



VESINIKU ENERGEETIKA

KOOSTANUD ÜLLE KIKAS

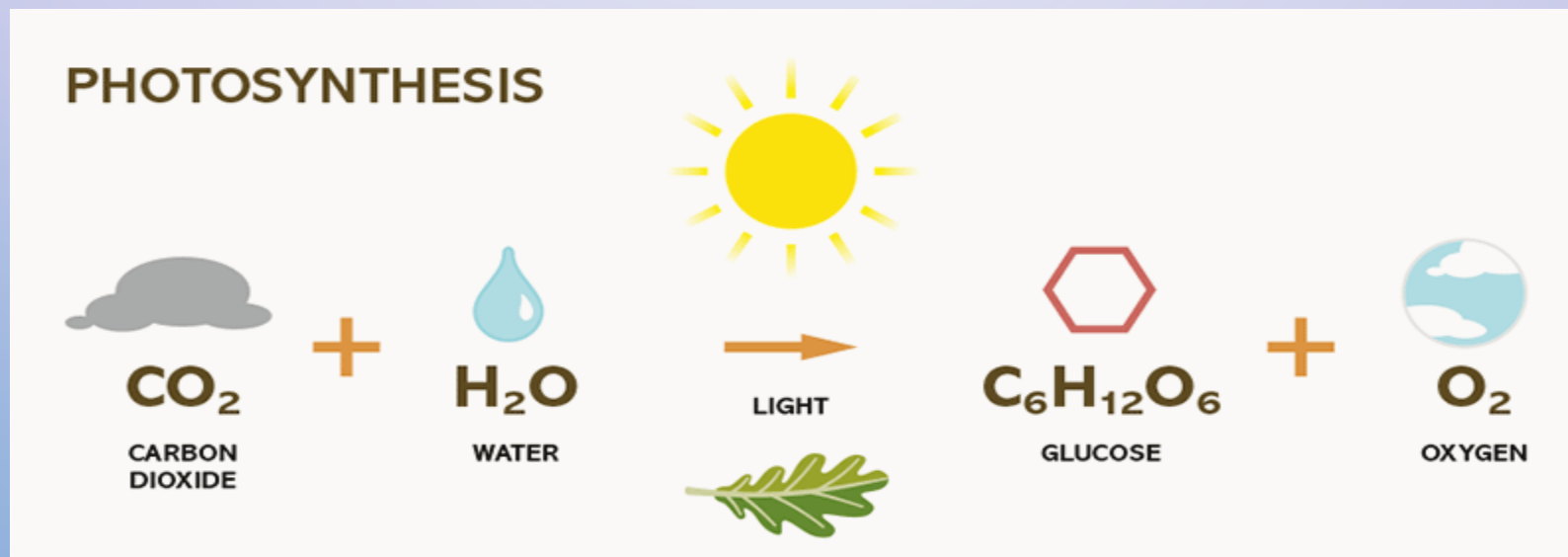
ylle.kikas@gmail.com

VESINIKUENERGEETIKA

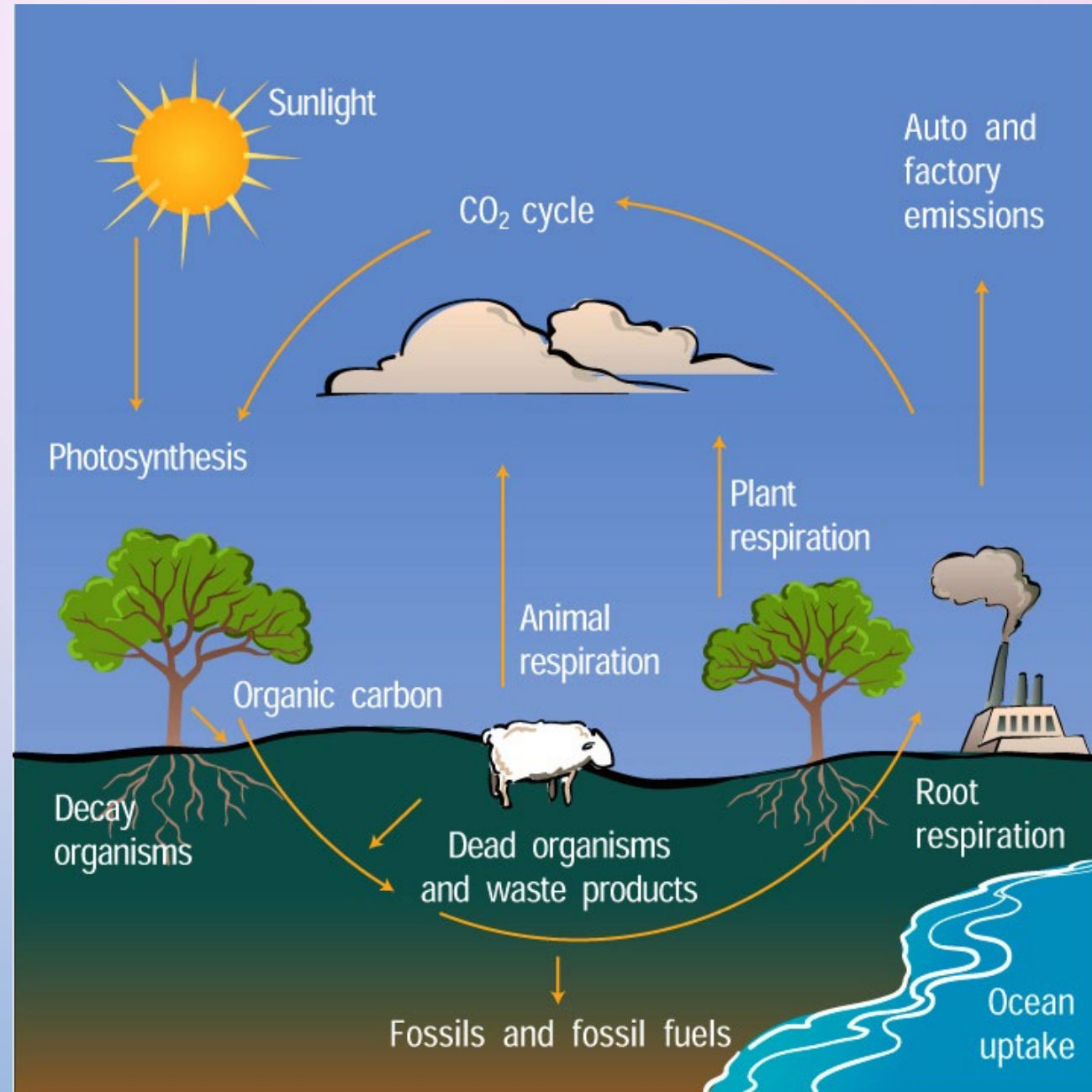
- ON VESINIKU KASUTAMINE KÜTUSENA NII KÜTTEKS, SÕIDUKITES^[1], ENERGIA HOIUSTAMISEKS KUI KA KAUGVEOKS.
- VESINIKUENERGEETIKAT ON VÄLJA PAKUTUD TULEVIKU VÄHESE CO₂-HEITEGA MAJANDUSE OSANA. VESINIKKU PEETAKSE GLOBAALSE SOOJENEMISE PIIRAMISEL ÜHEKS FOSSIILKÜTUSTE ALTERNATIIVIKS, SEST VESINIKU PÕLEMINE TEKITAB SÜSIHAPPEGAASI ASEMEL AINULT VETT.
- 2019. AASTAL KASUTATI VESINIKKU TÖÖSTUSES VAID LÄHTEAINENA, ET TOOTA AMMONIAAKI JA METANOOLI NING TÖÖDELDA NAFTAT
- [HTTPS://ET.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/VESINIK](https://et.wikipedia.org/wiki/Vesinik)

SÜSINIKUL PÕHINEV ELU

- ELU MAAL PÕHINEB SÜSINIKUL. KÕIGI ORGAANILISTE AINETE OLULISEKS OSAKS ON SÜSINIK
 - ELUSAINE PEAMISED KEEMILISED ELEMENDID ON :
C, H, O, P, N, S
 - ORGAANILINE AINE ON **AINE**, MIS PÄRINEB ELUS**ORGANISMIST** (**TAIME** JA **LOOMARIIGIST**).
- TAIMED BIOMASS TEKIB FOTOSÜNTEESI TULEMUSENA, KUS ÕHUS LEIDUVAST SÜSIHAPPEGAASIST CO_2 SÜNTEESITAKSE PÄIKESEVALGUSE TOIMEL ELUSAINE MOLEKULE.
 - TAIMED OMAKORDA ON TOIDUKS ÜLEJÄÄNUD ELUSOLENDITELE



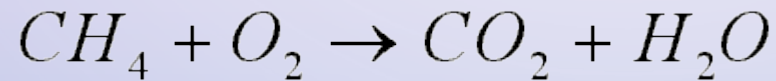
Süsinikuringe



SÜSINIKUL PÕHINEV ENERGEETIKA

- TRADITSIOONILISES ENERGEETIKAS KASUTATAKSE BIOMASSIST TEKKINUD KÜTUSEID –
 - FOSSIILSEID KÜTUSEID - KIVISÜSI, NAFTA, GAAS
 - JOOKSVALT KASVAVAT BIOMASSI – PUIT, ROHI, PÕHK, JMS

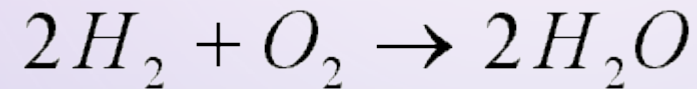
- SÜSINIKKU SISALDAVA ORGAANILISE AINE PÕLEMISEL ERALDUB ALATI CO_2



- SAMUTI TEKIB CO_2 ELUSOLENDITE ELUTEGEVUSES, KUS KA TOIMUB ORGAANILISTE MOLEKULIDE ÜHINEMINE HAPNIKUGA (PÕLEMINE)
- CO_2 ON KASVUHOONEGAAS, MIS PÕHJUSTAB MAA GLOBAALSET SOOJENEMIST
 - ATMOSFÄÄRI LISANDUNUD CO_2 MOLEKULID NEELAVAD MAAPINNALT LÄHTUVAT SOOJUSKIIRGUST HOIDES SOOJUST MAAKERAL „LÕKSUS“

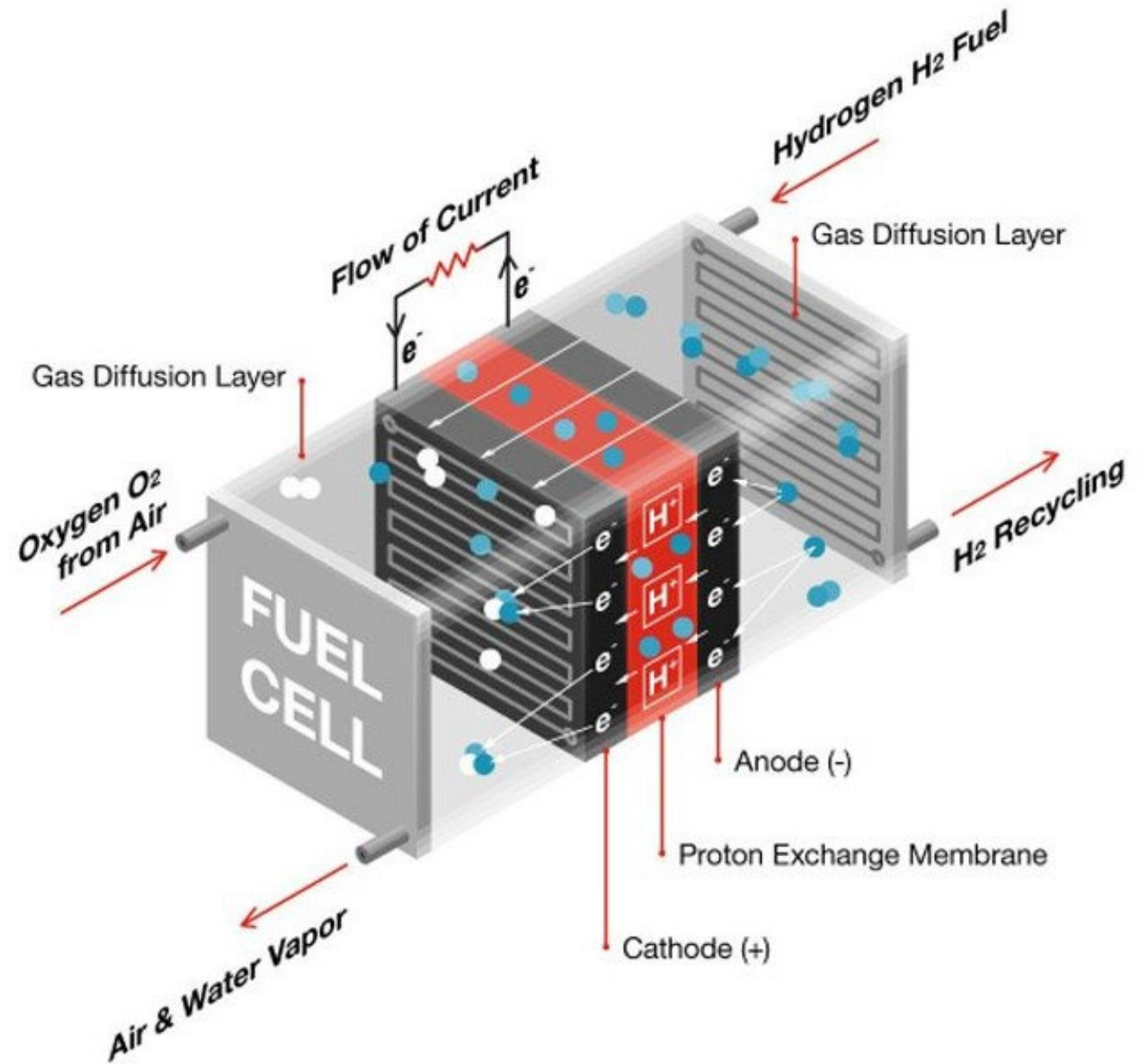
SÜSINIKULT VESINIKULE

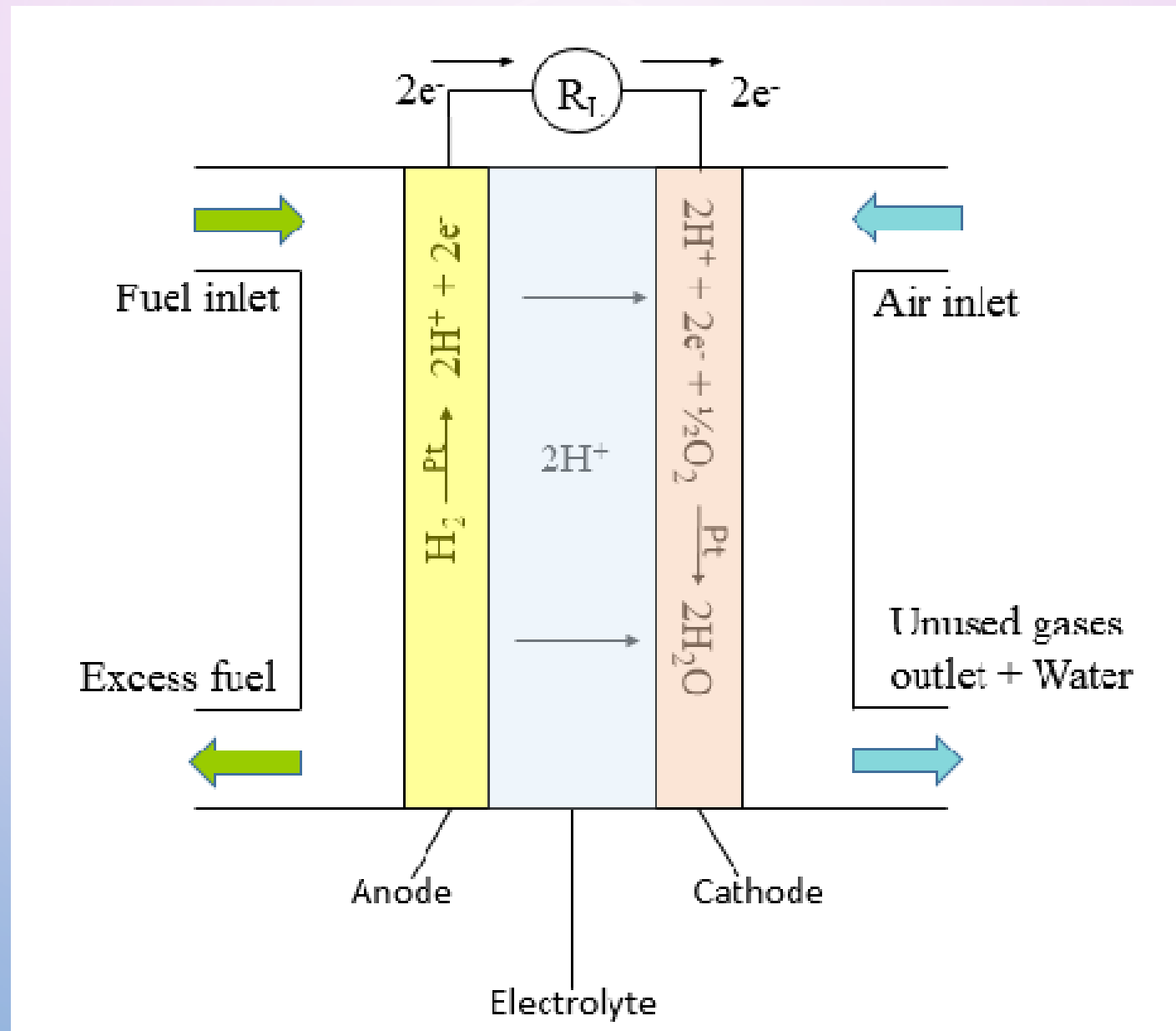
- VESINIKUENERGEETIKA VÕIMALDAKS TULEVIKUS OLULISELT VÄHENDADA CO₂ HEITEID INIMKONNA MAJANDUSTEGEVUSEST
- VESINIKU PÕLEMINE TEKITAB SÜSIHAPPEGAASI ASEMEL AINULT VETT.



- VESINIK VÕIKS ASENDADA FOSSIILKÜTUSEID, PIIRATES CO₂ SATTUMIST ATMOSFÄÄRI JA GLOBAALSET SOOJENEMIST
- VESINIKKU VÕIB KASUTADA TAVALISES PÕLEMISPROTSESSIS KAS KOLB- VÕI TURBIINMOOTORITES, KUS SAADAV SOOJUSENERGIA MUUDETAKSE MEHAANILISEKS ENERGIAKS.
- TEINE VESINIKU HARU PÕHINEB KÜTUSEELEMENTIDEL, MILLES KATALÜSAATORI PINNAL VESINIK (VÕI VESINIKUROHKE KÜTUS) OKSÜDEERUB JA TEKIVAD ELEKTRILISED LAENGUD. SELLEL MOODIL MUUTUB KÜTUSEELEMENT ELEKTRIVOOLOU ALLIKAKS, MILLE ABIL SAAB KÄITADA ELEKTRIAJAMEID.

VESINİK - KÜTÜSELEMENT





KUIDAS KÜTUSE-ELEMENT TÖÖTAB 1

- VESINIK-KÜTUSEELEMENTI KÜTUS - H_2 - TULEB KÜTUSEMAHUTIST.
- KÜTUS H_2 SATUB NEGATIIVSELT LAETUD ELEKTROODILE – ANOODILE
- HAPNIK O_2 VÕETAKSE ÕHUST JA SUUNATAKSE POSITIIVSELE ELEKTROODILE – KATOODILE
- ELEKTROODIDE VAHEL ON ELETROLÜÜT

KUIDAS KÜTUSE-ELEMENT TÖÖTAB 2

- VAATAMATA TÜÜPIDE ERINEVUSTELE SISALDAVAD KÕIK VESINIK-KÜTUSEELEMENTID
 - ANOODI (NEGATIIVSELT LAETUD ELEKTROODI),
 - KATOODI (POSITIIVSELT LAETUD ELEKTROODI),
 - ELEKTROLÜÜTI, MILLES VESINIKKÜTUSE POSITIIVSELT LAETUD IOONID (PROOTONID) SAAVAD LIIKUDA KÜTUSEELEMENTI KAHE POOLE VAHEL.
- ANOODIL TOIMUB KATALÜSAATORI MÕJUL KÜTUSE OKSÜDATSIOONI REAKTSIOON, MILLE TULEMUSENA TEKIVAD IOONID (POSITIIVSELT LAETUD VESINIKU IOONID) JA ELEKTRONID. IOONID LIIGUVAD ANOODILT KATOODILE LÄBI ELEKTROLÜÜDI. SAMAL AJAL LIIGUVAD ELEKTRONID ANOODILT KATOODILE LÄBI VÄLISE VOOLUAHELA JA TEKITAVAD ELEKTRIVOOLU (ALALISVOOLU)..
- KATOODIL SUNNIB TEINE KATALÜSAATOR IOONE, ELEKTRONE JA HAPNIKKU REAGEERIMA, MILLE TULEMUSENA TEKIB VESI. (JA JÄÄKPRODUKTID).
- VESINIK-KÜTUSEELEMENTE LIIGITATAKSE KASUTATAVA ELEKTROLÜÜDI ALUSEL VÕI KÄIVITAMISAJA ALUSEL, MIS VÕIB ULATUDA 1 SEKUNDIST (PROOTONVAHETUSEGA PEM TÜÜPI ELEMENTIDES) KUNI 10 MINUTINI TAHKE OKSIIDI TÜÜPI SOFC KÜTUSE-ELEMENTIDES.

REDOKSREAKTSIOON

- REDOKSREAKTSIOON EHK REDUTSEERUMIS-OKSÜDEERUMISREAKTSIOON ON KEEMILINE REAKTSIOON, MILLE KÄIGUS AATOM (VÕI IOON) LIIDAB VÕI LOOVUTAB ELEKTRONE. ELEKTRONIDE LIIKUMISE TÕTTU MUUTUB KA AATOMI OKSÜDATSIOONIASTE.
- REDUTSEERUMINE JA OKSÜDEERUMINE ON ÜHE JA SELLESAMA PROTSESSI KAKS ASPEKTI: KUI ÜKS REAKTSIOONIS OSALEV ELEMENT OKSÜDEERUB, SIIS TEINE ELEMENT REDUTSEERUB. OKSÜDEERUMINE EI SAA TOIMUDA ILMA REDUTSEERUMISETA.

Oksüdatsioon on elektronide loovutamise protsess.

Reduktsioon on elektronide liitmise protsess.

Oksüdeerija on aine, mis oksüdeerib teist ainet, liites endale elektrone.

Redutseerija on aine, mis redutseerib teist ainet, loovutades sellele elektrone.

KÜTUSEELEMENTI VÕRDLU PATAREIGA

- KÜTUSEELEMENT MUUNDAB KÜTUSE (VESINIKU) JA OKSÜDEERIJAT (HAPNIKU) KEEMILISE ENERGIA ELEKTRIKS KAHE REDOKSREAKTSIOONI TULEMUSENA.
- KÜTUSEELEMENT ERINEB PATAREIST, SEST NÕUAB KÜTUSE (VESINIKU) JA HAPNIKU (ÕHUHAPNIKU) PIDEVAT JUURDEVOOLU SELLEKS, ET TAGADA KEEMILISTE REAKTSIOONIDE TOIMUMINE
- KÜTUSEELEMENT ANNAB ELEKTRIT SENI, KUNI KÜTUST JA HAPNIKKU JUURDE ANTAKSE.
- PATAREIDE KEEMILINE ENERGIA ON JUBA PATAREIS SEES OLEVATE METALLIDE, NENDE IOONIDE VÕI OKSIIDIDE KEEMILINE ENERGIA, MIS PATAREI TÖÖTADES AMMENDUB

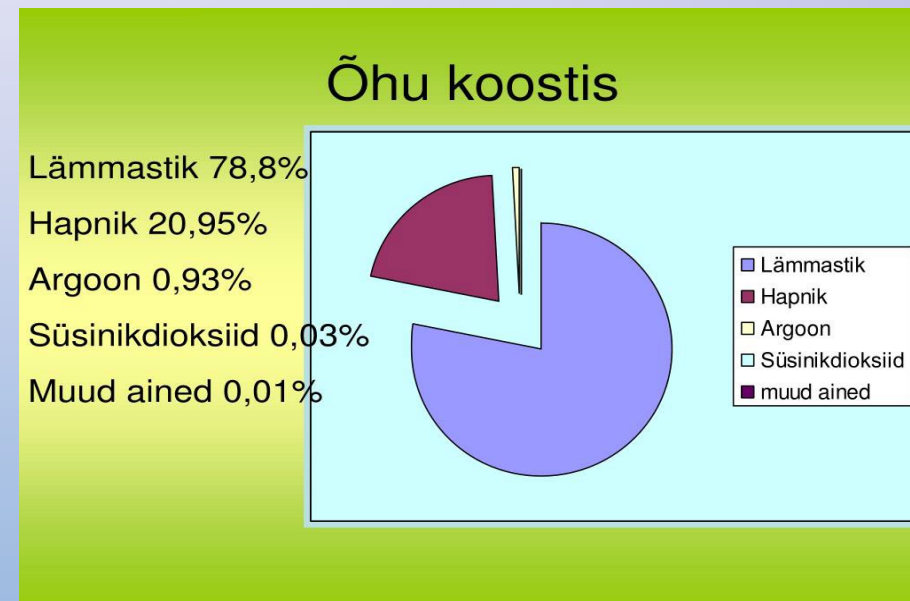
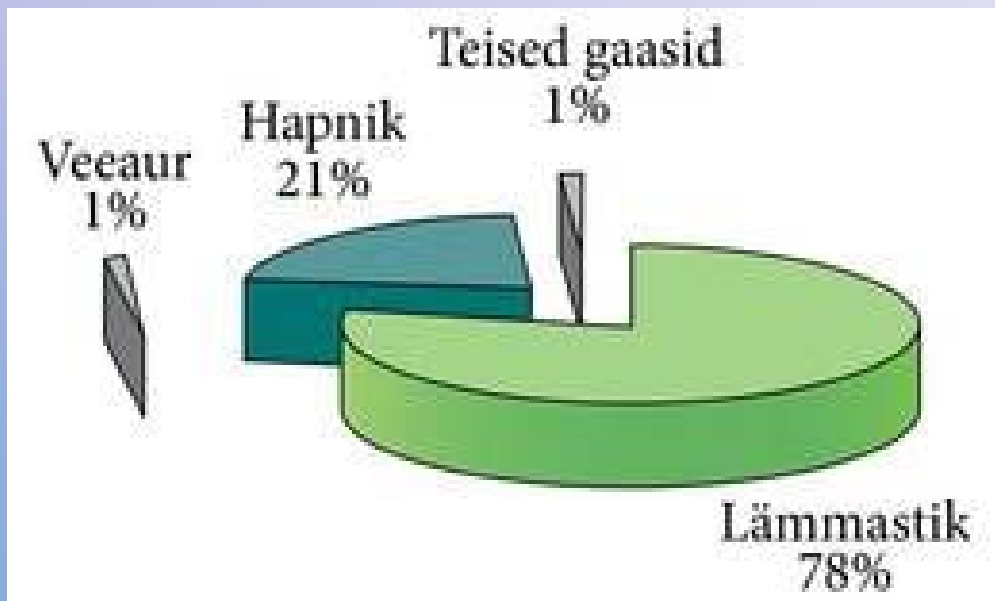
The background features a light purple-to-blue gradient. In the top-left and bottom-right corners, there are clusters of realistic water droplets of various sizes. A large, faint white circle is centered in the upper half of the image.

VESINIKU ENERGEETIKA PROBLEEMID

GAASILISE VESINIKU TOOTMINE

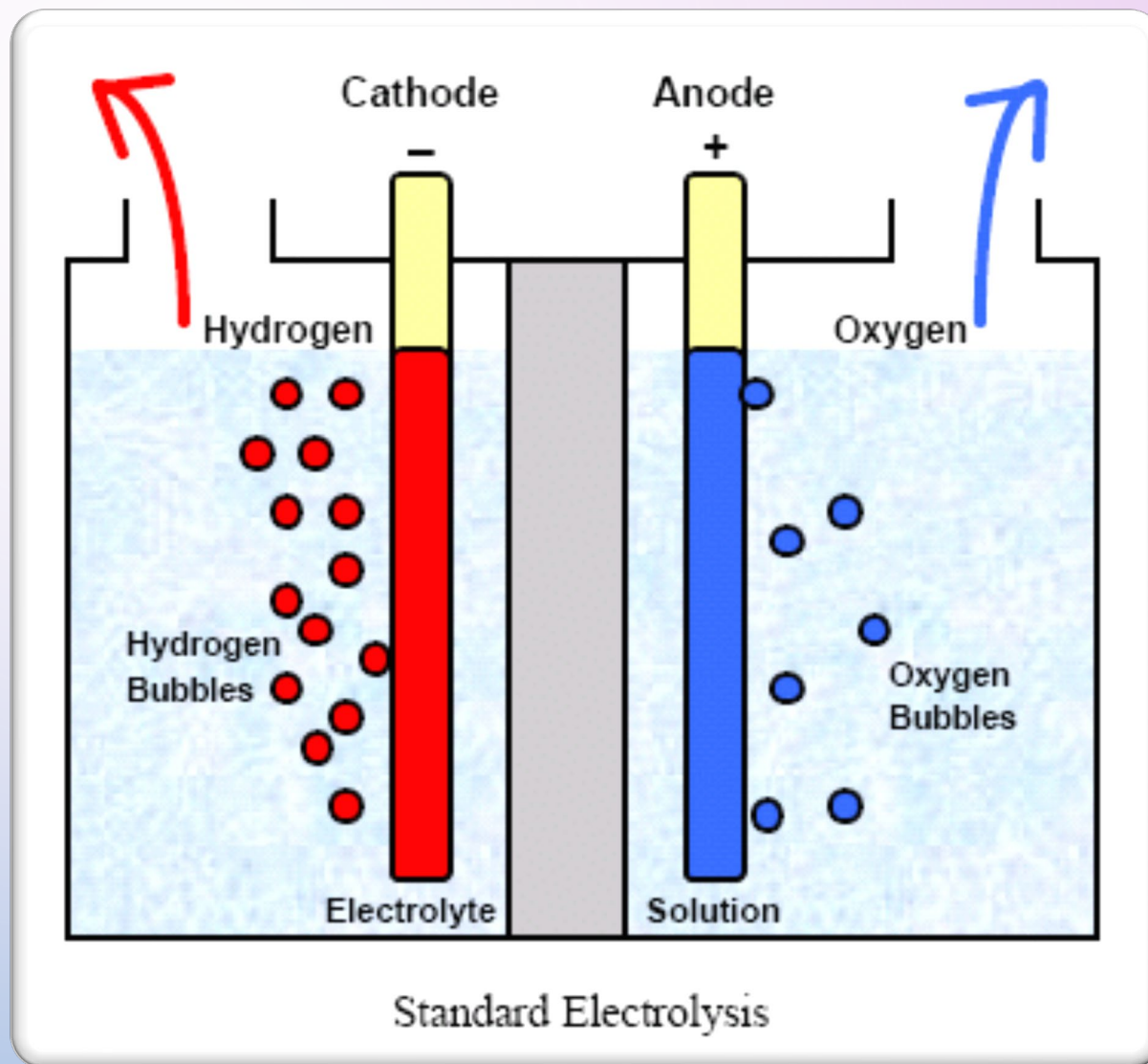
- GAASILIST VESINIKKU LOODUSLIKULT EI ESINE (LENDUB KERGESTI)
- 2019. AASTAL TOODETI 70 MILJONIT TONNI VESINIKKU, MILLEST PEAAEGU KÕIK SAADI MAAGAASI ÜMBERTÖÖTAMISEL METAANGAASIKS CH_4 .
 - METAANGAASI ÜMBERTÖÖTAMINE TEKITAB KÕRVALSAADUSENA SÜSIHAPPEGAASI.

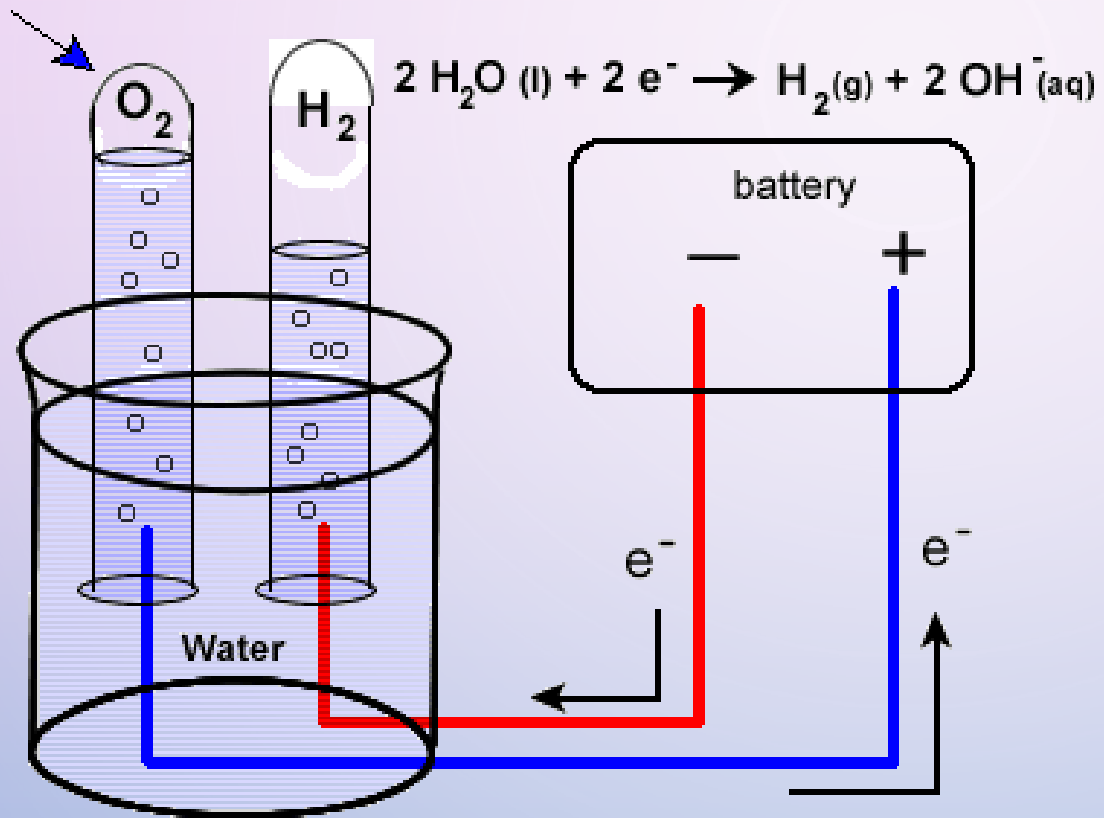
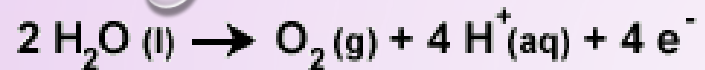
ÕHU KOOSTIS



VEE ELEKTROLÜÜS

- ÜLEJÄÄNUD VESINIK TOODETI ELEKTROLÜÜSI KÄIGUS KÕRVALSAADUSENA.
- NII METAANGAASI ÜMBERTÖÖTAMINE KUI KA ELEKTROLÜÜS ON PRAEGU ENERGEETILISELT EBAEFEKTIIVSED PROTSESSID.
(2019. AASTA ANDMED)

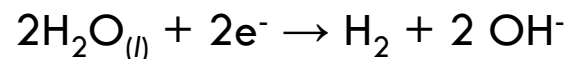




VEE ELEKTROLÜÜS

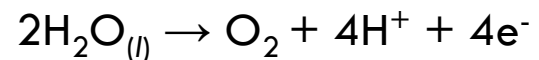
https://sites.prairiesouth.ca/legacy/chemistry/chem30/6_redox/redox3_3.htm

reduction



-0.83 V

oxidation



-1.23V

(see note below for net equation)

net voltage required

- 2.06V

VESINIKU TOOTMINE

PROBLEEMID

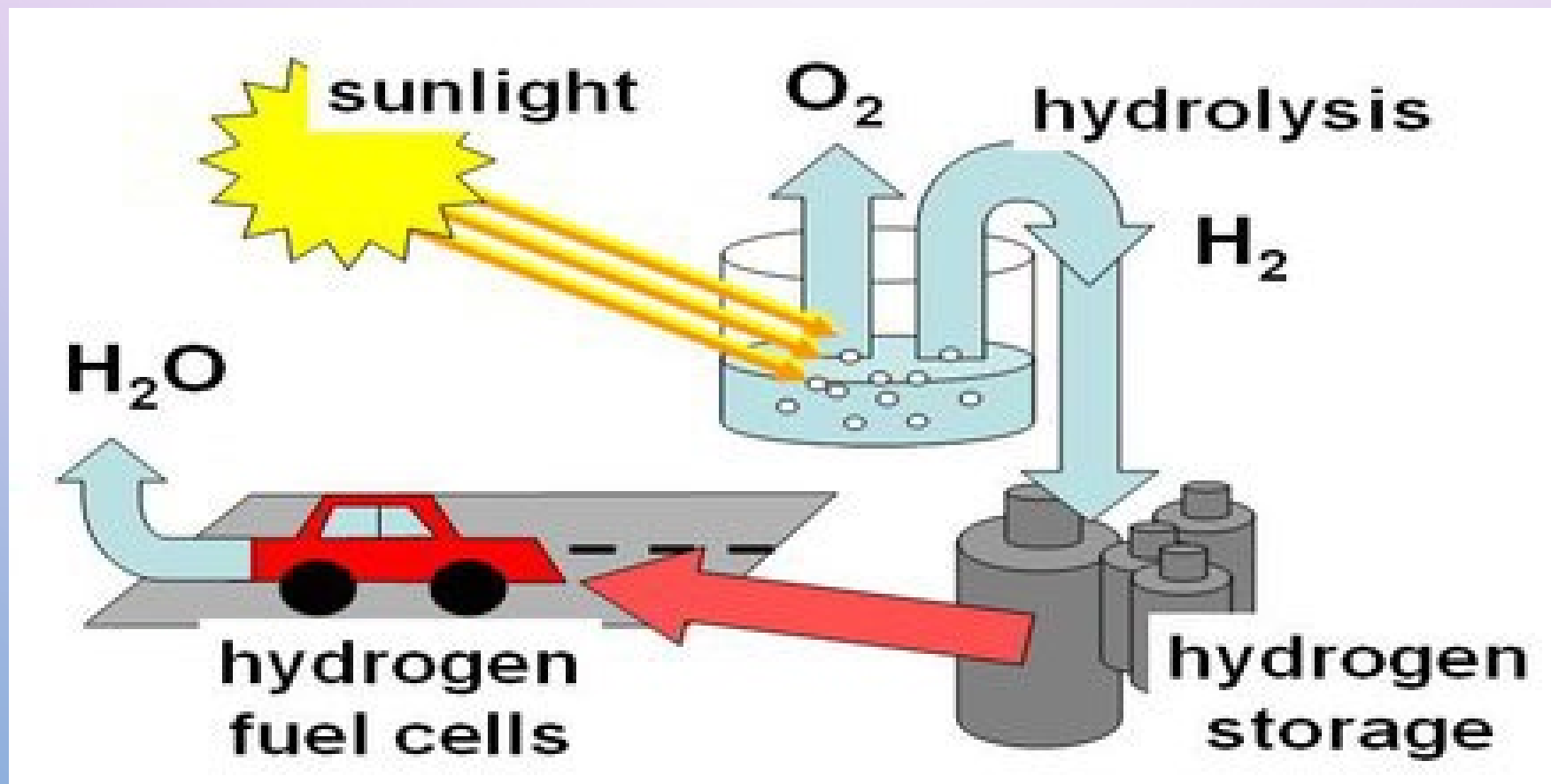
- NII METAANGAASI ÜMBERTÖÖTAMINE KUI KA ELEKTROLÜÜS ON PRAEGU ENERGEETILISELT EBAEFEKTIIVSED PROTSESSID.
- METAANGAASI ÜMBERTÖÖTAMINE TEKITAB KÕRVALSAADUSENA SÜSIHAPPEGAASI

VESINIKU TOOTMISE KESKKONNASÕBRALIKKUS

- TOOTMISVIISI JÄRGI ERISTATAKSE HALLI, SINIST JA ROHELIST VESINIKKU
 - **HALL VESINIK:** SUUREM OSA VESINIKUST TOODETAKSE MAAGAASIST JA MUUDEST FOSSIILKÜTUSTEST. SEE PROTSESS TEKITAB AGA SÜSIHAPPEGAASI, MIS SATUB ÕHKU
 - **SININE VESINIK** ON HALLIST VESINIKUST PUHTAM, SEST SÜSIHAPPEGAAS PÜÜTAKSE KINNI JA LADUSTATAKSE.
 - **ROHELINE VESINIK** - KÕIGE PUHTAM TOOTMISVIIS ON **TAASTUVATEL ENERGIALLIKATEL** PÕHINEV EHK ROHELINE VESINIK.

„PUHAS“ VESINIKUENERGEETIKA

TAASTUVENERGIA → VEE ELEKTROLÜÜS → VESINIK-GAAS → VESINIKU SALVESTAMINE →
VESINIK-KÜTUSEELEMENT → ELEKTER → ELEKTRIGA TÖÖTAVAD SEADMED



VESINIKU ENERGEETIKA VÄLJAKUTSED

OHUTUS

- VESINIK PLAHVATAB **ÕHUGA** KOKKUPUUTEL VÄGA KERGESTI.
- PÕLEMISE ASEMELE PLAHVATAB MIS TAHES PROPORTSIOONIS VESINIKU JA ÕHU SEGU, KUI SEE SÜÜDATA.
- VESINIKU KASUTAMINE SULETUD KOHTADES, NAGU TUNNELID JA MAA-ALUSED PARKLAD, ON VÄGA OHTLIK
- PUHAS VESINIK PÕLEB **ULTRAVIOLETSE** LEEGIGA, MIS ON PALJA SILMAGA NÄHTAMATU. PÕLENGU AVASTAMISEKS ON VAJALIK KASUTADA **LEEGIANDURIT**.
- VESINIK ON LÕHNATU, MISTÕTTU ON LEKETE TUVASTAMISE LÕHNA JÄRGI VÕIMATU.

VESINIKU ENERGEETIKA VÄLJAKUTSED EESTIS

- VESINIKU KASUTAMIST KÕIKIDES SEKTORITES TAKISTAB VESINIKU SALVESTUSTEHNOLOOGIA VÄIKE EFEKTIIVSUS: 40% AKUDEL JÄÄB NÄITAJA VAHEMIKKU 80–90% NING PUMP-AKUMULATSIOONIJAAAMADEL VAHEMIKKU 70–85%.
- VESINIKU KOKKUSURUMINE ON VÄGA ENERGIAMAHUKAS, MISTÕTTU TULEKS VESINIKU TOOTMINE VIIA TARBIMISELE VÕIMALIKULT LÄHEDALE.
- ELEKTRI MUUNDAMINE VESINIKUKS JA TAAS TAGASI ELEKTRIKS ON SUURE ENERGIAKAOGA, MISTÕTTU EI PRUUGI SELLINE LAHENDUS OLLA PIKAAJALISELT OTSTARBEKAS

VESINIKUENERGEETIKA EESTIS - KUS KASUTADA?

KAALUTAVAD VARIANDID

- TALLINNA-VILJANDI RAUDTEELIIN
- VESINIKUPRAAM VÕI -BUSS ^[6]

- EELKÕIGE KEERULISTE SEKTORITE VABASTAMINE CO₂ HEITEST
 - RASKETRANSPOORDIS (ERITI MERENDUSES^[7]),
 - KLAASI- JA TSEMENDITOOTMISEL.
- VESINIK OLEKS HEA LAHENDUS KA ELEKTRISÜSTEEMI VARUSTUSKINDLUSE SUURENDAMISEL.

EESTI VALITSUS TOETAB VESINIKUTEHNOLOOGIATE ARENDRAMIST

DETSEMBER 2021: VALITSUS ANDIS PÕHIMÕTTELISE HEAKSKIIDU TOETADA 67.5 MILJONI EUROGA EESTI ETTEVÕTETE OSALUST OSALUST ÜLE-EUROOPALISTES VESINIKUTEHNOLOOGIA PROJEKTIDES :

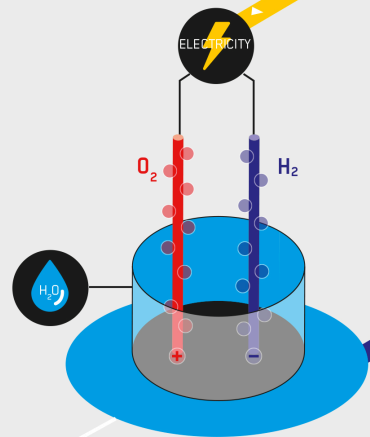
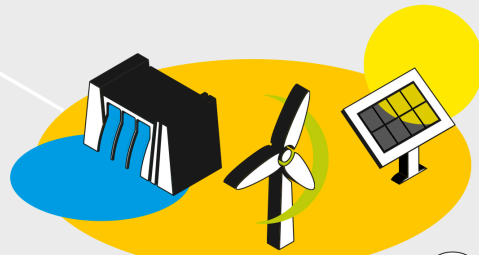
- **SCELETON TECHNOLOGIES**, [HTTPS://WWW.SKELETONTECH.COM/](https://www.skeletontech.com/) SUPERKONDENSAATORID ENERGIA SALVESTAMISEKS
- **ELCOGEN** [HTTPS://ELCOGEN.COM](https://elcogen.com) TAHKEOKSIIDKÜTUSEELEMENTIDE TOOTJA
 - TÖÖTAVAD NII VESINIKU KUI TEISTE GAASILISTE KÜTUSTEGA, NT ELEKTRIAUTODE MOOTORITES. SUUREM EFEKTIIVSUS KUI SAMADE KÜTUSE PÕLETAMISEL.
- **STARGATE HYDROGEN SOLUTIONS** - VESNIKU KASUTAMINE RAUDTEEL VEDURITE KÜTUSENA
- [HTTPS://STARGATEHYDROGEN.COM/HYDROGEN-TECHNOLOGY/](https://stargatehydrogen.com/hydrogen-technology/) (VAATA ANIMATSIOONI!)
- ÜLE-EUROOPALINE VÕRGUSTIK „HYDROGEN EUROPE“ ÜLIKOOLID, TEADUSASUTUSED
[HTTPS://HYDROGENEUROPE.EU/](https://hydrogeneurope.eu/)

THE MANY USES OF GREEN HYDROGEN

By 2050, hydrogen could cover 18%–20% of the world's energy consumption. This could be possible because the gas can be used in a wide variety of domains, all without any CO₂ emissions.

SOURCE OF ELECTRICITY

Renewable energy is used to produce green hydrogen. To do so, an electrical current from a power station is injected into an electrolyser.



WATER ELECTROLYSIS

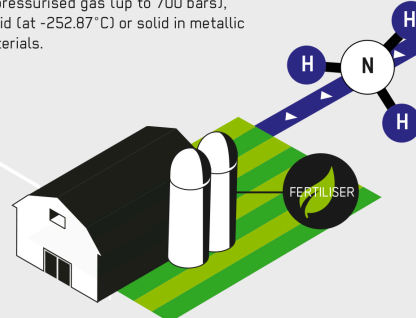
Inside the electrolyser, the electricity will split water molecules (H₂O) to produce dihydrogen (H₂) and oxygen (O₂) according to this chemical reaction: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$.

STORAGE

The hydrogen that comes out of the electrolyser can be stored in the form of pressurised gas (up to 700 bars), liquid (at -252.87°C) or solid in metallic materials.

AGRICULTURE

Hydrogen is used to make ammonia (NH₃), a chemical molecule that is the base of many nitrogen fertilisers.



EXPORTS

In liquid form, hydrogen can be transported by boat, lorry or train across the world, just like oil.



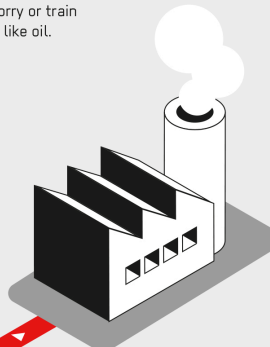
CONVERSION TO ELECTRICITY

A fuel cell produces the opposite reaction of electrolysis, i.e. it uses hydrogen to produce electricity. The current can be fed into the electrical network, particularly to meet energy needs during consumption peaks.



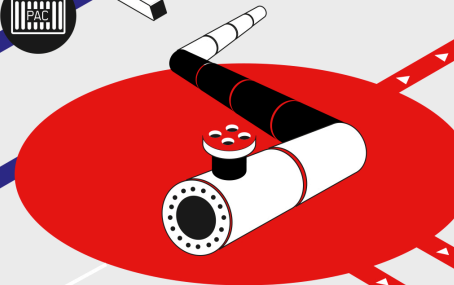
INDUSTRY

Hydrogen can replace fossil fuels in industrial applications. Since 2019, for example, Thyssenkrupp has used hydrogen to partially replace coal in the blast furnaces at its factory in Duisburg, Germany.



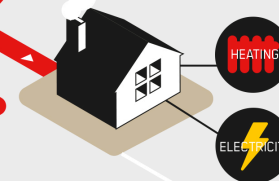
TRANSPORT

In gas form, hydrogen is transported in pipelines.



BUILDINGS

In Japan, 400,000 households have fuel cells. The cells use hydrogen to generate electricity and hot water for heating.



SUPPLY

Hydrogen is available at dedicated filling stations where fuel-cell lorries, buses and cars can fill their tanks. Germany currently has 84 hydrogen pumps, making it the largest network in Europe. Comparatively, Switzerland has two.

