

Új szerkezeti anyagok, megújuló energiák; kihívások, törekvések

New structural materials, renewable energies; challenges, aspirations

SZABÓ Lóránt¹– szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

SZABÓ Rudolf² RSPT-Alapítvány

Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar

H-1034 Budapest Doberdó út 6.

ingtex@t-online.hu Mob.: +36309245612

Abstract

In terms of energy use (electrical, fossil-powered mobility, heat), a clear aspiration is the utilization of energy in the form of electricity, the so-called electrification. Today, the efficient production of wind and solar electric energy has been technically solved and is still intensively developed. Batteries for electricity storage, hydrogen production and storage are today's big challenges. Light, high-performance structural materials are crucial in the area of wind blades, gas tanks, and reducing the specific energy consumption of vehicles.

Keywords: renewable wind energy, carbon fiber reinforced composites

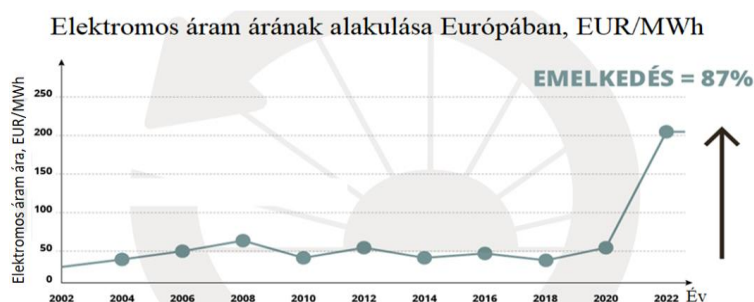
Kivonat

Az energia felhasználás (villamos, fosszilis hajtású mobilitás, hő) terén egyértelmű törekvés az energia villamos formájú hasznosítása, az ún. villamosítás. Mára a szél- és szolár-villamos-energia hatékony előállítása technikailag megoldott, továbbra is intenzíven fejlesztik. A villamos energia-tárolásra az akkumulátorok és a hidrogén-gyártás és -tárolás napjaink nagy kihívása. A könnyű, nagy teljesítményű szerkezeti anyagok a széllapátok, a gáztartályok továbbá a járművek fajlagos energiafelhasználás-csökkentés területén egyaránt döntő fontosságú.

Kulcsszavak: megújuló szél energia, szénszál erősítésű kompozitok

BEVEZETÉS

A villamos hálózatok gyakorlatilag összefüggően behálózzák a kontinenseket. A villamos energia továbbítása viszonylag egyszerűen, biztonságosan megoldott, sokoldalúan használható, számos területen kulcsfontosságú. A villamos energiát korábban a fosszilis anyagokból (szén, olaj, gáz) állították elő, majd a nukleáris és a megújuló vízi erőművek is egyre nagyobb jelentőségre tettek szert. A fosszilis olaj-és gáz biztonságos szállítása napjainkban akadályoztatott, emiatt is számottevően megdrágult az elektromos áram (1. ábra).



1. ábra

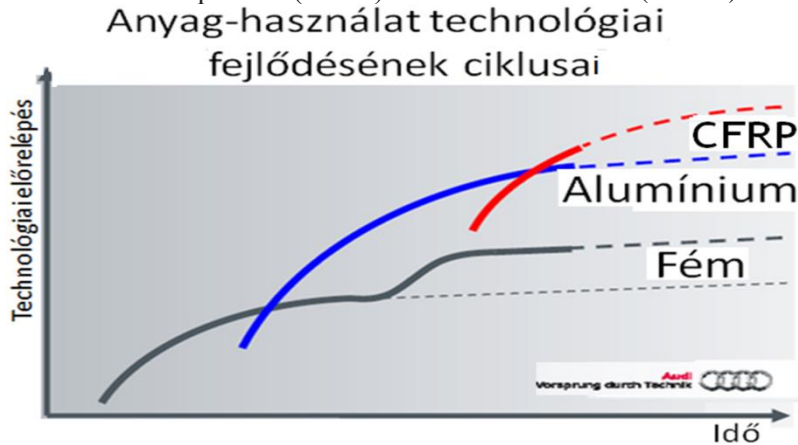
A villamos energia-igény dinamikus növekedése, az energia-drágulás mérséklése, a szigorodó környezetvédelmi előírások (CO₂-kibocsátás csökkentése) újabb a megújuló energiák (szél-, szolár) hasznosítását felgyorsította. A könnyű, nagy teljesítményű szerkezeti anyagokkal a fajlagos energia-felhasználás csökkenthető. A megújuló villamos energia előállítás időjárás függő, csak részben tervezhető. A nagy ingadozású (felhő, szellőkés) megújuló energiák villamos hálózatra táplálásához az energia-ingadozás csökkentésére, a szerszámok mobilitás használatának növelésére, a villamos áram minden időben rendelkezésre állás elérésére, a közúti járművek villamosítása új energia-tárolási technológiák kialakítását teszi szükségessé.

1. NAGYTELJESÍTMÉNYŰ KOMPOZIT ANYAGOK

A szerkezeti anyagok (kompozitok) használatában és gyártásában (anizotróp mechanika tulajdonságok, 3D nyomtatás) újabb jelentős változás következett be. A mozgó szerkezetek könnyítése a járművek és a mozgó géprészek területén az energia-csökkentés, és a környezetvédelem (CO₂-kibocsátás csökkentése) egyaránt döntő fontosságú.

A műanyagok sűrűsége ($\rho \sim 1 \text{ g/cm}^3$) kicsi, többsége olcsón előállítható, emiatt gyártásuk és alkalmazási területük gyorsan növekvő. Viszont mechanikai tulajdonságaik általában gyenge, és helytelen kezelésük környezetszennyeződést okoz.

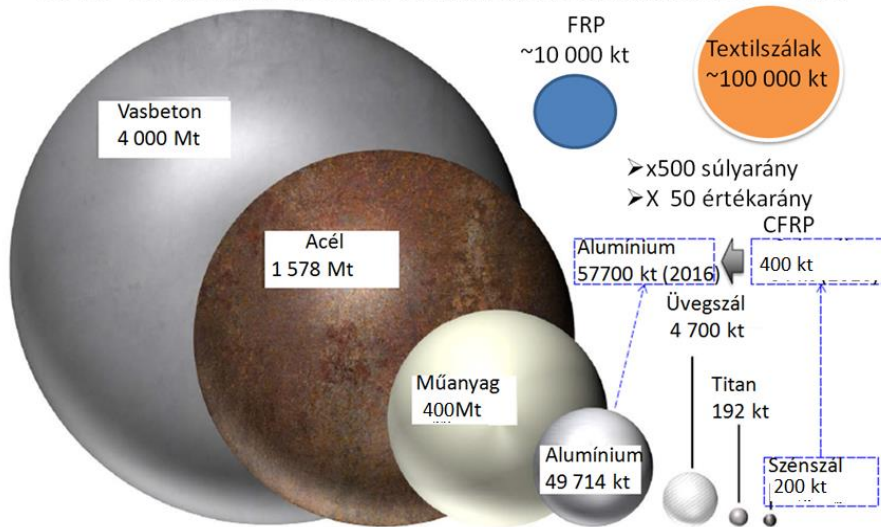
A könnyítést korábban a nehéz acél ötvözetek ($\delta = 7,85 \text{ g/cm}^3$) alumínium, míg napjainkban elsősorban szén-szál erősítésű kompozitok (CFRP) használatával érik el (2. ábra).



2. ábra

A szerkezeti anyagok mennyiségi megoszlását a 3. ábra szemlélteti.

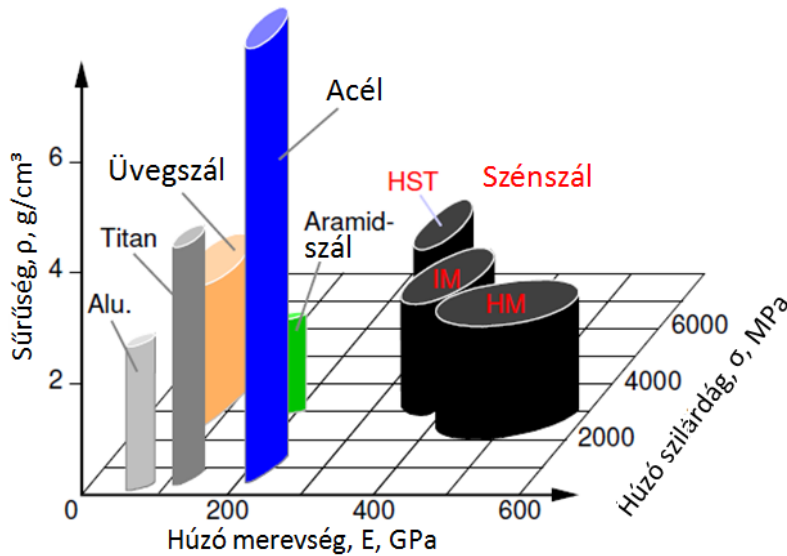
Szerkezeti anyagok megoszlási aránya szénszál ill. CFRP és az alumínium összehasonlítása 2020 –ban



3. ábra

A szerkezetek anyagok sűrűségét (g/cm^3), húzó szilárdságát (MPa) és húzó merevségét (MPa) a 4. ábra szemlélteti.

Erősítő szálak és fémek mechanikai tulajdonságai



4. ábra

A számottevő sűrűség-különbség miatt azonban a Pascalban megadott mechanikai jellemzők összehasonlítása nem ad reális képet.

A **szálás szerkezetű** anyagok feldolgozása (textiltechnológiák) és azok műszaki leírása nagy múltra tekintve vissza. A szálás struktúrák (természetes szálak, fonalak) keresztmetszete sok esetben nem volt meghatározható, emiatt a mechanikai tulajdonságokat tömegre vagy súlyra (sűrűsége, fajsúlyra) vonatkoztatva az ún. **specifikus jellemzőkkel** fejezték ki.

A specifikus jellemzők használata a különböző sűrűségű anyagok tulajdonságainak reális összehasonlítását teszi lehetővé. Az általános mérnöki gyakorlatban a szilárdságot adott keresztmetszet elszakításához szükséges erővel jellemzik, míg a merevséget az erő nyúlás diagramból szerkesztett feszültség relatív nyúlás értékéből a diagram meredekségével jellemzik.

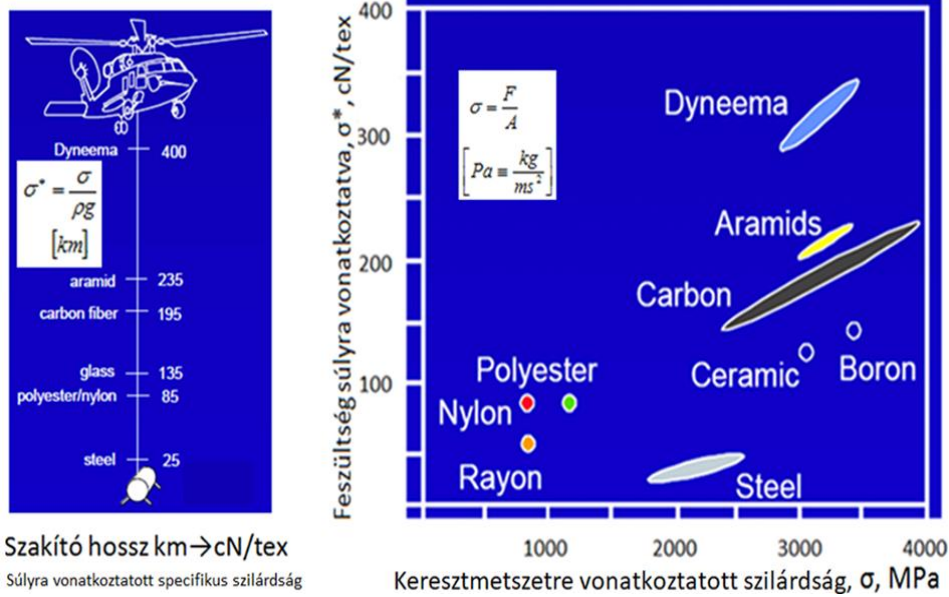
A specifikus mechanikai jellemzőket (szilárdság, merevség) az anyag fajsúlyára (ρg) vonatkoztatva határozza meg:

Specifikus szilárdság (σ^*): ($\sigma^* = \frac{\sigma}{\rho g}$), míg a

Specifikus merevség (E^*): ($E^* = \frac{E}{\rho g}$).

A specifikus szilárdság és a specifikus merevség mértékegységére hosszúság adódik, amit km-ben célszerű kifejezni. A specifikus szilárdság úgy is értelmezhető, hogy az azonos keresztmetszetű anyag, rúd földi körülmények között milyen magasra (km) emelhető, amíg a saját súlyából adódó terhelés hatására elszakad (Free breaking length) (5. ábra).

Szakítóhossz értelmezése, a különböző anyagok súlya és keresztmetszetr vonatkoztatott szilárdsága



5. ábra

A szálak, hajlékony anyagokból (a szál fogalma jelenti; a keresztmetszethez viszonyítva a hossz számottevően nagyobb) készített szerkezetekkel a tömb anyagformához képest nagyobb szilárdság érhető el (6. ábra). A hajlékony anyagokból bonyolult térbeli struktúrák készíthetők, ami nagy előnyt jelent a korszerű, hatékony gyártástechnológiák területén.

Szerkezeti anyagok szál és tömb formájú szilárdsága

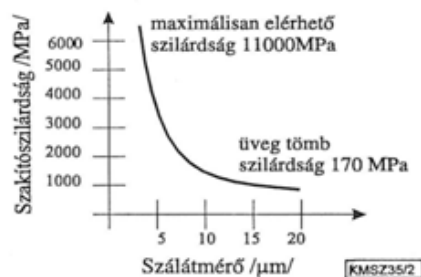
	Szén	Acél	Üveg	Polimer
Sűrűség	1.8 g/cm ³	7.8 g/cm ³	2.5 g/cm ³	1.0 g/cm ³
Szilárdság Szál forma	7.1 GPa	4.0 GPa	4.0 GPa	3.20 GPa
Szilárdság Tömb forma	0.1 GPa	1.4 GPa	0.5 GPa	0.03 GPa

6. ábra

Az amorf szerkezetű anyagok (üveg, bazalt, fém) esetén a szálak vékonyításával növelhetők a szilárdsági tulajdonságok. A vékonyítással a tömeghez viszonyított felület növekszik, ezáltal a lehűlés

egyenletesebb, az anyagban kevesebb hiba (repedés) keletkezik, ami a szilárdság növekedését eredményezi (7. ábra).

Üvegszál szilárdság-növekedése a vékonyítással

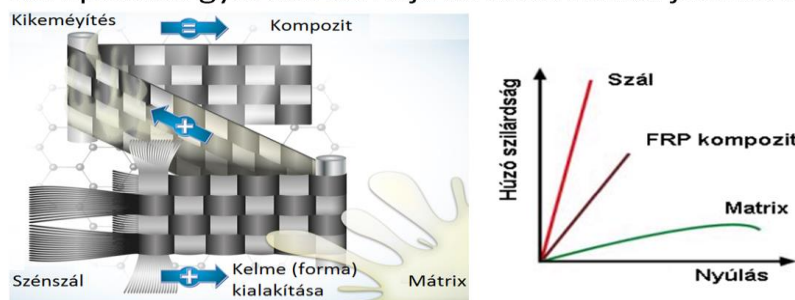


7. ábra

A polimerek megszilárdulási fázisában a nyújtással a láncmolekulák kiegyenesednek, ezáltal a szálak szilárdsága, merevsége növelhető, miközben a nyúlás csökken.

A nagy szilárdságú szálak a felhasználási, terhelési igényeknek megfelelően (irányítottan) fektethetők, amit a folyékony mátrixal átítatás után kikeményítenek. Az így készített új szilárd anyagban, ún. kompozitokban a lényegesen eltérő tulajdonságú komponensek előnyös tulajdonságai érvényesülnek, de elkülönülve maradnak (8. ábra).

Kompozitok gyártási sémája és mechanikai jellemzői



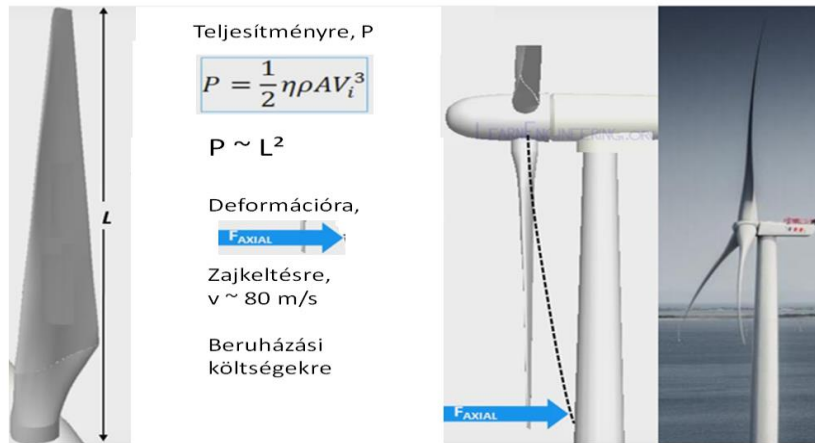
8. ábra

A kompozitok számos kiváló tulajdonságának köszönhetően kulcsfontosságú területeken széles alkalmazásra számíthatnak.

2. KOMPOZITOK A MEGÚJULÓ ENERGIA-TERMELÉSBEN

A **szélturbinák lapáthossz** növelésével a szélenergia hatékonyabb hasznosítása lehetséges. A lapát lapjára hatalmas nyomóerő a lapátot az oszlop irányába igyekszik deformálni (9. ábra).

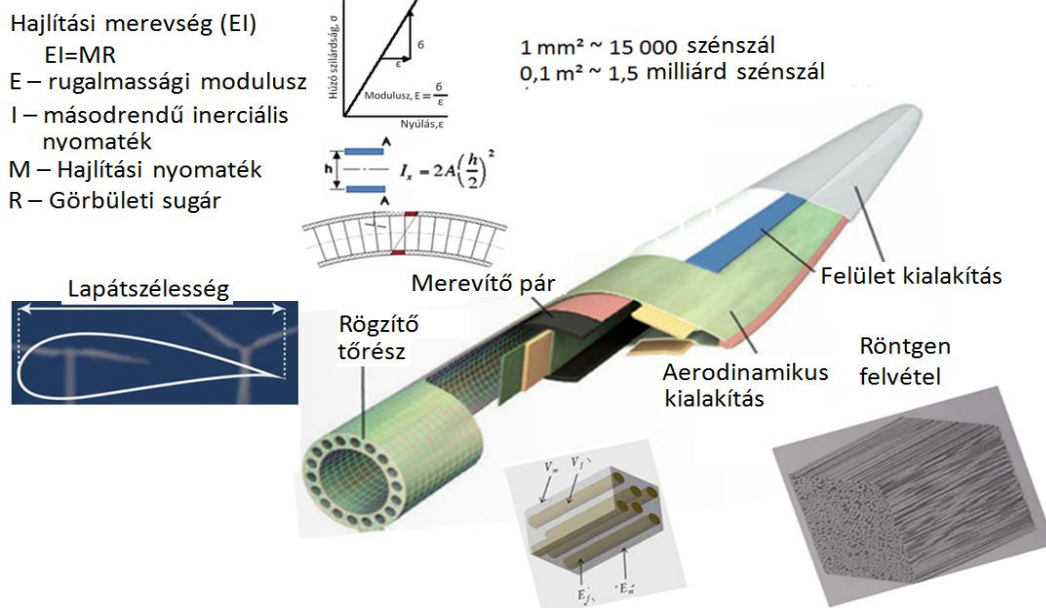
Turbinalapát hossz hatása:



9. ábra

A nagy merevségű unidirekcionális szánszál erősítésű kompozit teszi lehetővé a nagy lapáthossz ($L=123 \text{ m}$) elérését (10. ábra).

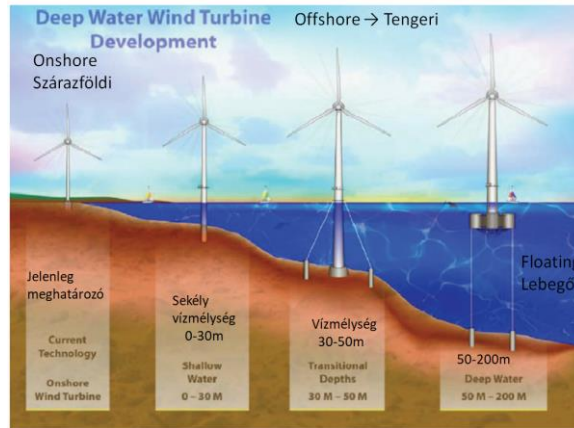
Nagy hajlítási merevségű UD szerkezetű merevítő tartópár



10. ábra

A tengerbe telepített nagy szélturbinákkal termelt villamos áram (~15%) ugyan kisebb a szárazföldi turbinák energia-termeléséhez viszonyítva (~85%), de növekedése gyorsabb ütemű (11. ábra).

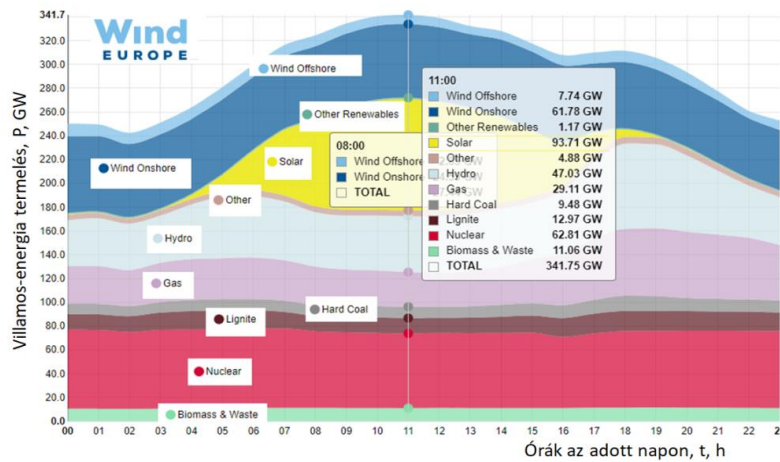
Szél-turbinák elhelyezése



11. ábra

A szél- és szolár energia-termelés az időjárástól, napszaktól és a földrajzi helyzettől is változik. Példaként a villamos energia-termelés forrásait adott nagra Európában a 12. ábra szemlélteti.

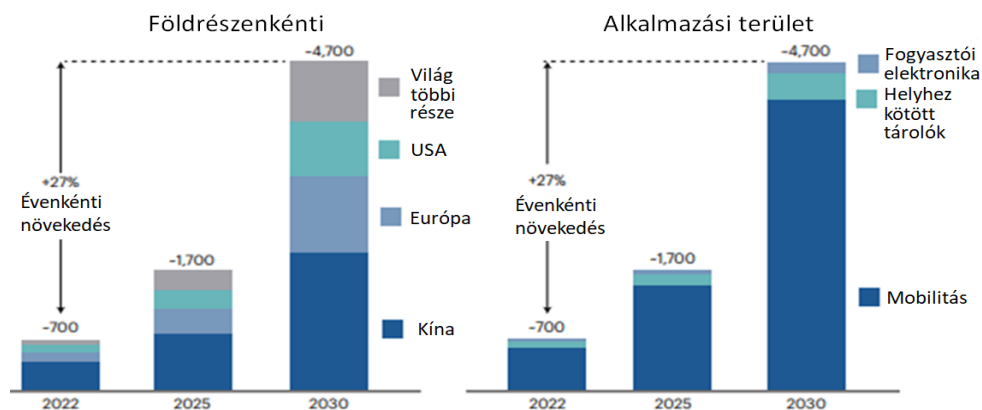
Európában adott nagra a villamos-energia termelés összetevői, P, GW



12. ábra

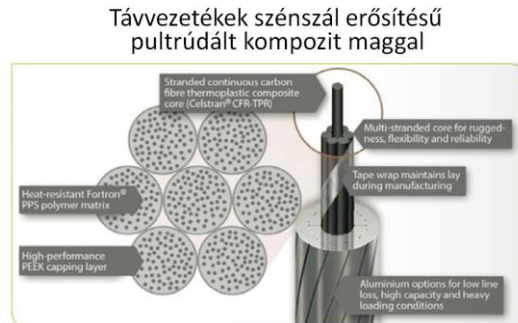
A villamos áram előállítás és fogyasztás közötti egyensúly megteremtésében az energiatárolás (lendítőkerekek, akkumulátorok, víztározók, sűrített levegő, hőtárolók, hidrogén tartályok) döntő fontosságú. A közúti járművek villamosítása terén a közeljövőben a Li-ion akkumulátorok fejlesztése, a kapacitás bővítés gyors ütemű fellendülése várható (13. ábra).

Li-ion akkumulátor igény, W, GWh



13. ábra

A nagyobb területre kiterjedő villamos hálózati rendszerek összekapcsolásával az áramingadozás részben mérsékelhető. A nagyfeszültségű hálózat kiépítése költséges (oszlopok távolsága, vezetékek belógása, terhelése). Az alumínium vezetékek magrészében a **pultrúdált szénzál erősítésű kompozittal** (nagy szilárdság, kicsi hőtágulási együttható) a meglévő problémák számottevően csökkenthetők (14. ábra).

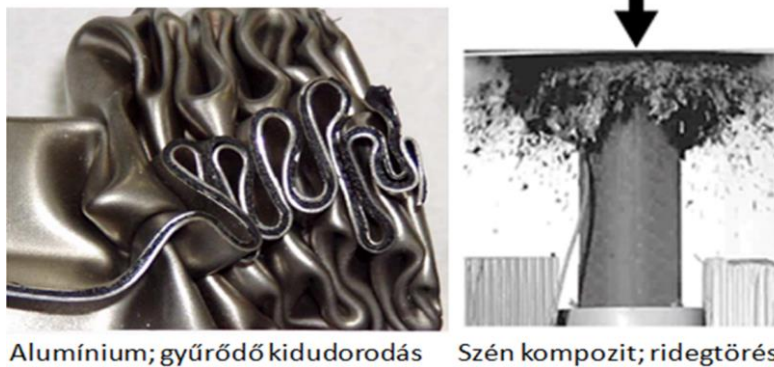


14. ábra

3. KOMPOZITIK A JÁRMŰ IPARBAN

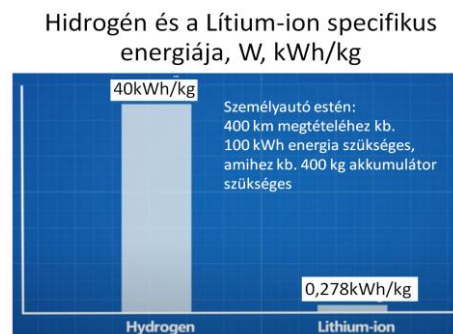
Járműveknél a biztonság, a súly- és az energia-fogyasztás csökkentése a meghatározó. A verseny és préríum kategóriájú autókban a CFRP anyagokat az ütközéskori energia egyenletes elnyelésre használják (15. ábra).

Ütközési energia elnyelése



Az elektromos hajtású autóknál az akkumulátor okozta súlynövekedés a könnyű kompozit karosszériával csökkenthető.

A **zöld hidrogén** (megújuló árammal a víz bontásával) az akkumulátorokhoz hasonlóan az energia tárolásában, az ingadozások mérséklésben egyre nagyobb jelentőségű. A hidrogén fajlagos energiája ugyan nagy, nagy nyomáson ($p=700$ bar) a sűrűsége kicsi ($\rho=40$ kg/m³) (16. ábra).



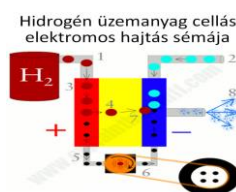
16. ábra

A gázhajtású járművek estén a nagy szilárdságú, könnyű tartályok szánkából tekerceselű kompozitokkal valósítható meg (17. ábra).



17. ábra

A hidrogén energiája égetéssel vagy üzemanyag cellával elektromos hajtással is hasznosítható. Az üzemanyag cellában a hidrogén és a levegő bevezetésére és a keletkező víz elvezetésére porusos szerkezetű elszénesített kelme szükséges (18. ábra).



18. ábra

A legújabb kutatások a hidrogén motorokban égetéssel való hasznosítására is kiterjednek, ami nem jár CO₂-kibocsátással.

A hidrogén hasznosítása ammónia gáz előállítására is ígéretes a gyorsan növekvő ammóniaigény fedezésére. Az ammónia gáz tárolása, szállítása egyszerűbben megoldható, így a megújuló energia-túltermelés is hasznosítható.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott kiragadott példák alapján belátható, hogy napjaink nagy kihívása, a biztonságos energia-ellátás és a hatékony energia-előállítás, hasznosítás területén elengedhetetlen a nagy teljesítményű szilárdságú kompozit anyagok használata. Napjainkban a hidro-, a szél- és a szolár megújuló energia-források elektromos áram teljesítménye 1-1-1 TW körüli. A korábbi évtizedekben a hidro-energia hasznosítás nagyrészt kiaknázott, emiatt növekedési üteme lassúbb. A szél- és a szolár megújuló elektromos energiatermelést dinamikus fejlesztik, növelik. A megújuló energiatermelés térségünkben a politikai helyzet bizonytalansága, a drasztikusan növekvő energia árak miatt is szükségszerűség.

Felhasznált irodalom

- [1] Steinmann: Carbon fibers: an overview on manufacturing, research and market ITA/RWTH Aachen University Mitteilungen 2015.
- [2] Szabó L. – Szabó R.: Kompozitok Magyar Textiltechnika 2014/4. p. 2-7.
- [3] T. Gries, – B.: Veiheilmann: Kombinierte Faserverbundstrukturen zum Aufprallschutz Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA)
- [4] Czvikovszky T. – Nagy P. – Gaál J.: A polimertechnika alapjai Műegyetemi Kiadó 2000. 455 p.
- [5] K. Durst: Faserverbunde im Automobilbau: Warum „leicht“ schwer ist Material 13. 10. 2009, München
- [6] Szabó R.: A könnyű a jövő XVII. ENELKO 2016. Kolozsvár, 2016. október 6-9. p. 146-151.
- [7] Szabó R. Szabó L.: Composite materials for wind turbine blades 9. International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources and Efficiency Szabadka, 2017. 03. 30. p.44-50.
- [8] Nemes Cs, Pomázi I.: Az akkumulátorok szerepe az energia-átmenetbe Magyar Energetika 2023/1.