

Fenntartható energetikai mozaik – a Gépészkar rejtett energiái



Imre Attila, 2024. november 13.



Az energetika napjainkban



Zöld energia



Megújuló energia



Fenntartható energetika



Energia hatékonyság



Az energetika napjainkban



Zöld energia

- károsanyag-kibocsátás mentes
- Utóbbi időben főleg GWP-gáz, mented, leginkább CO2



Megújuló energia

- újratermelődő, vagy folyamatosan “áramló” forrásból
- csak akkor jó, ha kevesebbet fogyasztunk, mint ami termelődik/áramlik



Fenntartható energetika

- mindig legyen elég energiánk
- de közben ne pusztítsuk el a környezetet/magunkat



Energia hatékonyság

- ami van, minél hatékonyabban használjuk fel
- akkor is, ha nem zöld vagy megújuló (a legkisebb rossz irányába mozogjunk)



Az energetika napjainkban



Zöld energia
Ami zöld, nem mindig fenntartható (ld. hidrogénbányászat, ahol jóval többet akarunk/fogunk kibányászni, mint amennyi újratermelődik)



Megújuló energia
Ami megújuló, még nem feltétlenül zöld és fenntartható, ha esetleg nagy károsanyag-kibocsájtással jár (pl. egyes nagy hidrogén-szulfid tartalmú biogázok)



Fenntartható energetika



Energia hatékonyság



Az energetika napjainkban



Zöld energia
Ami zöld, nem mindig fenntartható (ld. hidrogénbányászat, ahol jóval többet akarunk/fogunk kibányászni, mint amennyi újratermelődik)



Megújuló energia
Ami megújuló, még nem feltétlenül zöld és fenntartható, ha esetleg nagy károsanyag-kibocsájtással jár (pl. egyes nagy hidrogén-szulfid tartalmú biogázok)



Fenntartható energetika

Fenntartható energetika: legyünk már most is annyira energiahatékonyak, amennyire csak tudunk, még akkor is, ha nem zöld és/vagy megújuló forrásokat használunk. A végső cél egy megújuló energiaforrásokra épülő, károsanyag kibocsájtás-mentes (zöld) energetika. Az energiahatékonyág még ekkor is fontos lesz, mert a megújulók kinyerése valamekkora terhet fog jelenteni (pl. napelemekkel fedett termőföldek), ezt minimalizálni kell.



Energia hatékonyság



- ATEV zsírtüzelés 2002-2006



- Kergemarha-kór miatt állati zsír felhalmozódása
- Égők átalakítása a hulladék zsír eltüzelésére

Megújuló (mint minden biomassza), zöld (csak annyi CO₂ megy ki, amennyi korábban az állatok táplálékában a légkörből megkötődött); nem fenntartható (a nagyüzemi állattenyésztés a forrás) a felhasználás akár energiahatékony is lehet...valami mégsem tetszik (pl. CO₂ mellett más káros anyagok, pl. NO_x kibocsájtás)!



- ATEV zsírtüzelés 2002-2006

Hogyan lehet jobbá tenni!



- Kergemarha-kór miatt állati zsír felhalmozódása
- Égők átalakítása a hulladék zsír eltüzelésére

Megújuló (mint minden biomassza), zöld (csak annyi CO₂ megy ki, amennyi korábban az állatok táplálékában a légkörből megkötődött); nem fenntartható (a nagyüzemi állattenyésztés a forrás) a felhasználás akár energiahatékony is lehet...valami mégsem tetszik (pl. CO₂ mellett más káros anyagok, pl. NO_x kibocsájtás)!



- ATEV zsírtüzelés 2002-2006



- Kergemarha-kór miatt állati zsír felhalmozódása
- Égők átalakítása a hulladék zsír eltüzelésére

Megújuló (mint minden biomassza), zöld (csak annyi CO₂ megy ki, amennyi korábban az állatok táplálékában a légkörből megkötődött); nem fenntartható (a nagyüzemi állattenyésztés a forrás) a felhasználás akár energiahatékony is lehet...valami mégsem tetszik (pl. CO₂ mellett más káros anyagok, pl. NO_x kibocsájtás)!

Hogyan lehet jobbá tenni!

- Nem a zsírt égetni, hanem pirolízissel jobb tüzelőanyagokat készíteni (PIACI KFI projekt; ezt bármilyen szerves anyaggal meg lehet csinálni, akár PET-palackokkal is.)



- ATEV zsírtüzelés 2002-2006



- Kergemarha-kór miatt állati zsír felhalmozódása
- Égők átalakítása a hulladék zsír eltüzelésére

Megújuló (mint minden biomassza), zöld (csak annyi CO₂ megy ki, amennyi korábban az állatok táplálékában a légkörből megkötődött); nem fenntartható (a nagyüzemi állattenyésztés a forrás) a felhasználás akár energiahatékony is lehet...valami mégsem tetszik (pl. CO₂ mellett más káros anyagok, pl. NO_x kibocsájtás)!

Hogyan lehet jobbá tenni!

- Nem a zsírt égetni, hanem pirolízissel jobb tüzelőanyagokat készíteni (PIACI KFI projekt; ezt bármilyen szerves anyaggal meg lehet csinálni, akár PET-palackokkal is.)
- Szerves anyagokból termikus bontással szintézisgáz is készíthető (vegyipari alapanyag), vagy "barna" hidrogén (plusz sok CO₂). A hidrogén használható később üzemanyagként, közlekedésben (MENL – közúti töltők).



- ATEV zsírtüzelés 2002-2006



- Kergemarha-kór miatt állati zsír felhalmozódása
- Égők átalakítása a hulladék zsír eltüzelésére

Megújuló (mint minden biomassza), zöld (csak annyi CO₂ megy ki, amennyi korábban az állatok táplálékában a légkörből megkötődött); nem fenntartható (a nagyüzemi állattenyésztés a forrás) a felhasználás akár energiahatékony is lehet...valami mégsem tetszik (pl. CO₂ mellett más káros anyagok, pl. NO_x kibocsátás)!

Hogyan lehet jobbra tenni!

- Nem a zsírt égetni, hanem pirolízissel jobb tüzelőanyagokat készíteni (PIACI KFI projekt; ezt bármilyen szerves anyaggal meg lehet csinálni, akár PET-palackokkal is.)
- Szerves anyagokból termikus bontással szintézisgáz is készíthető (vegyipari alapanyag), vagy “barna” hidrogén (plusz sok CO₂). A hidrogén használható később üzemanyagként, közlekedésben (MENL – közúti töltők).
- **Lehetne zöld a hidrogén? Plazmabontás, szénhidrogénekből (türkiz) hidrogént és szilárd szenet állítunk elő. A szén felhasználható később akkumulátorok elektródjaként, de akár el is ásható, légkörbe nem kerül vissza, azaz nem karbon-semleges, hanem karbon-negatív lesz (CO₂ kvóta javítható).**



- ATEV zsírtüzelés 2002-2006



- Kergemarha-kór miatt állati zsír felhalmozódása
- Égők átalakítása a hulladék zsír eltüzelésére

Megújuló (mint minden biomassza), zöld (csak annyi CO₂ megy ki, amennyi korábban az állatok táplálékában a légkörből megkötődött); nem fenntartható (a nagyüzemi állattenyésztés a forrás) a felhasználás akár energiahatékony is lehet...valami mégsem tetszik (pl. CO₂ mellett más káros anyagok, pl. NO_x kibocsájtás)!

Hogyan lehet jobbá tenni!

- Nem a zsírt égetni, hanem pirolízissel jobb tüzelőanyagokat készíteni (PIACI KFI projekt; ezt bármilyen szerves anyaggal meg lehet csinálni, akár PET-palackokkal is.)
- Szerves anyagokból termikus bontással szintézisgáz is készíthető (vegyipari alapanyag), vagy “barna” hidrogén (plusz sok CO₂). A hidrogén használható később üzemanyagként, közlekedésben (MENL – közúti töltők).
- Lehetne zöld a hidrogén? Plazmabontás, szénhidrogénekből (türkiz)hidrogént és szilárd szenet állítunk elő. A szén felhasználható később akkumulátorok elektródjaként, de akár el is ásható, légkörbe nem kerül vissza, azaz nem karbon-semleges, hanem karbon-negatív lesz (CO₂ kvóta javítható).
- Ha a hidrogént csak később akarjuk felhasználni, akkor jobban tárolható, ha kémiai megkötjük a hidrogént (nemcsak ezt, a vízbontásból származót is), pl. CH₄ vagy NH₃ formájában (P2G), majd ilyen formában hasznosítjuk (MENL).



Ipari megbízások – ízelítő a sok közül

- **Zöldláng** Biomassza gázosító
- Sága Foods telephely energetikai átvilágítása
- **Paksi Atomerőművel** kapcsolatos munkák (üzemidő hosszabbítással kapcsolatos vízüzemi és korróziós problémák; turbinalapátok csepp-eróziója miatti problémák vizsgálata, 1-2. blokki dízelgenerátorok teljesítménynövelésének tanulmányozása)
- **Oroszlányi erőmű** átalakítása SRF tüzelésre
- **Polgári gumihulladék égető mű** helyreállítás szakértése
- MÁV-TRAKCIÓ Zrt. M47 sorozatú remotorizált mozdonyának emissziós mérése
- Kohógáz alsó és felső robbanási (gyulladás) határának meghatározása a **TÜKI Tüzeléstechnikai és Kutató Fejlesztő Zrt**-nek.
- **NKM Áramhálózati Kft.**: „Kétkomponensű üzemanyaggal üzemeltetett gázmotorok felhasználásának lehetőségei” kutatása
- Oxy-fuel ($\text{CO}_2\text{-CH}_4\text{-O}_2$) tüzelőanyag vizsgálata kísérleti gázmotorban
- **AUDI Hungaria** - munkák
- Gőzturbinás szakértések - **ISD Power Kft**
- Parlament energetikai felújítása, más karokkal és tanszékekkel (**Óbuda-Újlak**)



AUDI fékpad



Pannon hőerőmű

- Magyarország legnagyobb biomassza tüzelésű fűtőerőműve
- Cél: optimális teherelosztási modell készítése
- kifejlesztett rendszer nem csak klasszikus terheléselosztást végzett, de üzemviteli-stratégiai kérdésekben is tett javaslatot



Hagyományos energetika



Szalámi-projekt (Pick)

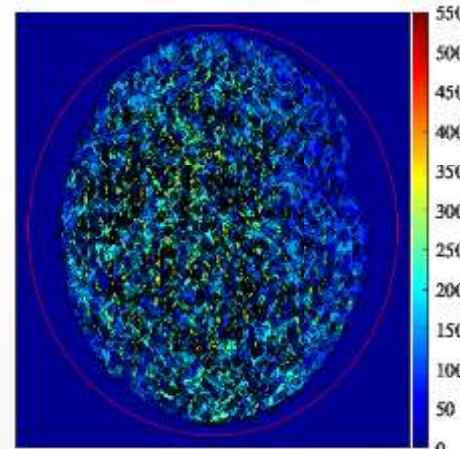
Füstgenerátor kutatás-fejlesztése

- új vizsgálati módszer kidolgozása
- a füst komponenseinek szalámira gyakorolt hatásainak elemzése.
- értékelési módszer kidolgozása, ami segít a további eljárások kifejlesztésében

*Kevésbé hagyományos,
nemcsak energetika!*

Modell alapú szalámiérlelési program kidolgozása, tesztelése

- a tanszék kutatói elkészítették a szalámi termodinamikai modelljét : érlelési program tervező algoritmusának 1%-os pontossággal becsüli a kamrában érlelt termékek tömegfogyását
- 90 napos modell alapú folyamatvezérlés.



Hideg és meleg tárolás

- hőtárolós rendszer kidolgozása
- optimális üzemviteli stratégia mellett adott igények, korlátozó és kényszerfeltételek esetén lehet képes fajlagos villamosenergia-ár csökkentésére



K+F projektek



Nagykapacitású és/vagy szezonális hő- és villamosenergia-tárolás – NKFIK projektek

Ideona-projekt (Ideona-Pannon-BME)

A vanádium-redox akkumulátorok hálózati szerepének vizsgálata a naperőmű szabályozásban

- termikus viselkedés
- töltési-kisütési ciklusok vizsgálata
- egyéb alkalmazhatósági területek

Mindkét projektben együttműködünk a VIK Villamosenergetika Tanszékkel és a FIEK Zéró Karbon Központtal!

Tesseract-projekt (MVM-Pannon-HUN-REN EK – BME)

Innovatív megközelítésű Li-ion technológiától eltérő, azt kiegészíteni képes, illetve azzal együttműködő javaslatok támogatása az elektrokémiai energiatárolási technológiák életképes piaci megjelenése érdekében

- magas hőmérsékletű, 1,4 MWh/200 kW nátrium-kén akkumulátorok rendszerbe integrálása.
- termikus viselkedés
- töltési-kisütési ciklusok vizsgálata



Nagykapacitású és/vagy szezonális hő- és villamosenergia-tárolás – NKFIK projektek

Power-to-Gas - Szezonális energiatárolásra alkalmas metanizáló berendezés fejlesztése (Pannon-BME-Dél-zalai Vízmű)

- hidrogén átalakítása hosszú távú tárolásra és könnyű felhasználásra (szintetikus metán)
- Biogáz CO₂ tartalmának átalakítása (“dúsítás”, földgáz-minőségűvé)

Ld. az Energiagazdálkodás megfelelő különszámait

Mindkét projektnél szoros együttműködésben már GPS-s tanszékekkel, valamint a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karral.

“Hulladékhő tárolására és szállítására alkalmas hőtároló egység kifejlesztése”

– Hő-hajó (Thermofoam, Heatventors, IMSYS, MAHART, Pannon, HUN-REN TTK és BME)

- hulladékhő-hasznosítás mobil hőkonténerekkel
- hőtárolás fázisváltó anyagokban
- kiterjeszhető geotermális/petrotermális hőforrások szélesebb körű hasznosítására.

Ld. az Energiagazdálkodás megfelelő különszámát

Alapkutatósi(bb) projektek



Megújuló Energiák Nemzeti Labor (NKFIH)

Hidrogén tüzelési tulajdonságainak vizsgálata

- Hidrogén-ammónia, hidrogén-földgáz elegyek vizsgálata (CFD)
- Emissziós vizsgálat

Hidrogén felhasználás vizsgálata

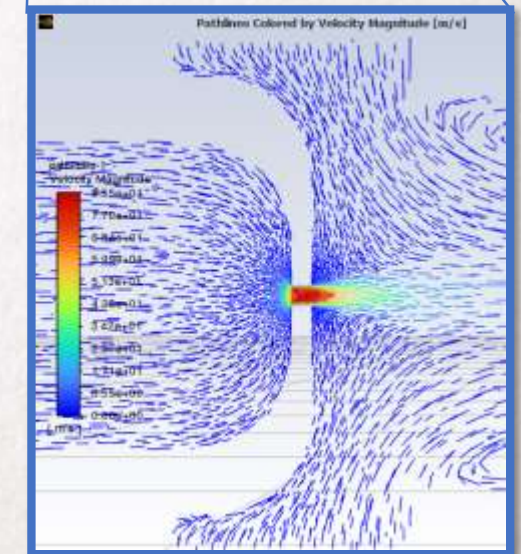
- Házi tüzelőberendezések átalakítása (egy korábbi ipari projektre építve), hidrogén földgázba bekeverési vizsgálat injektoros égők esetén

Hidrogén-labor

- Üzemanyagcellás vizsgálatok
- Üzemanyagcella-fejlesztés-tesztelés
- Oktatás!

Hidrogén felhasználás vizsgálata

- Házi tüzelőberendezések átalakítása (egy korábbi ipari projektre építve), hidrogén földgázba bekeverési vizsgálat injektoros égők esetén



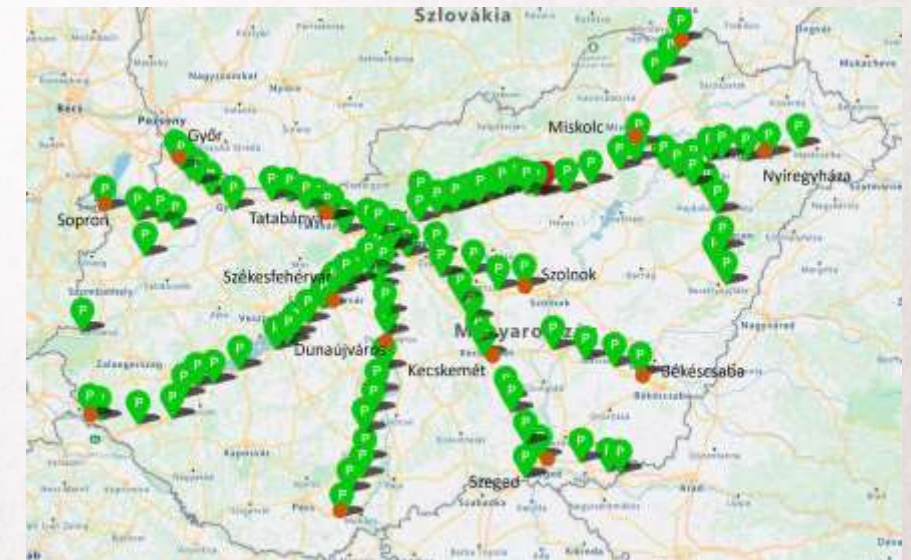
BME-n belül: két kar – három tanszék.



Megújuló Energiák Nemzeti Labor (NKFIH)

Közúti üzemanyag-töltő állomásokkal kapcsolatos vizsgálatok

- Megfelelő telepítési helyek keresése (forgalom-analízissel)
- On-site (helyileg termelt) hidrogénes megoldások vizsgálata (a szállítással kapcsolatos problémák megoldására)
 - Napenergia-alapon – még mindig kell rövid (napon belüli – pár napos) tárolás
 - Geotermikus alapon, kisebb töltőállomásokhoz akár egy 400 kW-os geoterm kiserőmű is elég lenne (vízbontással) elég hidrogént termelni.
 - Energetikailag legoptimálisabb: biogázból, plazmabontással (harmad-negyedannyi villamosenergia-szükséglet, mint vízbontásnál), geotermikus kiserőműre támaszkodva – biogáztelep+geotermikus kút, speciális telepítési helyek.



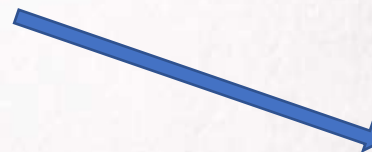
MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program – Fenntartható Technológiák Alprogram – Energiaellátás Biztonsága (MTA)

- Tanszéki szintű + együttműködés a TTK NTI-vel
- Téma: Az energiaellátás biztonságának növelése széndioxid-kibocsájtás mentes hőforrások (geotermikus hő, hulladékhő, naphő, biomassza-bomláshő) hatékony villamosenergetikai és fűtési célú hasznosításával:

- Alacsony hőmérsékletű hőforrások alkalmazhatósága villamosenergia-termelésre
- Hulladékhő kinyerés motorokból és egyéb berendezésekből
- Környezetvédelem, LCA
- Csatolt fűtési-hűtési és villamosenergetikai hasznosítások
- Naphő, hulladékhő tárolás és szállítás
- Általános energetikai problémák, a rendszerbe illeszthetőség vizsgálata más megújulók figyelembevételével
- Hőtárolás és kapcsolódó alap kutatási problémák.



Geotermikus kiserűműves villamosenergia-termelés (hazai potenciál 200-1000 MW), ORC-fejlesztés



Kapcsolódás ipari projektekhez.



Mobil és rögzített hőtárolók



Futó alapkutató (OTKA – NKFIH) pályázatok

- Erőművi póttápvíz környezetbarát és energiahatékony előállítása (2022-2026)
- Térfogati égés optikai vizsgálata (2021-2025)
- Kapcsolt problémák a nemegyensúlyi termodinamikában (2020-2024)
- Napelem termelés előrejelző algoritmusok fejlesztése (2022-2026)



Igényvezérelt oktatási kompetencia-változások

- MSc-s Geotermikus Energiahasznosítás tantárgy elindítása (ipari partnerrel közösen)
→ Hamarosan szakmérnök/szakemberképzés indítása
- MSc-s Hidrogénenergetika tantárgy elindítása, hidrogénenergetikai oktatási labor kiépítése (ipari partnerrel közösen)
→ Hamarosan szakmérnök/szakemberképzés indítása
- Hűtéstechnikai szakmérnök-képzés elindítása
- MSc-s szinten akkumulátoros energiatárolás erőteljesebb oktatása
→ Hamarosan szakmérnök/szakemberképzés indítása
→ KIM-mel tárgyalások különböző akkumulátoros képzések beindításáról (koreai partnerekkel)

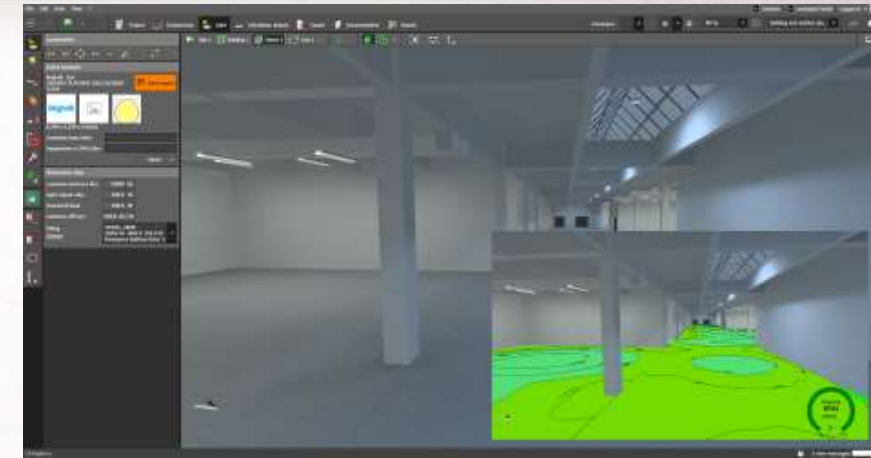


Összefoglalás

- A tanszéken felhalmozódó elméleti tudás iparban történő megjelenése mindig fontos szerepet töltött be a tanszék életében.
- A sikeresen elvégzett munkák több szinten is erősítették a különböző cégekkel fennálló kapcsolatainkat és további munkákat eredményeztek.
- Ezen ipari eredmények oktatásba átszivárgó tudása növelte hallgatóinknál az elmélet és gyakorlat közti kapcsolat megértését, ezzel emelve az oktatás színvonalát.

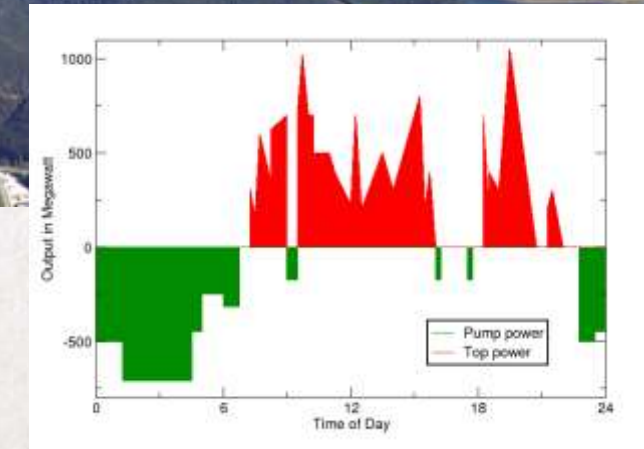
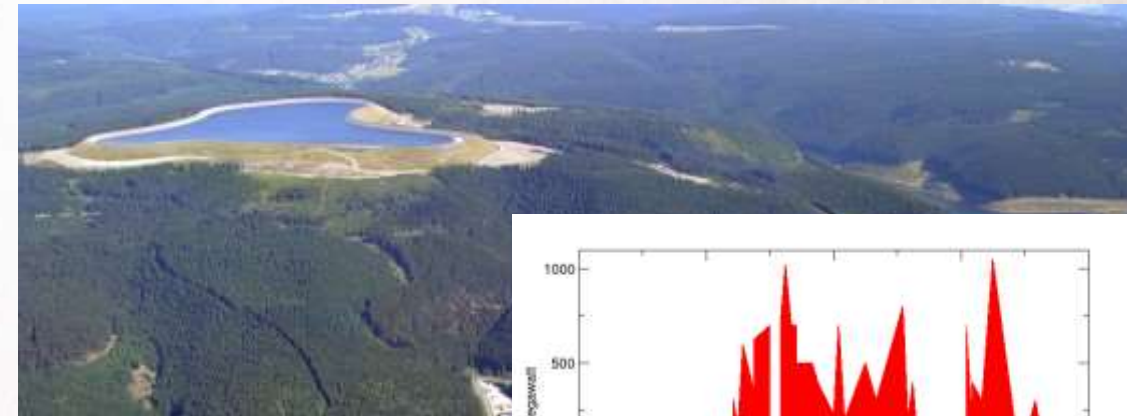
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék – MOGI

Megvilágítások és megvilágított felületek
fényhatásfokának energetikai jellegű javítása.



Hidrodinamikai Gépek és Rendszerek Tanszék- HDR

- Vízerőhasznosítás
- Szivattyús tározós erőművek
- Áramlástechnikai rendszerek energetikai optimalizálása
- Áramlási ellenállás csökkentése innovatív módszerekkel
- Vegyipari folyamatok energiaigényének csökkentése szonokémiai módszerekkel.



Áramlástan Tanszék - ÁT

- Áramlástechnikai gépek fejlesztése, a fejlesztés támogatása szimulációs technikákkal.
- Komplex (áramlástechnikai) rendszerek működésnek tervezése, optimalizációja és diagnosztikája.
- Szennyezőanyagok terjedésnek vizsgálata szimuláció és szélcsatornamérések segítségével.
- Széltehervizsgálatok szélcsatornában; minden, ami szél!



Nagyhatásfokú ventilátorcsalád fejlesztése.

Gép- és Terméktervezés Tanszék – GT3

- Gépszerkezeti elemek és mechanikus hajtások energetikai szempontból való optimalizálása.
- Erőművi berendezések, szerkezeti elemek numerikus vizsgálata, optimalizálása.



Gyártástudomány és -technológia Tanszék – GTT

Gyártási folyamatok energiaigényének csökkentése:

- Mesterséges Intelligencia alapú prediktív modellfejlesztés
- optimális anyagmozgatás- és layout-tervezés
- folyamatmonitorozás és -optimalizálás
- optimális szerszám-pálya-tervezés
- energiatakarékos hűtés-kenés révén.

Műszaki Mechanika tanszék – MM

- kerekek és járművek dinamikája
- rezgések, törésmechanika
- szerkezetek mechanikája
- termomechanika



Anyagtudomány és Technológia Tanszék - ATT

- Erőművi szerkezeti anyagok vizsgálata
- Fémhabok vizsgálata hőcserélőkhöz (EGR-rel)

Polimertechnika Tanszék - PT

- Bipoláris lemez fejlesztés üzemanyagcellákba (MENL)
- Újrahasznosítás (PET, gumi, stb...)
- Akkumulátor-ház fejlesztése
- Energiatakarékos LED lámpa kifejlesztése
- Újgenerációs napelem fejlesztése



Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék - ÉPGET

- Energiahatékony új épületek és épületgépészet, épületkorszerűsítés, épületgépészeti energetika, épületbe integrált megújuló energiaforrások, épületek dinamikus szimulációja, épületállomány modellezés, üzemeltetés optimalizálás, okos mérés és adatfeldolgozás
- Vegyipar energiaellátása, az egyes műveletek hő- és hidegenergiával való hatékony ellátása, hőintegráció, technológiai folyamatszimuláció és optimalizálás

Ld. a következő előadást!



Természettudományi Kar - TTK

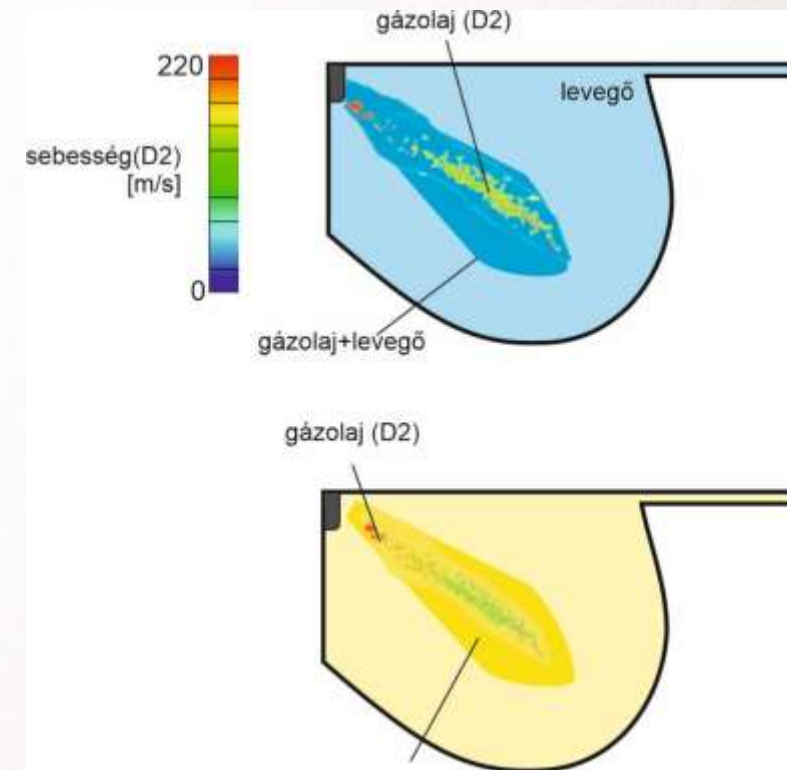
- Nukleáris Technikai Intézet
 - Atomerőművi technológiák, atomerőművek biztonsága, biztonsági elemzések
 - Kis moduláris reaktorok és azok infrastruktúra-feltételei; új atomerőművi projektek
 - Reaktorfizika, termohidraulika, reaktortechnika, sugárvédelem, nukleárisüzemanyag-ciklus
 - Energiapolitikai tanulmányok, energetikai forgatókönyvek és villamosenergia-piacok elemzése
 - Atomerőművek villamosenergia-rendszerbe integrálása, rugalmas működés
 - Fenntarthatóság és atomenergia
- Fizikai Intézet
 - Új típusú energiatárolók fejlesztése (alapkutatás)
 - Napelemek továbbfejlesztése
- Matematika Intézet
 - Adattudomány, adatbányászat, adatfeldolgozás. Hálózattudományi vizsgálatok.
 - Mesterséges intelligencia kutatások és alkalmazások.



Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar - KJK

BME Jövő Üzemanyagai Kutatócsoport – Hidrogén kutatások

- Tüzelőanyag-cellában
 - Saját üzemanyagcella modellezés – Matlab Simulink környezetben, hatótávbecslésre
 - Kereszt-validálás GT Suit környezetben
 - Ipari kooperáció – Toyota CE
 - Járműves validáció
- Kettős tüzelőanyagú rendszer (belső égésű motor)
 - Keveredés vizsgálata
 - Különböző összetételek vizsgálata
- Szintetikus üzemanyagok
 - AI támogatott üzemanyag formulázás
 - Fejlett alacsony széndioxid kibocsátású alternatív üzemanyagok égés- és tárolás optimalizációja



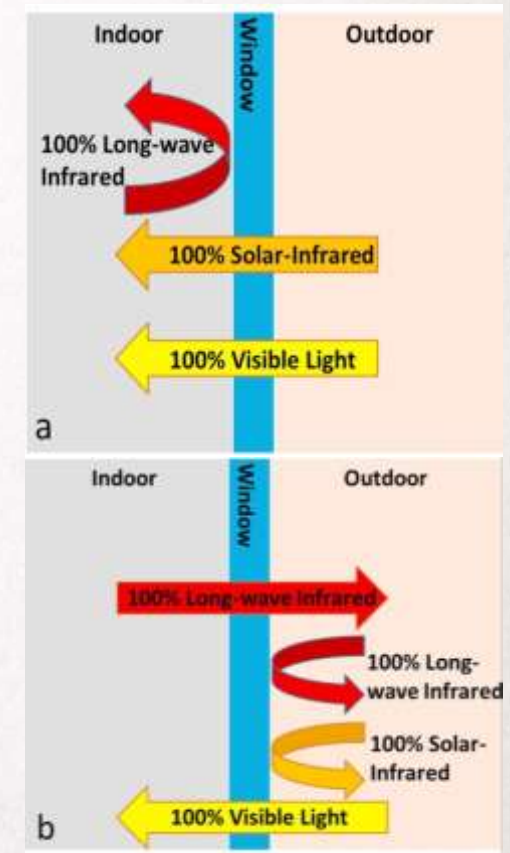
A keveredési folyamat a hagyományos és a kettős tüzelőanyagú rendszer esetén



Elektromobilitáshoz kapcsolódóan: “Second-life battery” hasznosítás!

Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar - VBK

- Szelektív, fényáteresztő bevonatok fejlesztése hatékonyabb energiatermelés és energiamegtakarítás céljából különböző anyagú (szilícium, üveg és polikarbonát) hordozókon; szilícium napelemek frekvencia-szelektív védőburkolat-fejlesztése.
 - Adszorpciós gáztárolás mobil eszközökben (pl. nagynyomású földgáz biztonságos, illetve a cseppfolyós üzemanyagokhoz képes kevesebb energiát igénylő tárolása).
 - Kémiai hő (energia) tárolás: exoterm adszorpció – endoterm deszorpció.
 - Különböző, akkumulátor-technológiához kapcsolódó kutatások
 - Nukleáris energiatermeléshez kapcsolódó technológia fejlesztések, elsődlegesen izotóptechnikai és környezetvédelmi területén.
- Radiokaktiv anyagok eltávolítására alkalmas módszerek fejlesztése.



Wang, J. et al., Applied Energy 2017, 208, 83–96.

Építőmérnöki Kar - ÉMK

- Erőművek építésével kapcsolatos problémák
- Vízenergia – erőművek, szivattyús energiatárolók

Építészmérnöki Kar - ÉPK

- Épületenergetika
- Passzív házak
- Okos épületek

Gazdasági és Társadalomtudományi Kar - GTK

- A fenntarthatóság gazdasági és társadalmi vonatkozásai
- Beruházások megtérülése
- Zöld gazdaság, green finance

Villamosmérnöki és Informatikai Kar - VIK

- Kb. minden, kivéve egyes speciális villamosenergia-előállítási és tárolási területet.....



Köszönöm a figyelmet!

imreattila@energia.bme.hu
info@energia.bme.hu
<https://www.energia.bme.hu/>