véve hozzávetőlegesen ~18 kWh nyerhető ki naponta. Egy átlagos magyarországi háztartás napi fogyasztása 10kWh, így a rendszer képes a teljes háztartás energiaellátását fedezni, továbbá ezen felül termelt energiát tárolni. Mivel az általam tervezett energia termelő és tároló rendszer skálázható, azaz a kívánt telepítési hely éghajlati adottságaihoz viszonyítva skálázható a rendszert alkotó elemei.

A rendszerkonceptió alapján létrehozott rendszer által megtermelhető energiát napi, évi, valamint élettartam alatt termelhető és kivehető energia és a piaci, valamint lakossági árakat az alábbi 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat Termelhető energia árai élettartamra vonatkoztatva (Magyarország éghajlati viszonyaira vetítve)

Megtermelhető energia naponta	31,7 kWh	Napi kivehető energia	12,7 kWh
ebből a napenergiából megtermelt	30 kWh	ebből a szélenergiából megtermelt	1,5 kWh
Évente megtermelhető energia	7000 kWh	Évente kivehető energia	2800 kWh
Piaci áram (70 Ft/ kWh)	490 000 Ft	Piaci áram (70 Ft/ kWh)	196 000 Ft
Kedvezményes áram (36 Ft/ kWh)	252 000 Ft	Kedvezményes áram (36 Ft/ kWh)	100 800 Ft
A rendszerelemek élettartamát tekintve a kész rendszer élettartama megfelelő karbantartás mellett minimum 20 év.			
Élettartam alatt termelhető és kivehető energia:			
Termelhető	140000 kWh	Kivehető	56000 kWh
Piaci áram (70 Ft/ kWh)	9,8 millió Ft	Piaci áram (70 Ft/ kWh)	3,92 millió Ft
Kedvezményes áram (36 Ft/ kWh)	5,32 millió Ft	Kedvezményes áram (36 Ft/ kWh)	2 millió Ft

- A táblázat alapján tehát megállapítható, hogy a rendszer élettartama alatt termelhető energia 140 ezer kWh, amely a jelenlegi (2023.09.06.) piaci áram árral

beszorozva 9,8 millió forintot jelent csak a megtermelhető energia tekintetében. A teljes rendszerhez felépítéséhez szükséges rendszerelemek összesen 2023 augusztusi piaci árazásokkal számítva hozzávetőlegesen 8 millió forint. A rendszer össze építése és üzemeltetési költségeit figyelembe véve a rendszer kiépített elektromos infrastruktúrával rendelkező térségeken nem térül meg, viszont képes az energiaellátás biztosítására és az energia tárolására, amely területeken nincs kiépített elektromos hálózat.

Ilyen területek például:

- Mediterrán térség
- Balti államok
- Északi tenger partvidéke
- Arab és Öböl menti országok
- Fekete tenger partvidéke
- Alpok, Kárpátok, Pireneusok, Ural

A dolgozatomban nem részletezem a rendszert felépítő elemek beszerzési árát, mivel sok egyedi rendszerelemből épül fel az egység amelynek külön tervezési és előállítási költsége, valamint az alapanyagárak nagymértékű diverzifikálódása miatt csak a megvalósítás megkezdésekor, a kész rendszerelem tervek tudatában lehet reálisan megállapítani.

Célcsoport meghatározása, piaci igény

Magyarországon a megújuló energiaforrások piacának mérete folyamatosan növekszik. 2015-ben a megújuló energiaforrások bruttó áramtermelésének 7,3%-át tették ki. Ebből 52% volt a biomassza, 22% a szél, 9% a biogáz, 7% a vízenergia, 6% a megújuló kommunális hulladék és 4% a napenergia aránya. Az összesítés szerint 2020-ban Magyarországon összesen 5548 gigawattóra villamos energiát termeltek megújuló energiaforrások felhasználásával, ami 18,73 százalékkal több az előző évi adatokhoz képest. A megújuló energiaforrások közül az állam leginkább a napenergiából és biomasszából származó energiatermelést támogatja.

Magyarországon az energiátárolás terjedése folyamatosan zajlik. A Magyar Szénhidrogén Készletező Szövetség (MSZKSZ) régóta tervezi tevékenységi körének bővítését az energiátárolás területén <https://greendex.hu/magyarorszag-on-zajlik-a-villamosenergia-tarolas-forradalmasitasa/>. A hazai energiapiac szereplői között egyre nagyobb az igény az energiátárolásra, amelynek növekedése a megújuló energiaforrások iránti növekvő igénynek köszönhető.

„Ahogy a megújuló aránya tovább nő, a hagyományos erőműveké pedig csökken, az akár több hónapos energiatárolást lehetővé tevő technológiák alkalmazása is egyre inkább szükségessé válik. Az energiapiacokon kialakult helyzet a hosszabb idejű tárolásra képes technológiák fejlődésének is lökést adhat, felgyorsítva a klímapolitikai intézkedésekkel támogatott folyamatot.” (<https://greendex.hu/litium-miert-okoz-gondot-ez-az-alkalifem/>)

Az energiahatékonyság és energiatárolás piacának mérete folyamatosan növekszik. Az energiahatékonyság az energiafogyasztás csökkentésére irányuló törekvés, míg az energiatárolás a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kihívásokra adott válasz. Az energiahatékonyság és energiatárolás piacának mérete 2020-ban \$241,6 milliárd volt, és a következő években további növekedést várunk. Az energiahatékonyság és energiatárolás piacának növekedése a megújuló energiaforrások iránti növekvő igénynek köszönhető.

https://www.parlament.hu/documents/10181/39233854/Infojegyzet_2021_69_energiagatek_onysagi_kotelezettsegi_rendszer.pdf/c52eef94-2b73-21f8-bb5e-7aab60cb1558?t=1636106867943

Az energiahatékonyság területén olyan vállalkozások és intézmények találhatók, amelyek az épületek és ipari folyamatok hatékonyabbá tételére összpontosítanak. Az energiatárolás területén pedig olyan technológiák és rendszerek fejlődnek, amelyek lehetővé teszik az energiamegtartást és felhasználást a későbbi időpontokban. A piac meghatározó részét képezik azok a földrajzi területek, ahol az energetikai infrastruktúra, hálózat nem kellően kiépített vagy nem alkalmas kiegyensúlyozott szolgáltatás nyújtására, továbbá a környezeti feltételek kedveznek a nap- és szélenergia megtermelésének, így a skálázhatóságnak köszönhetően az igények igen nagy területét lehet lefedni. Az ilyen területeken a rendszer szigetüzemben működve képes kielégíteni az energia iránti igényt legyen szó elektromos vagy hőenergiáról. Az egyenlítőhöz közelebbi területeken a napsütéses órák száma lényegesen nagyobb, magasabb fekvésű és/vagy tenger, vagy óceánok partvidékén nagyobb mennyiségű szélenergiát lehet hasznosítani. Mindenképp fontos, hogy bár az európai energetikai hálózatok helyenként igen fejlettek a világ más részein önmagában az energiaellátás is probléma, nem beszélve annak környezeti aspektusáról és a tárolásról.

A rendszer ideiglenes telepítésével (mintegy szolgáltatás formájában) egy adott terület energia ellátását lehet biztosítani vagy annak biztonságát lehet növelni, többek közt infrastrukturális beruházásoknál, kutató expedíciók, régészeti feltárások számára, kihelyezett laboratóriumi környezet létrehozása növénytermesztési vagy állattenyésztési területeken. A telepítési helyszín ismeretében jól definiált algoritmusok segítségével lehetőség van az optimális belső kialakítás meghatározására. A fizikai méretezés ugyanakkor szinte kizárólag a piaci értékesítés, a szállítás és a telepítés szempontjából lényeges. A piaci

felhasználóknak lehetőségük van a telepíteni kívánt helyszín éghajlati adottságaihoz konfigurálni (skálázni) a rendszert az energiatermelés maximalizálása érdekében.

Kockázatelemzés

A rendszerkoncepció fizikai megvalósításához számos kockázati tényezőt figyelembe kell venni. Több szempont alapján megvizsgáltam a rendszer megalkotásának kockázatait úgy mint: műszaki, gazdasági, jogi szempont. Egy ilyen komplex rendszer projekt szintű kivitelezéséhez alaposan át kell gondolni a lehetséges kockázatokat, azok szintjét, valamint a kockázat bekövetkezése esetén meg kell állapítani a kockázat kezelési protokollokat. Az alábbiakban ismertetem az általam tervezet rendszerkoncepció fizikai projekt megvalósítása során esetleges kockázatokat.

A kockázati szinteket az alábbiak szerint definiálom.

- Alacsony = Ha a bemutatott eset, veszély bekövetkezik, az nem igényel újratervezést, átütemezést, kezelése projektmenedzsment, változás- és kockázatkezelési eszközökkel, a megvalósítási szakaszok határidőit nem veszélyeztetve elvégezhető, az indikátorok a vállaltak szerint teljesíthetők.
- Közepes = Ha a bemutatott eset, veszély bekövetkezik, az nem igényel jelentős mértékű újratervezést, átütemezést, kezelése projektmenedzsment, változás- és kockázatkezelési, szükség szerint eszkalációs eszközökkel, a megvalósítási véghatáridőt nem veszélyeztetve elvégezhető, a projekt műszaki paraméterei nem kerülnek veszélybe, a projekt indikátorai a vállaltak szerint teljesíthetők.
- Magas = Ha a bemutatott eset, veszély bekövetkezik, az újra tervezést, átütemezést, eszkalációt igényelhet, a megvalósítási véghatáridőt ugyanakkor nem veszélyeztetheti, a projekt műszaki paraméterei nem kerülnek veszélybe, viszont a projekt vállalt indikátorainak teljesítése veszélybe kerülhet.

3. táblázat Kockázatelemzés

Műszaki szempontok	
Kockázat megnevezése	Energiatermelő rendszerek hatékonysága alacsony
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) A rendszerelemek specifikációinak alapos elemzése; (2) Változáskezelés; (3) Rendszerelem cseréje, fejlesztése

Kockázat megnevezése	Energiakonverzió és tárolás hatékonysága alacsony
Kockázat szintje	Magas
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) A műszaki tervek ellenőrzése; (2) Változáskezelés;
Kockázat megnevezése	Nem kompatibilis rendszerelemek
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) A műszaki tervek ellenőrzése (2) Kompatibilitási megoldások keresése (3) Más rendszerelem választás
Kockázat megnevezése	Az elektronikai eszközök között nem megfelelő kommunikáció
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Illesztő modulok közbeépítése (2) Mechatronikai tervek ellenőrzése
Kockázat megnevezése	Meghibásodó pneumatikus részegységek
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Pneumatikus rendszer tervének elemzése, hibakeresés (2) Hibaelhárítás (3) Javított hiba újra tesztelése
Kockázat megnevezése	Alulméretezett tartószerkezet
Kockázat szintje	Magas

A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Tartószerkezet terveinek elemzése (2) Tervek módosítása (3) Újragyártás módosítás
Kockázat megnevezése	Energiabetápláló egységek inerferenciája
Kockázat szintje	Alacsony
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Energiabetápláló elektronika rendszer terveinek elemzése (2) Megfelelő vezérlő elem leválasztás
Jogi szempontok	
Kockázat megnevezése	A fejlesztés során megváltoznak a vonatkozó szabványok és/vagy jogszabályok
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) A projektmenedzsment
Pénzügyi-gazdasági szempontok	
Kockázat megnevezése	Megnövekedett megtérülési idő
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Rendszer optimalizálása, kalibrálása az adott éghajlati viszonyokhoz
Kockázat megnevezése	Nem elégséges kereslet a kész termék iránt
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Marketing és üzleti terv revizionálása

Kockázat megnevezése	Rendszert felépítő elemek beszerzési árának nemvárt nagymértékű növekedése
Kockázat szintje	Magas
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Új beszállítók felkutatása (2) Egyedi árajánlatok kérése (3) Szükség esetén tervek módosítása
Fizikai projekt megvalósítás szempontjai	
Kockázat megnevezése	Hibás/hiányos változáskezelés
Kockázat szintje	Közepes
A kockázathoz rendelt protokollok	(1) Hatékony változáskezelési mechanizmusok beépítése a projekt minőségbiztosításba

Kockázatok valószínűsége és azok hatásai. Az alábbi 4. táblázatban látható a kockázat megnevezése, a kockázat bekövetkezésének valószínűsége, valamint annak hatása a műszaki megvalósítás során. A következő kockázatok befolyásolhatják a projekt fizikai megvalósításának lehetőségeit, valamint a megalkotás idejének hosszát, ezért fontos számolni a kockázatok valószínűségével, valamint a kockázat esetleges bekövetkezésének hatásával a teljes projektre nézve.

4. táblázat Kockázatok valószínűsége és hatása

Kockázatok listája	Valószínűség	Hatás	V x H
1. Bonyolult konstrukció	3	3	9
2. Alkatrészek alulméretezése	1	3	3
3. Nem gyártható alkatrészek	1	3	3
4. Nehezen (drágán) gyártható alkatrészek	3	3	9
5. Nem kompatibilis rendszerelemek	1	3	3

6. Nehezen összeszerelhető alkatrészek	2	3	6
7. A konstrukció hatásfoka elmarad az elvárttól	1	3	3
8. A tervezett konstrukció megbízhatatlan	2	3	6

A VxH szorzat alapján tehát meghatározható a legkritikusabb kockázat, amely mentén előkészíthető egy kockázatkezelési terv. A táblázat alapján a fizikai megvalósítás legkritikusabb kockázatai a bonyolult konstrukció és a nehezen (drágán) gyártható alkatrészek. A konstrukció bonyolultságát a tervek áttekintésével, annak módosításával lehet kezelni, valamint az optimalizálás lehetőségeinek felkutatásával. Az alkatrészek gyártására vonatkozó kockázat feloldható új beszerzési források és/vagy gyártócég felkutatásával.

Összefoglalás

A kutatásom célja volt, hogy egy megújuló energiát hasznosító energia termelő és tároló rendszer koncepcióját megalkossam. A koncepciót megvizsgáljam műszaki, gazdasági szempontból, valamint elemezzem egy ilyen komplex rendszer fizikai megalkotása során fellépő kockázatokat. Dolgozatomban bemutattam az általam kidolgozott rendszer koncepcióját. A rendszert felépítő fő energetikai egységek tulajdonságai alapján elvégeztem a fő energetikai számításokat a termelhető, tárolható és a kivehető energia vonatkozásában. Ezen energetikai számítások alapján elvégeztem a rendszer élettartama során termelt, tárolt és kivételezhető áram költségeinek számítását. Ezek alapján meghatároztam a lehetséges piaci célcsoportot.

A kutatásom eredményei alapján megalkothatók a súlyozott döntési mátrixok a rendszert felépítő elemek kiválasztása érdekében, majd ezt követően a fizikai rendszer megalkotásának tervezésének adhat alapot.

Az így tervezett skálázható zöldenergia termelő és tároló rendszer hozzájárul a környezetterhelés csökkentéséhez és a lokális energiafüggetlenséghez. A rendszer képes az energiatermelést és tárolást összehangolni, így növelve a hatékonyságot és a fenntarthatóságot. A rendszer használatával az energiafüggetlenség megoldható, valamint olyan területeken is létesíthető a tervezett egység ahol nincs kiépített elektromos hálózat.

Források

1. Bártfai Z.- Balogh B.-Szabó J. -Gerda Zs.-Lágymányosi A. -Schillinger Zs. -Szabó G. - Zsámboki P. -Hegedűs L. Zs. -Kurják Z. (2022): Egyedi kialakítású klímarendszer fejlesztése átépített elektromos hajtású gépjárműbe - I. MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA (0026-1890): 63 12 pp 28-31
 2. Balogh Béla - Szakdolgozat Nem hulladékhőn alapuló klimatizáló rendszer fejlesztése elektromos járművek számára (2022)
 3. Bártfai Z. -Balogh B. -Szabó J. -Lágymányosi A. -Schillinger Zs. -Szabó G. -Zsámboki P. -Szalkai I. -Kurják Z. -Gerda Zs. (2023): Egyedi kialakítású klímarendszer fejlesztése átépített elektromos hajtású gépjárműbe – II MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA (0026-1890): 64 2 pp 34-38.
 4. Bártfai Z. -Balogh B. -Szabó J. -Lágymányosi A. -Schillinger Zs. -Szabó G. -Zsámboki P. -Szalkai I. -Gerda Zs. -Kurják Z. (2023): Egyedi kialakítású klímarendszer fejlesztése átépített elektromos hajtású gépjárműbe- III. MEZŐGAZDASÁGI TECHNIKA (0026-1890): 64 5 pp 2-4.
 5. Bártfai Z. et al (2022): Szemelvények a "Folyadék alapú moduláris temperáló egység (famote) kutatás-fejlesztése elektromos meghajtású közúti járművek számára" projekt alkalmazott kutatási eredményeiből, ISBN 978-615-01-6947-7
 6. Beke J. (2000): Műszaki hőtan mérnököknek. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest
 7. Beke J. (2014): A műszaki termodinamika alapjai, Szent István Egyetemi Kiadó
 8. Bihari P. (2012): Műszaki hőtan. Edutus Főiskola
 9. Fonyó Zs., Fábry Gy.(2004): Vegyipari művelettani alapismeretek. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
 10. Író B. (2006): Hő- és áramlástan. Egyetemi jegyzet. Széchenyi István Egyetem, Győ
- https://www.parlament.hu/documents/10181/39233854/Infojegyzet_2021_69_energiahatekonysagi_kotelezettsegi_rendszer.pdf/c52eef94-2b73-21f8-bb5e-7aab60cb1558?t=1636106867943
- http://energia.bme.hu/~kaszas/Energiapolitika/tanulmanyok/Megujulo_strategia_20820_20.pdf

<https://www.statista.com/statistics/243075/european-construction-equipment-sales-forecast/>

<https://www.portfolio.hu/uzlet/20180408/magyarorszag-felkerult-a-napenergia-vilagterkepere-281714>

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/compressed-air-energy-storage>

<https://www.directindustry.com/prod/tele-haase-steuergeraete-gmbh/product-16071-1791518.html>

[https://energyeducation.ca/encyclopedia/Compressed air energy storage](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Compressed%20air%20energy%20storage)

<https://www.energiatarolorendszerek.hu/rendszerek>

<https://greendex.hu/magyarorszagon-zajlik-a-villamosenergia-tarolas-forradalmasitasa/>

<https://www.vg.hu/energia-vgplus/2022/07/nagy-szukseg-van-az-energiatarolas-terjedesere>