



Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte

IV Pasaules latviešu zinātnieku kongress Rīga, 18.-20.06.2018

Šeit top
veiksmīgas karjeras

Latvija
100 

Ūdeņradis enerģētikā un transportā

Aigars Laizāns

LLU EI profesors,
Dr.sc.ing., MBA





Kādēļ domāt par ūdeņraža enerģētiku?

virtuallatvia.lv

Latvijas galvenie resursi:

- Zeme;
- Meži;
- Ūdeņi
- Intelekts un gara spēks



Enerģija ikdienā

Gudra enerģijas lietošana ļauj slinkot...

Enerģijas patēriņš pasaulē
2017.gadā bija 163 401 TWh gadā
($1.63 \cdot 10^{14}$ kWh).

Tiek prognozēts, ka 2040.gadā tas
pieaugs par gandrīz 35%,
sasniedzot 220 000 TWh gadā,
galvenokārt uz ne-EDSO valstu
rēķina.

Latvijā enerģijas patēriņš
2016.gadā bija 51,28 TWh ($5.128 \cdot 10^{10}$ kWh).



Enerģija ikdienā

Gudra enerģijas lietošana ļauj slinkot... Ne īpaši gudra – dod papildus darbu... Un var radīt atkarību ...

Ievērojama daļa (2015.gadā - 51.2%) Latvijā izmantoto energoresursu ir importēti.

2016.gadā patērētas **1 464 000** tonnu naftas produktu un 71 tūkst.t. akmeņogļu.

Darbs gan piegādātājiem, gan uzglabātājiem, gan pārveidotājiem, gan **sakopējiem**...

Liela daļa importa – fosilie energoresursi (netieši - pat elektrība!).

Atkarība:

- sociālā,
- ekonomiskā,
- politiskā, u.c.





Enerģija ikdienā

Cilvēce - veiksminieki

Šībrīža galvenais enerģētikas resurss pasaulē ir dažādas kvalitātes fosilie ogleņūdeņraži – dabas gāze, nafta un akmeņogles.

Izmantošanas «prasme» – oksidējot... (vai cilvēces bērnība?)



Enerģija ikdienā

Sākam «pieaugt»

Tikai pēdējos simts gados esam sapratuši acīmredzamu faktu – šie resursi ir izsmejami (galīgi).

Mūsu «prasme» nav ilgtspējīga (nemaz nerunājot par ietekmi uz vidi un tai sekojošām klimata izmaiņām).



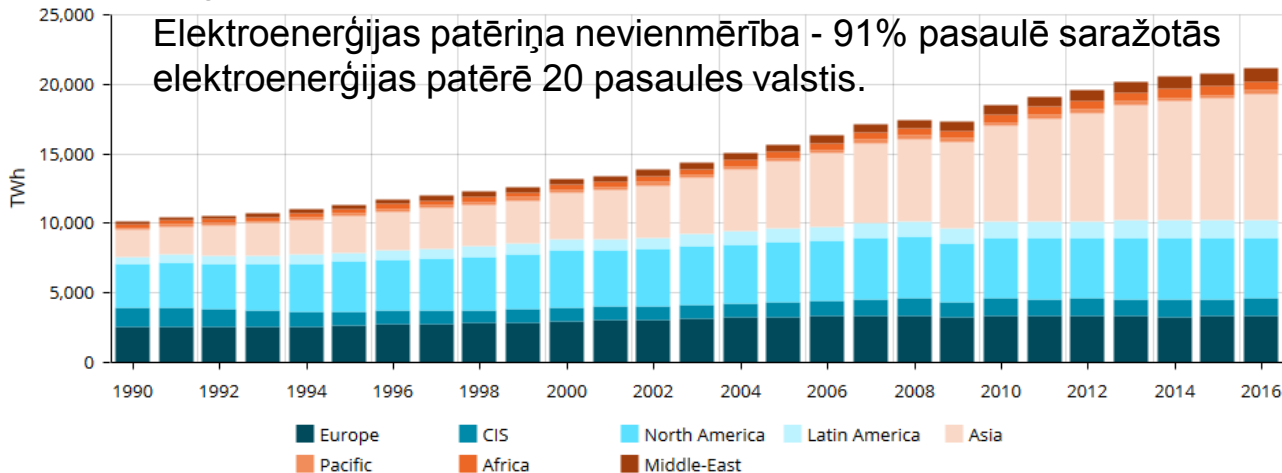
Enerģija ikdienā

Sākam «pieaugt» - elektrība

Arvien plašāka elektroenerģijas lietošana tautsaimniecībā (2016.gadā tās proporcija kopējā pasaules energobilancē bija 15% jeb 24816,4 TWh).

Aug elektrotransporta izmantošanas intensitāte.

Elektroenerģijas patēriņa nevienmērība - 91% pasaulē saražotās elektroenerģijas patērē 20 pasaules valstis.





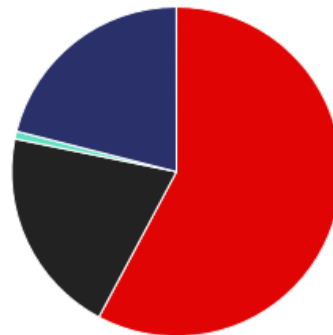
Enerģija ikdienā

Elektrība - iespēja

Latvijā 2017.gadā neto patērētas **7,282 TWh** elektroenerģijas.

Vietējā ģenerācija 2017.gadā nosedza Latvijas elektroenerģijas patēriņu **101% apmērā**.

Latvijā saražotās elektroenerģijas bilance 2017. gadā



- Hidroelektrostacijās
- Termoelektrostacijās
- Pārvadei pieslēgtās vēja elektrostacijās
- Atjaunīgie un atbalstāmie elektroenerģijas ražotāji ar uzstādīto jaudu līdz 10MW



Enerģija ikdienā

Elektrība - iespēja

Elektroenerģijas izmantošanas galvenie ieguvumi:

- Protam iegūt no citiem enerģijas veidiem;



- Ekoloģiskums
- Salīdzinoši vienkārša pārvade no ražošanas vietas uz izmantošanas vietu un tālāka sadale pa objektiem,
- iespēja nodrošināt augstas kvalitātes automatizāciju un efektīvu izmantošanu,
- iespēju no tās iegūt citus nepieciešamos enerģijas veidus – mehānisko enerģiju, siltumenerģiju, starojumu (gaismu), u.c.

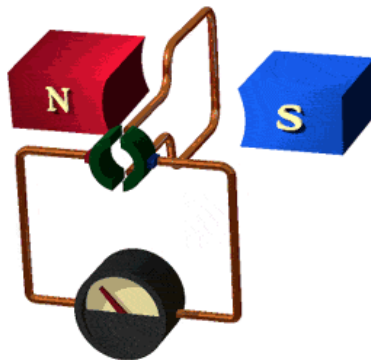


Enerģija ikdienā

Elektrība - problēmas

Elektroenerģijas izmantošanas galvenie trūkumi:

- Bīstama, jo mūsu maņu orgāni to neuztver:
- Jāpatērē ieguves brīdī (kinētiskās enerģijas izmantošana ieguvē)
- Neprotam efektīvi uzkrāt kinētisko enerģiju (supravadītāji), krājam potenciālo enerģiju (kondensatori)
- Visi citi **it kā** elektroenerģijas uzkrāšanas veidi ir enerģijas konversija – akumulatoru baterijās tā ir ķīmiskā reakcija, spararatu un uzpludinājumu risinājumos tā ir mehāniskā enerģija, u.t.t.



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ H_2 ?

Visumā visizplatītākais elements – 80%

Planētas Zeme (?) virsma 71% platībā ir pārklāta ar ūdeni – vielu, kuras sastāvā ir 11% ūdeņraža, ir 1.386 miljardi km^3 ūdens.

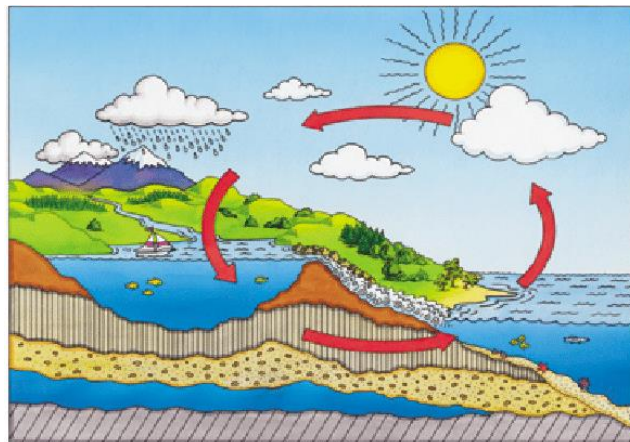
Protam pietiekoši efektīvi nodrošināt reakcijas divvirzīņu darbību:



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ H₂?

- Ūdeņraža reakcijas produkts ar skābekli ir ekoloģiski nekaitīgs – tas ir ķīmiski tīrs ūdens
- Energoneatkarība: fosilie resursi – lokāli un izsmeļami, ūdens – praktiski visur, un atjaunīgs (ūdens aprīte dabā, ko nodrošina Saule).
- No centralizētas uz decentralizētu energoapgādi – katrs, kam ir pieejams ūdens un kinētiskā enerģija, var iegūt ūdeņradi, uzkrājot enerģiju.



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ H_2 ?

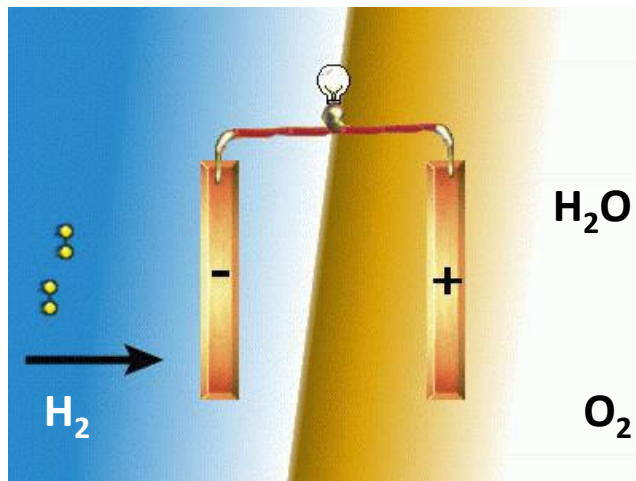
- Cilvēce jau šobrīd izmanto ūdeņradi enerģijas ieguvei – tā savienojumus (galvenokārt ar oglekli C), to tieši neapzinoties.
- Fosilajā kurināmajā (ogļūdeņražos) atkarībā no molekulārā sastāva ir dažāds ūdeņraža daudzums, piemēram, metānā CH_4 tas ir 25% pēc masas.
- Tomēr C lietošana sāk traucēt dzīvot uz Zemes – siltumnīcas efekts...



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ H_2 ?

- Ūdeņraža izmantošanai elektroenerģijas iegūšanai ir izveidotas modernas, augsti efektīvas iekārtas – degvielas šūnas (Fuel Cells), kuru efektivitāte elektroenerģijas ieguvē pārsniedz **75%**.
- Salīdzinājumam koģenerācijā izmantotajai iekšdedzes dzinēja – elektroģeneratora sistēmai efektivitāte elektroenerģijas ieguvē nepārsniedz **13-20%**.



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ H₂?

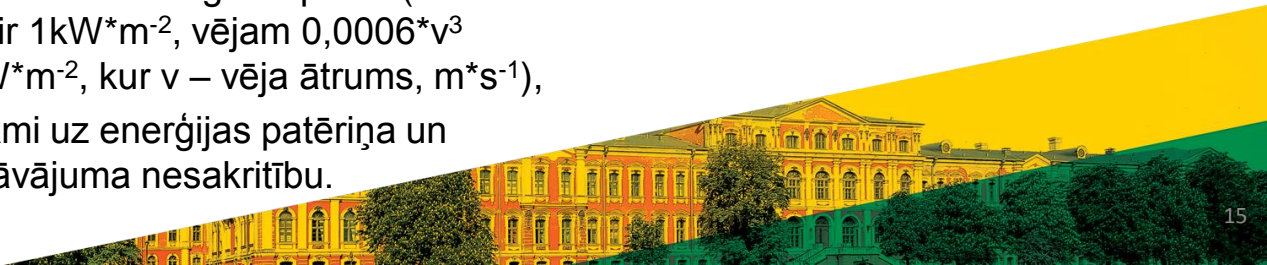
Elektrības avots elektrolīzei – AER.

Ūdeņraža izmantošana ļauj mazināt AER trūkumus:

- sezonalitātes (diena/nakts, vasara/ziena),
- nestabilitātes (vējam, biomasas ražai un energoietilpībai),
- un zemās energoietilpības (Saulei tā ir $1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, vējam $0,0006 \cdot v^3 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, kur v – vēja ātrums, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

Ietekmi uz enerģijas patēriņa un piedāvājuma nesakritību.

- Uzlabojas AER saražotās enerģijas kvalitāte.
- Jaunākie elektrolīzes risinājumi rāda augstu efektivitāti (tuvu 90%), un zemu enerģijas patēriņu – mazāk kā $3,7 \text{ kWh}$ elektroenerģijas tiek patērētas $1 \text{ nm}^3 \text{ H}_2$ iegūšanai.



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ nevajag lietot H₂?

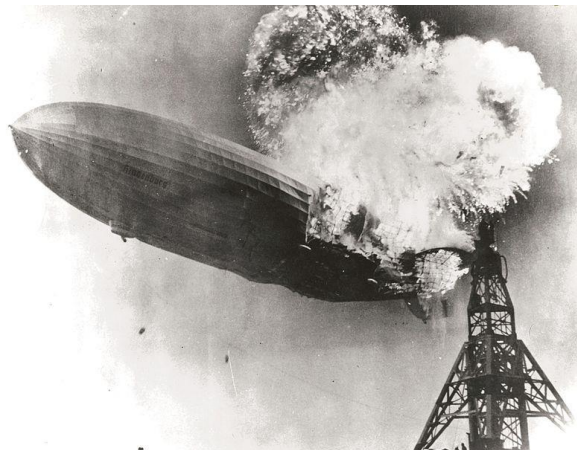
Pret – nezinošie.

Arguments - bīstams («Hindenburg» rēgs).

Atbilde 1 - bojājuma gadījumā ūdeņraža balons drošāks nekā benzīna kanna (16 reizes vieglāks par gaisu, spiediens atvirza liesmu)

Atbilde 2 – cietie uzkrājēji balonu vietā (metālhidrīdos un oglekļa nanocaurulītēs).

Piebilde – esam uzsākuši lielu enerģiju izmantošanu (*Citius, Altius, Fortius*), un tādēļ ir daudz kur un regulāri jāuzmanās.



Ūdeņradis - enerģijas starpuzkrājējs ceļā uz elektrību

Kādēļ nevajag lietot H₂?

**Pret – viedokļa izteicēji (Īlons
Musks?)**

Arguments – kādēļ vajag starpposmu
– būs tikai akumulatori.

Atbilde 1 – vai esam gatavi pāriet uz
citu (Li ?) atkarību.

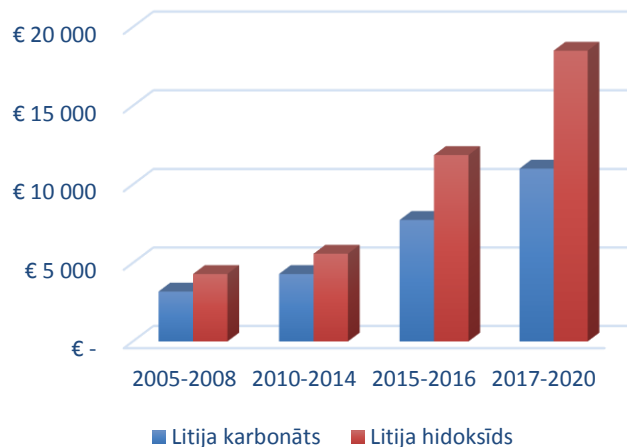
Atbilde 2 – izcilu akumulatoru vēl nav

Atbilde 3 – akumulatoru cenas
nemazinās (izejvielas, tehnoloģijas)

Atbilde 4 – raksim?

Piebilde – no akumulatoriem
neatsakāties!

Litija izejvielu cenas, EUR
(vidēji periodā)

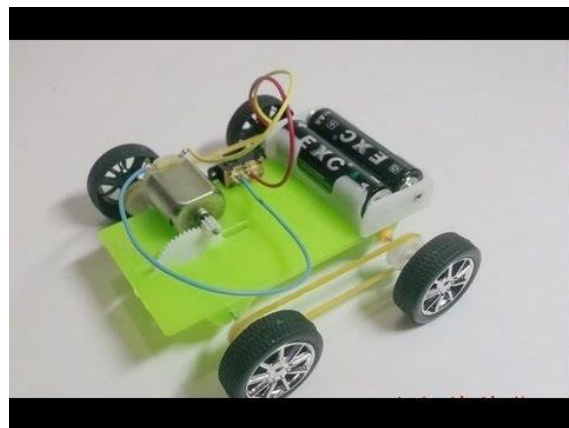


Transports – ekonomikas asinsvadi

Elektrība un transports

Elektrotransporta priekšrocības:

- 10 reizes vienkāršāks (auto);
- Efektīvi un precīzi vadāms (automātika);
- Enerģijas rekuprācija bremzējot.
- Ievērojami mazāki enerģijas zudumi – minimāls enerģijas patēriņš miera stāvoklī (īpaši pilsētas ciklā);
- Ekoloģisks;
- Lietojams bioloģiskā vides klātbūtnē;
- Lietojams slēgtās telpās, telpās bez skābekļa, vidē ar paaugstinātu ugunsbīstamību



Transports – ekonomikas asinsvadi

Elektrība un transports

Elektrotransporta trūkumi:

- Pieslēgti pie vadiem;
- Pieskaras vadam (tramvaji);
- Baterija - smaga, mazjaudīga, ar mazu energoietilpību, dārga, īsmūžīga, jāuzlādē (laika patēriņš un elektroenerģijas patēriņš)

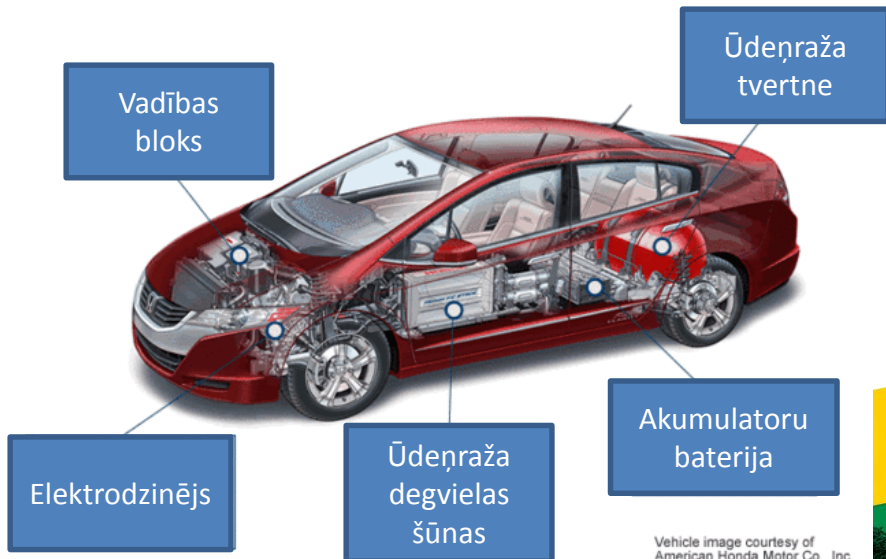


Transports – ekonomikas asinsvadi

Elektrība un transports

Ūdeņraža degvielas šūnu (FC) un akumulatoru bateriju elektrotransporta hibrīdsistēma – optimāls šībrīža risinājums.

Lietojam, bet neievērojam – dzelzceļa lokomotīves – ar hibrīdpiedziņu (sistēma dīzeļmotors – elektroģenerators – elektromotors).



Vehicle image courtesy of
American Honda Motor Co., Inc.

Enerģija transportā

Fosilā degviela – galvenais resurss

Kopējais energopatēriņš Latvijas transporta sistēmā 2016.gada sasniedza **49.7 GWh**.

Šiem mērķiem iztērētas 1 149 tūkst.t. naftas produktu (156 autocisternas dienā!).

Tikai **3.9%** no atjaunīgajiem energoresursiem (AER) saražotās enerģijas tika izmantota transporta patēriņa nodrošināšanai.

(ES direktīvas 2009/28/EK prasība **10%**).





Pāreja uz H₂ – vai iespējama?

Modeļa pamatnostādnes

- Ūdeņradis aizstāj naftas produktus, lai tiktu izpildītas ES direktīvas prasības par 10% no AER iegūtas enerģijas izmantošanu transportā.
- Ar ūdeņradi tiek aizstāta dīzeļdegviela (tās imports transporta vajadzībām 2016.gadā bija 741 000 tonnas
- Dīzeļdegvielas siltumspēja 44.8 MJ·kg⁻¹, ūdeņraža siltumspēja 141.86 MJ·kg⁻¹.

Transporta līdzekļa efektivitāte, pārvēršot dīzeļdegvielas enerģiju mehāniskajā darbā, ir 25%;
Ūdeņraža degvielas šūnas efektivitāte elektroenerģijas ieguvē ir 65%;
Ūdeņraža ieguvei elektrolīzes procesā efektivitāte 80%;





Pāreja uz H₂ – vai iespējama?

Modelēšanas rezultāti - 2016.g. piemērs	Aizvietoti 6.1% transporta dīzeļdegvielas	Aizvietoti 10% transporta dīzeļdegvielas
Aizvietošanai nepieciešamā ūdeņraža masa, t	10204	16728
Elektrolizējamā ūdens masa ūdeņraža ieguvei, t (t dienā)	114 800 (314)	188196 (515)
Elektrolīzei nepieciešamā elektroenerģija, GWh	420	688
Elektrolīzei nepieciešamās elektroenerģijas daļa no AER saražotās elektroenerģijas, %	15.80	25.91
Aizvietotās dīzeļdegvielas masa, t	84 012	137 725
Aizvietotās dīzeļdegvielas daļa no importētās dīzeļdegvielas, %	11.34	18.59
CO₂ emisiju samazinājums no dīzeļdegvielas aizvietošanas, t (3.15 t_{CO2}/t_{DD})	264 640	433 836





Ūdeņraža izmantošanas ekonomika

- Iepērkot gan dīzeļdegvielu, gan ūdeņradi no ražotājiem ārpus valsts, cenu attiecībai, lai abas degvielas būtu vienlīdz izdevīgas, ir jābūt $10204/84012 = 1/8.23$
- Ja dīzeļdegvielas mazumtirdzniecības cena ir $1 \text{ EUR} \cdot \text{kg}^{-1}$, tad ūdeņraža mazumtirdzniecības cena nedrīkst pārsniegt $8.23 \text{ EUR} \cdot \text{kg}^{-1}$, neņemot vērā ieguvumus no CO_2 emisijas ieguvumiem
- Ūdeņraža mazumtirdzniecības cena 2018.g. ASV – 7..14 USD par kg, ES – 8..10 EUR par kg.
- Ūdeņraža ieguves pašizmaksa 2018.g. ASV – 3,60 USD par kg, ES – 4,4 EUR par kg.
- Aprēķins neņem vērā ieguvumus no CO_2 emisijas samazinājuma



Projekti Latvijā

Rīgas pašvaldība

Starptautisks projekts “H2Nodes”, kurā paredzēts iegādāties 10 ar ūdeņradi darbināmus autobusus un 10 trolejbusus.

Projekta ietvaros tiek būvēta arī ūdeņraža ieguves un uzpildes stacija.

Izmantos trolejbusu piedziņai (**Hy-Trolley**)



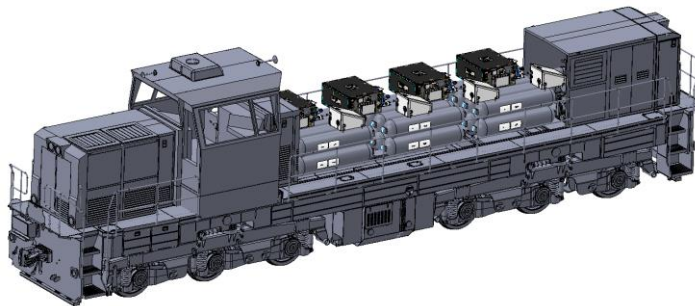
Projekti Latvijā

VAS “Latvijas Dzelzceļš”

Manevru lokomotīvu pārbūve darbam hibrīdrežīmā, izmantojot ūdeņradi kā energonesēju.

Projekts paredz 250 kW elektroķīmisko akumulatoru bateriju un 400 kW polimēru membrānu degvielas šūnu sistēmu izmantošanu manevru lokomotīvu energoapgādē.

Idejas pamatā ir pētījums par muitas zonu un ostas kravas zonu piesārņojumu ar dūmgāzēm šo kravas vagonus pārvietojošo transporta vienību darba režīmu dēļ – daudz stāvēšanas, īslaicīgi atkārtoti vilces darbi ar zemu efektivitāti degvielas izmantošanā.





Secinājumi

- Ūdeņraža izmantošana Latvijas energoneatkarības un enerģētiskās drošības paaugstināšanā ir viens no iespējamajiem risinājumiem.
- Ūdens ir viens no galvenajiem Latvijai pieejamajiem ūdeņraža avotiem, un tā apjomi ir pietiekami ievērojamas daļas Latvijas energovajadzību apmierināšanai.
- Ūdeņraža degvielas šūnu (FC) hibrīdsistēmu ieviešana var nodrošināt gan vides piesārņojuma samazinājumu, gan transporta energonodrošināšanu ar energonesēju, kas ir iegūstams no vietējā resursa – ūdens.
- Atjaunīgo energoresursu (AER) izmantošana ūdeņraža kā īslaicīga enerģijas uzkrāšanas starpnieka ieguvei ir pieņemams risinājums, lai mazinātu tirgus svārstību un sezonālitatei raksturīgo pieprasījuma un piedāvājuma nesalāgotības problēmu.



Secinājumi

- Latvijai, lai nodrošinātu ES direktīvas izpildei, izmantojot AER un ūdeņradi, ko iegūst no ūdens elektrolīzes, pie esošās tehnoloģiskās attīstības, ir nepieciešami **188196 t** ūdens un **688 GWh (25,91%)** no AER iegūtās elektroenerģijas gadā (neskaitot izmaksas par pāreju uz ūdeņraža degvielas šūnu hibrīdsistēmām).
- Šāds risinājums dotu iespēju mazināt CO₂ izmešus Latvijā gadā par 433 836 t.
- Aizstājot dīzeļdegvielas importu ar importētu ūdeņradi, to cenu attiecībai pie esošās tehnoloģiskās attīstības jābūt **1/8,23**. Šāda attiecība nodrošina vienlīdz izdevīgu transporta operatīvo darbību.
- Zinātne strādā pie jaunu gan ūdeņraža ieguves un uzkrāšanas, gan elektroenerģijas ieguves no ūdeņraža/skābekļa reakcijas nodrošinošu iekārtu un tehnoloģiju izpētes.





Latvijas
Lauksaimniecības
universitāte

IV Pasaules latviešu zinātnieku kongress Rīga, 18.-20.06.2018

Šeit top
veiksmīgas karjeras

Latvija
100 

Paldies par uzmanību! Jautājumi?

aigars.laizans@llu.lv

+371 2 923 3450

