

Vedyn maailma -näyttely

Ohjeistus opettajille



Central Finland Mobility Foundation

**Co-creating a
carbon neutral future**

Vedyn maailma -näyttely Aalto2 -museokeskuksella

Hyvä opettaja,

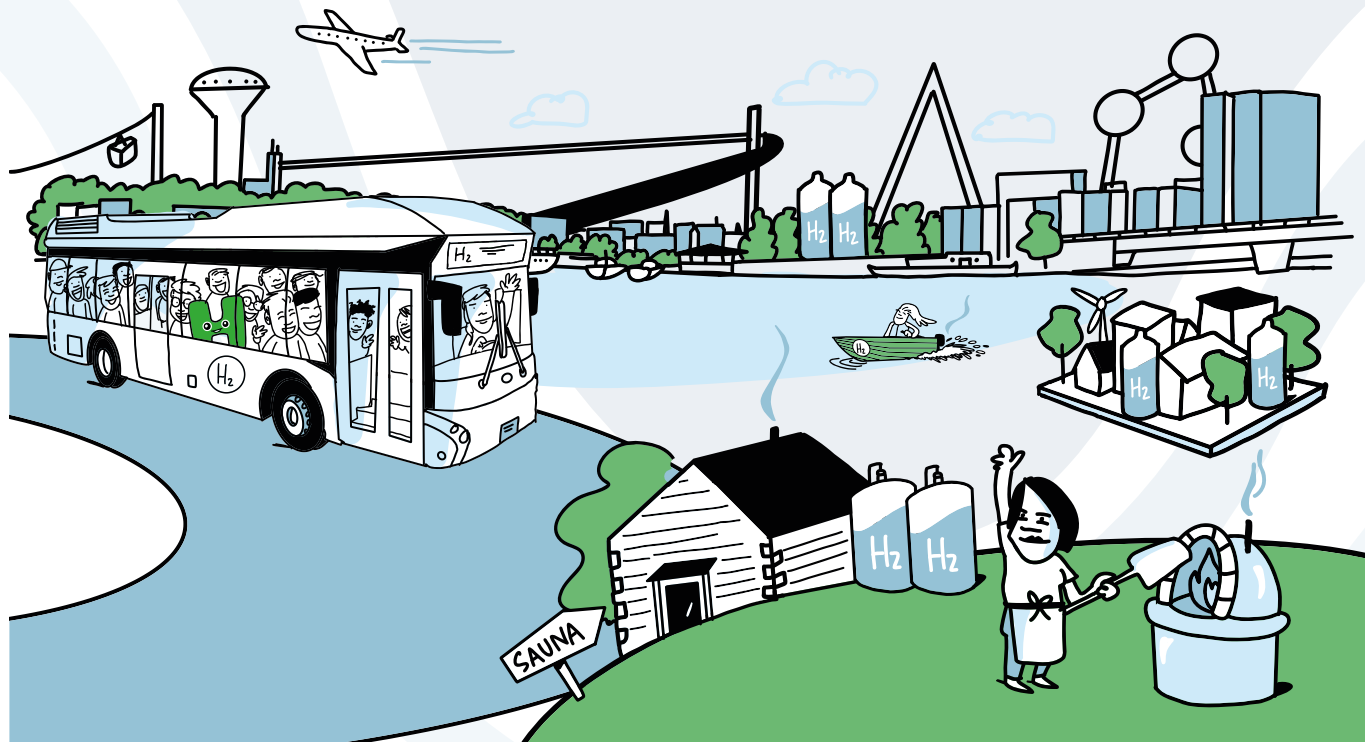
Tervetuloa vierailemaan Aalto2 museokeskuksella Vedyn maailma -näyttelyssä. Näyttely tarkastelee vihreän vedyn roolia arjessamme Keski-Suomessa nyt ja tulevaisuudessa, pyrkien lisäämään tietoisuutta ja kiinnostusta vihreän vedyn mahdollisuuksiin. Näyttelyn tavoitteena on tarjota kävijöille monipuolisia interaktiivisia ja opetuksellisia kokemuksia, jotka esittelevät vedyn matkaa tuotannosta erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Näyttelyn sisältö sopii erityisesti fysiikan, kemian, biologian, yhteiskuntaopin ja ympäristöopin opetuksen tueksi. Samalla se nostaa esille Jyväskylän ja Keski-Suomen erikoispiirteitä vetyosaamisessa: mahdollisuuksia opiskelijoille tutustua, millaista tutkimusta alueella tehdään ja toimijoita vetyekosysteemeissä on. Tämä saattaa jopa herättää innostusta jatko-opiskeluun alaa kohtaan.

Tämän infon avulla voit tutustua näyttelyn sisältöön etukäteen ja pääset suunnittelemaan omatoimisen vierailun ryhmällemme. Materiaalia voi hyödyntää sellaisenaan, tai poimia sieltä omalle ryhmälle/oppitasolle sopivimmat kohdat. Näyttelytilassa ei ole ns. pakotettu lineaarista kiertosuuntaa, vaan osiot ovat teemoitettuja ja voivat toimia "rastipisteinä" pienemmille ryhmille.

Näyttelyssä voitte tutustua vedyn innovaatioihin yksityiskohtaisten esittelyjen, ja tosielämän mallien kautta ja oivaltaa, mikä rooli niillä on kestäväen tulevaisuuden rakentamisessa. Näyttelyssä on paljon käsillä tehtävää ja koettavaa sisältöä.

Tervetuloa vedyn maailmaan!



Omatoiminen kierros ja pienryhmätyöskentely näyttelyssä

Kesto: noin 40–50 minuuttia

Ryhmä koko: 3–5 oppilasta

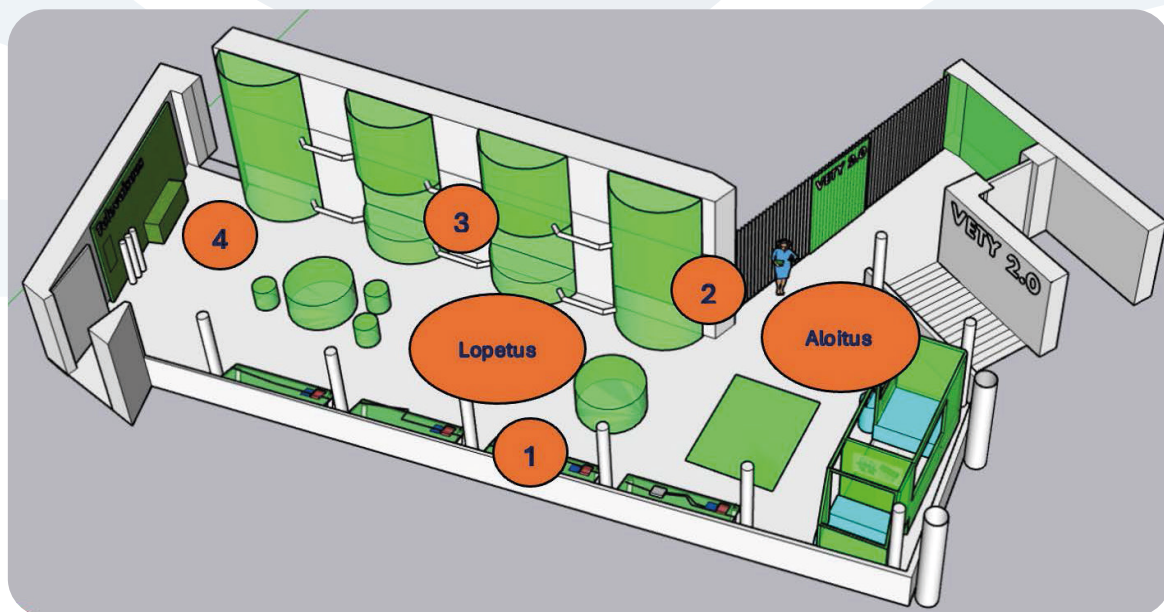
- » Yhteinen aloitus – mitä vety on?
- » Oppilaat kiertävät pisteet 1–4 omatoimisesti.
- » Aikaa pisteelle noin 6–8 min
- » Lopuksi pohditaan yhdessä Keski-Suomen roolia ja Jyväskylän vetyekosysteemiä.

Johdanto: Mitä vety on?

1. Aikajana ja historia
2. Vedyn tuotanto ja elektrolyysi
3. Vedyn olomuodot, varastointi ja turvallisuus
4. Vetyinnovaatioita ja vetyekosysteemi

Lopetus: Vetybussit ja Keski-Suomen rooli

Alla havainnekuva näyttelytilasta ja kohdat numeroituna teemojen maisesti. Ohessa myös valmiita kysymyksiä näyttelyn eri osioista, joita voitte halutessanne käyttää joko osiokohtaisesti tai näyttelyn lopuksi esim. kotitehtävänä.



Esimerkkikysymyksiä näyttelyvierailun tueksi:

Aloitus:

- » Mitä tiedät vedystä jo entuudestaan?
- » Miksi näyttelyn väri on vihreä?

Historia & aikajana:

- » Mikä tapahtuma aikajanalla oli sinusta tärkein? Perustele.
- » Valitse yksi henkilö aikajanalta – mitä hän sai aikaan vedyn historiassa?

Tuotanto & varastointi:

- » Mitä eroa on vedyn eri muodoilla?
- » Mikä vedyn tuotantomenetelmä vaikutti sinusta kiinnostavimmalta? Miksi?

Turvallisuus:

- » Miksi vedyn varastointi vaatii erityistä osaamista?

Käyttö ja tulevaisuus:

- » Missä kaikessa vetyä voidaan käyttää? Etsi lisää esimerkkejä kuin mitä näyttelyssä on.
- » Millaisia vetykeksintöjä voisit kuvitella arkeesi? Piirrä ja kerro!

Vetyekosysteemi & bussiosio:

- » Miten vetypolttokennoauton toiminta eroaa tavallisesta bensiinikäyttöisestä autosta?
- » Mikä tankkausasemassa on yllättävintä?
- » Mikä tutkimus vaikuttaa mielenkiintoisimmalta juuri sinusta?
- » Miksi vety voisi olla hyvä vaihtoehto Jyväskylän kaltaisessa kaupungissa?

Lopetus:

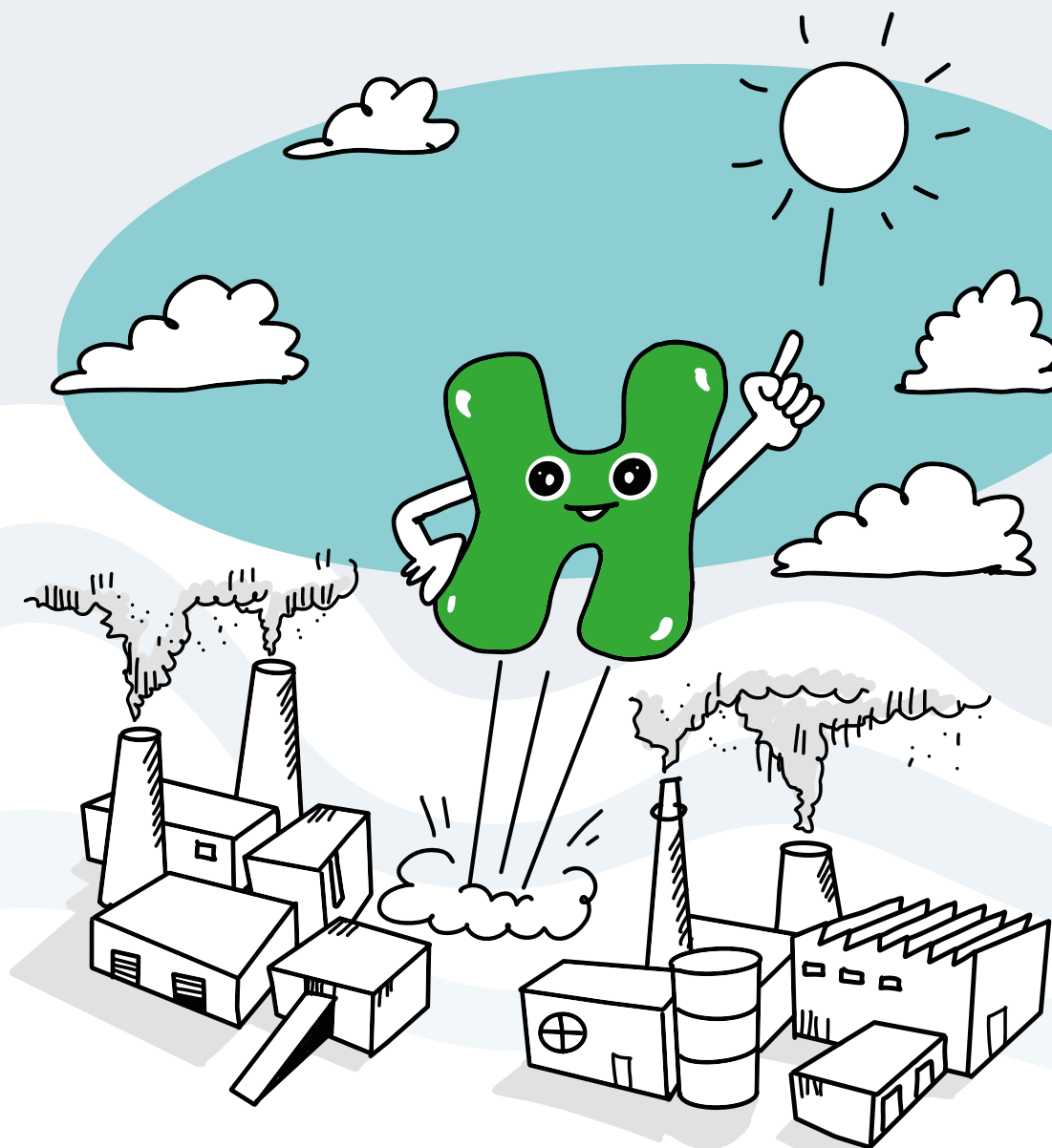
- » Mitä uutta opit vedystä?
- » Mikä oli yllättävin, jännittävin tai hauskin asia näyttelyssä?
- » Mitä haluaisit lisää näyttelyyn? Mistä haluaisit oppia lisää?

AloitUS

Mitä vety on? – ja miksi se kiinnostaa meitä niin paljon juuri nyt?

Vety on alkuaine, jota on kaikista eniten universumissamme, sillä se toimii Aurinkomme ja kaikkien muiden tähtien polttoaineena. Vety on ollut 100 vuoden ajan teollisuuden apuri, mutta on nyt saamassa isompaa roolia yhteiskunnassamme, kun etsimme vihreämpiä vaihtoehtoja fossiilisten polttoaineiden käytölle. Fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia tai hyvin, hyvin hitaasti uusiutuvia luonnonvaroja. Niitä ovat esimerkiksi kivihiili, turve, maakaasu ja raakaöljystä jalostetut polttoöljyt kuten bensiini.

Vety on **pienen pieni** alkuaine. Yhdelle millimetrille mahtuisi jonoa jopa 20 miljoonaa vetyatomia! Ihmisen hiuksetkin ovat noin 80 000 kertaa suurempia kuin vetyatomi. Jos vety olisi näin iso (noin 5 mm), ihmisen hiuksen pitäisi olla 400 metriä paksu – yhtä pitkä matka kuin kävelisit tästä Lounaispuistoon! Jos katsomme yhtä vetyatomia, se koostuu ytimeä, jossa on yksi protoni ja sen ympärillä pyörivästä elektronista. Jos vedyn ydin olisi tämän lasikuulan kokoinen (0,5-1 cm), elektroni olisi vain pienen pieni piste, joka voisi löytyä mistä vaan Aalto2-museorakennuksen alueelta.



Aikajana ja historiatietoa

1

13,8 miljardia vuotta sitten tapahtuu alkuräjähdyks ja universumimme syntyy.

375 000 vuotta alkuräjähdyksestä vety on ensimmäinen alkuaine, joka muodostuu, kun universumin muodostava plasma jäähtyy tarpeeksi.

13,4 miljardia vuotta sitten vety ja painovoima muodostavat ensimmäiset tähdet.

4,5 miljardia vuotta sitten meidän Aurinkomme muodostuu ja sen seurauksena sen ympärille muodostuu planeettoja ylimääräisestä materiaasta, kuten meidän Maapallomme.

1520

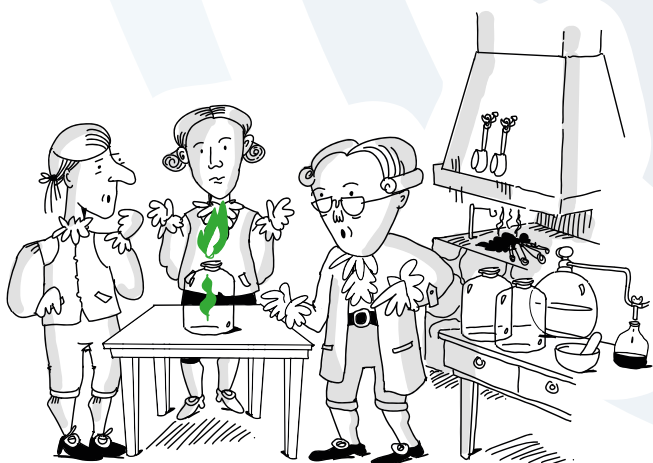
Paracelsus liuottaa metalleja rikkihappoon, josta vapautuu vetykaasua. Tämä on ensimmäinen kerta, kun vedyn olemassaolosta on kirjallisia huomioita.

1600-luku

Useat tiedemiehet, kuten Tuquet de Mayerne, Robert Boyle ja Nicolas Lemery tekevät tutkimuksia ja toteavat, että on olemassa erilaisia kaasuja kuin pelkkä ympärillämme oleva ilma, sillä tutkimuksissa syntyneet kaasut paloivat herkästi.

1766

Henry Cavendish on ensimmäinen, joka huomaa vetykaasun olevan oma, erillinen aineensa, jota syntyy metalli-happo reaktiossa. Hän kutsuu vetyä ”palavaksi ilmaksi”.



1781

Cavendish on ensimmäinen, joka huomaa vetykaasun muodostavan vettä palaessaan.

1783

Antoine Lavoisier antaa vedylle nimen ranskaksi ”hydrogène”, joka tulee kreikan sanoista ”hydro” = vesi ja ”genes” = luoja/syntynyt, kun hän on toistanut Cavendishin kokeet.

1789

Jan Rudolf Deiman ja Adriaan Paets van Troostwijk käyttävät Leidenin pulloa ja sähkövirtaa muodostamaan ensimmäistä kertaa vetyä vedestä elektrolyysin avulla.

1800

William Nicholson ja Anthony Carlisle käyttävät Voltan patsasta, joka on ensimmäinen pariston prototyyppi ja tekevät sillä ensimmäisen nykyaikaisen elektrolyysilaitteiston, jota käytetään edelleen.

1806

Francois Isaac de Rivaz kehittää de Rivaz moottorin, joka on ensimmäinen polttomoottori, joka toimii vedyn ja hapen seoksella. Vetyä säilytetään ilmapallon sisällä, joka toimii moottorin tankkina.

1839

Sir William R. Grove kehittää ”kaasupatterin”, jossa käytetään vetyä ja happea sähkön tuotantoon metallien sijaan. Tämä keksintö oli tärkeä polttokennojen kehittämisessä 100 vuotta myöhemmin.

1863

Etienne Lenoir keksii ”Hippomobiilin”, joka on kulkuväline, jossa on vedyllä toimiva polttomoottori. Hippomobiililla ajetaan reilun 10 km onnistunut testiajo.

1889

Ludwig Mond ja Charles Langer kehittävät Groven kaasupatteria käyttämällä huokoisia elektrodeja, mikä lisää niiden pinta-alaa. He käyttävät kivihiilestä saatavaa vetyä ja nimeävät koneen polttokennoksi.

1900

Ferdinand von Zeppelinin ensimmäinen ilmalaiva Zeppelin LZ 1 käy ensilennollaan heinäkuussa. Ilmalaivassa oli 17 vetysäiliötä, joiden avulla se leijui ilmassa.

1901

Wilhelm Normann keksii rasvojen kovettamisen hydruuksella, jolloin juoksevista rasvoista saadaan kiinteitä lisäämällä niihin vetyä.

1913

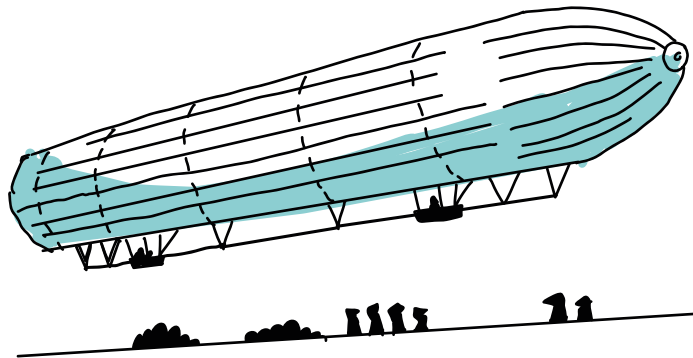
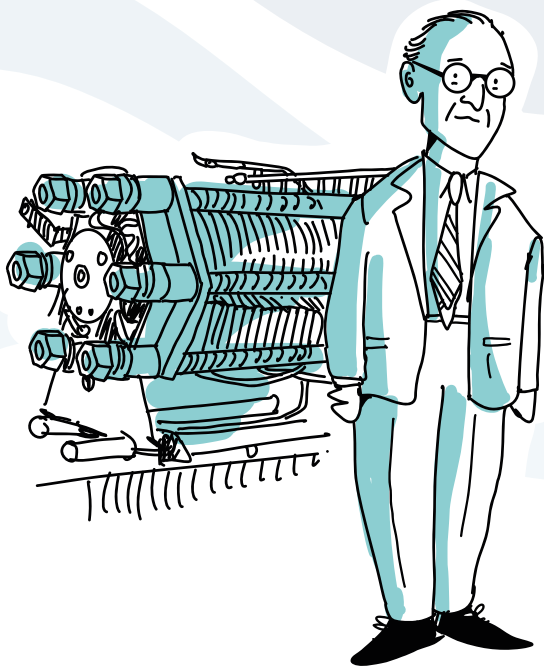
Ensimmäinen tehdas avataan, joka käyttää Haber-Bosch-menetelmää, jolla tuotetaan ammoniakkia vedystä ja typestä. Tämä on äärimmäisen tärkeä prosessi lannoitteiden tuotantoon.

1923

Höyryreformointi keksitään Saksassa, nyt metaanista saadaan vetyä ja hiilimonoksidia.

1936

Saksaan avataan tehdas, jossa tuotetaan Fischer-Tropsch-menetelmällä hiilimonoksidista ja vedystä hiilivetyjä polttoaineiksi.



1937

Ilmalaiva Hindenburg lentää Saksasta Yhdysvaltoihin ja laskeutuessaan New Jerseyssä, vedyllä täytetty ilmalaiva syttyy äkillisesti palamaan. Tarkkaa syytä tuhoon ei vielä ole tiedetty, mutta johtavan teorian mukaan palo syntyi myrskyisen ilman staattisen energian tuottamasta kipinästä.

1939

Francis Bacon kehittää ensimmäisen polttokennon, käyttäen mallina Groven ”kaasupatteria”. Hän vaihtaa platinaelektrodit nikkihappoon ja nikkeli-elektrodeihin, mikä tekee polttokennoista halvempia.

1940

Francisco Pacheco kehittää moottoripyörän, joka toimii suolavedestä tehdyllä vedyllä. Hän kehittää koneistoja seuraavien vuosien aikana ja tekee vetygeneraattorin autoon.

1941

Boris Shelishch muuttaa noin 200 GAZ-AA autoa toimimaan vedyllä bensiinin lisäksi keskellä Leningradin piiritystä, kun tavarakuljetuksia ei pystytty tekemään.

1966

NASA lähettää ensimmäiset testialukset osana Apollo-projekteja avaruuteen käyttäen vetyä polttoaineena.

1966

Union Motors kehittää Electrovair-pakettiauton, joka pystyy ajamaan jopa 100 km/h ja sen kantama on melkein 200 km. Projekti vaati liikaa yhtiön resursseja, joten kokeilua ei lähdetty kehittämään enempää.

1970

Nikkeli-vety patteri keksitään.

1973

Maailman öljyn hinnat nousevat, kun öljyä on haastava saada sotien takia. Maailmalla aletaan miettimään vaihtoehtoisia energianlähteitä oikein kunnolla ja vetypolttokennojen kehitys lähtee kunnolla vauhtiin.

1988

Neuvostoliitossa kehitetään Tupolev Tu-155 lentokone, jossa käytetään nestemäistä vetyä polttoaineena. Koneella testataan vedyn mahdollisuuksia polttoaineena.

1990

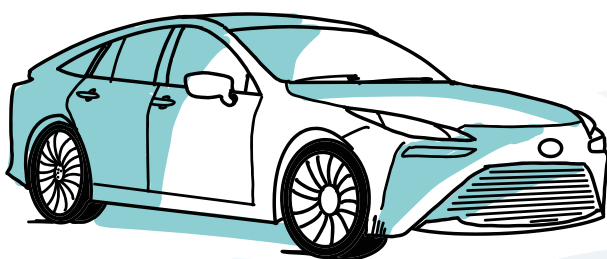
Ensimmäinen aurinkovoimalla toimiva vetytuotantolaitos avataan Saksassa.

1996

Yhdysvallat julkistavat Vedyn tulevaisuus asetuksen (Hydrogen Future Act) joka on yksi ensimmäisiä asetuksia maailmalla, jolla tuetaan vetytutkimusta ja -kehitystä.

1998

Saksalaiset ja italialaiset kehittävät yhdessä tyypin 212 sukellusveneen, joka toimii sekä dieselillä että vedyllä.



1999

Vetyautojen tutkijat alkavat käyttää polttokennoja autoissaan polttomoottorien sijaan.

2001

Kompressoidut vetytankit, jotka voidaan pitää 700 bar paineessa esitellään.

2003

Ensimmäinen vedyn tankkausasema avautuu Islannissa, jolla tankattiin kolmea bussia ja asema tuotti oman vetynsä paikan päällä.

2012

VTT tekee ensimmäisen Vetykartan Suomessa, jossa tarkastellaan vedyn käyttöä ja sen mahdollisuuksia.

2012

Hyundai julkaisee ensimmäisen vetyautonsa, Hyundai ix35 FCEV, jota voidaan liisata.

2014

Toyota tuo markkinoille ensimmäisen vetyautonsa, Mirain.

2018

Kiinassa, Norjassa ja Iso-Britanniassa aloitettiin käyttämään vetybusseja muutamassa kaupungissa.

2020

EU:n vetystrategia tulee käytäntöön. Strategialla lisätään puhtaan vedyn tuotantoa ja priorisoidaan vetyinvestointeja Euroopassa.

2021

SSAB tekee ensimmäisenä maailmassa terästä hyödyntäen vihreää vetyä. Teräksestä rakennetaan kaivoskippiauto.

2022

Eurooppalainen Vetypankki julkistetaan tukemaan vedyn tuotantoa taloudellisesti.

2023

Suomen hallitus hyväksyi päätöksen, jolla Suomi lähtee tekemään suuria vetyinvestointeja. Suomella on mahdollisuudet ja suuntana tuottaa 10% Euroopan vihreästä vedystä vuonna 2030.

2024

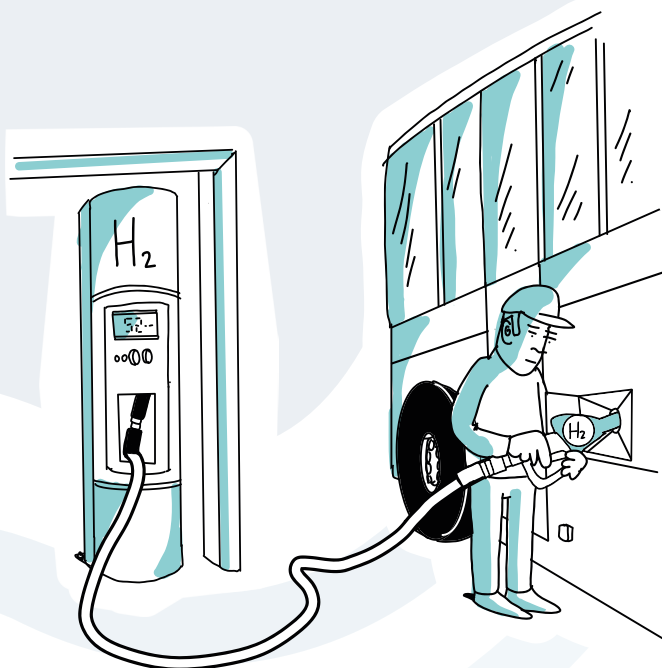
Yhdysvaltain Oaklandin satamaan aukeaa ensimmäinen rekkojen vetytankkausasema.

2025

Helmikuu Vihreän vedyn tuotantolaitos aukeaa Harjavallassa, joka ensimmäinen teollisen mittakaavan laitos Suomessa.

2025

Kesä Vetybusit saapuvat Jyväskylään.



Vedyn tuotanto ja varastointi

2

Vetyä voidaan tuottaa erilaisin tavoin. Tällä hetkellä 95 % maailman vedystä tuotetaan fossiilisista polttoaineista, ja vain 1 % elektrolyysillä tuotetusta vedystä on täysin vihreää. Muutos on kuitenkin käynnissä – investoinnit, teknologian kehitys ja puhtaiden energialähteiden lisääntyvä käyttö vauhdittavat vihreän vedyn tuotantoa. Jyväskylä on osa tätä muutosta.

Vedyn suku on laaja ja värikäs: vedyn eri tyyppejä kuvataan erilaisin värein riippuen tuotantotavasta, vaikka vety itsessään onkin läpinäkyvää.

- » **Vihreä vety** – valmistettu vedestä elektrolyysillä uusiutuvilla energialähteillä
- » **Sininen vety** – valmistettu fossiilisista polttoaineista, mutta hiilidioksidipäästöt varastoidaan tai hyödynnetään
- » **Pinkki vety** – valmistettu vedestä elektrolyysillä ydinvoimaa hyödyntäen
- » **Harmaa vety** – valmistettu maakaasun höyryreformoinnilla
- » **Ruskea vety** – valmistettu kivihiiltä kaasuttamalla

Elektrolyysi on menetelmä, jossa sähkövirta hajottaa veden vedyksi ja hapeksi. Sähkö katkaisee vesimolekyylien sidokset, jolloin positiiviset vetyionit liikkuvat katodille ja muodostavat vetykaasua (H_2), kun taas negatiiviset happi-ionit siirtyvät anodille ja muodostavat happikaasua (O_2). Koska vesimolekyyli on kaksi vetyatomia ja yksi happiatomi, reaktiossa syntyy kaksinkertainen määrä vetyä verrattuna happeen.

Erilaisia elektrolyysereitä:

Elektrolyysissä veden täytyy johtaa sähköä, mutta puhdas vesi ei johda hyvin. Siksi eri elektrolyysimenetelmissä käytetään eri tapoja parantaa sähkönsäilytystä.

- » **Alkalielektrolyysissä** veteen lisätään emäksisiä aineita, mikä kasvattaa ionien määrää ja parantaa sähköjohtavuutta. Tämä on vanhin tapa tuottaa vetyä elektrolyysillä.
- » **PEM-elektrolyysi (Proton Exchange Membrane)** toimii happamissa olosuhteissa ilman lisäaineita. Kiinteä kalvo päästää läpi vain positiiviset ionit, kuten vetyionit. Teknologia on kehittynyt nopeasti ja sitä käytetään jo teollisesti.
- » **AEM-elektrolyysi (Anion Exchange Membrane)** toimii päinvastoin kuin PEM, eli sen kalvo läpäisee negatiivisia ioneja, kuten happi-ioneja. Tämä menetelmä on vielä tutkimusvaiheessa.

Vedyn olomuodot, varastointi ja turvallisuus

Vedyllä on monta olomuotoa ja siksi sitä voidaan varastoida monin tavoin vastaamaan eri käyttötapoja.

- » **Kaasuna** vety vaatii paljon tilaa eikä se ole kovin energiatiheää. Siksi vetykaasu puristetaan korkeassa paineessa (350–700 bar), mikä tekee siitä energiativiimmän ja tilatehokkaamman, jolloin siitä saadaan helpommin käytettävää tankkaukseen.
- » **Nestemäiseksi** vety muuttuu -252,8 °C asteessa normaalissa ilmanpaineessa. Nestemäisenä vety vie vain vähemmän, mikä on tehokasta varastointiin ja kuljettamiseen. Matalan lämpötilan tuottaminen ja ylläpito vie kuitenkin paljon energiaa, joten se ei ole aina kannattavin vaihtoehto käsitteilyyn.
- » **Kiinteisiin materiaaleihin sidottu** vety sopii pitkäkestoiseen varastointiin. Enilaiset huokoiset rakenteet kuten zeoliitit, huokoinen hiili ja metalliorgaaniset verkkorakenteet sitovat vetyä kiinteiden rakenteidensa väleihin.
- » **Muihin materiaaleihin sidottu** vety, kuten metallihydritit ja ammoniakki, mahdollistavat varastoinnin ja kuljetuksen ilman korkeaa painetta tai matalia lämpötiloja. Tämä tekee siitä turvallisen ja tehokkaan vaihtoehdon erityisesti pitkäaikaiseen varastointiin.

Vetyä sitovat materiaalit

Edessäsi näet suurennoksia vetyä sitovien materiaalien rakenteista! Huomaatko miten paljon reikiä ja onkaloita niissä on? Vety kulkeutuu näihin rakenteiden koloihin, joissa kemialliset voimat pitävät niitä tallessa. Vetymolekyylit pystyvät liikkumaan hieman rakenteen sisällä, minkä takia niistä ei pystytä ottamaan kuvaa, jossa ne näkyisivät rakenteiden onkaloissa.

- » **Kuva 1: Huokoinen hiili eli aktiivihiihi** toimii esimerkiksi ilman ja veden puhdistuksessa, myrkytysten hoidossa ja ihonhoidossa.
- » **Kuva 2: Zeoliitteja** hyödynnetään pesuaineissa, ilman puhdistuksessa, maanparannusaineena sekä lemmikkitarvikkeissa kuten kissanhiekassa.
- » **Kuva 3: Metallioorgaanisia huokosmateriaaleja (MOF)** käytetään kaasujen kuten hiilidioksidin ja metaanin talteenotossa, katalyytteinä kemiallisissa prosesseissa, lääkeaineiden kuljettimina ja veden puhdistuksessa haitta-aineiden suodattajana.

HyPER -hanke

Vedyn varastointiin ja kuljetukseen liittyvät ratkaisut ovat avainasemassa, kun rakennetaan toimivaa ja kestävä vetytaloutta. HyPER-hankkeessa (Hydrogen Production and Storage as an Enabler of Industrial Renewal in Central Finland) tutkitaan ja kehitetään vedyn tuotanto- ja varastointiratkaisuja hyödyntäen digitalisaatiota ja uutta materiaalitekniologiaa. Hankkeessa luodaan alueellisen ja kansainvälisen yhteistyön avulla ratkaisuja, jotka tukevat Keski-Suomen teollisuuden uudistumista ja vahvistavat alueen asemaa osana kansainvälistä vetytaloutta.



Vetyhaurastuminen

Vetyhaurastuminen on ilmiö, jossa pienet vetyatomit tunkeutuvat metalliin, heikentäen sen rakennetta. Tämä voi tapahtua vedyn käytön yhteydessä tai luonnollisesti esimerkiksi korroosion eli ruostumisen seurauksena. Vety sitoutuu metalliin, aiheuttaa mikroskooppisia halkeamia, ja voi lopulta johtaa materiaalin murtumiseen.

Vetyhaurautta voidaan kuitenkin estää esimerkiksi erityisillä pinnoitteilla, joita käytetään jo laajasti ja kehitetään jatkuvasti eteenpäin, muun muassa Jyväskylän ammattikorkeakoulussa (Jamk) ja Jyväskylän yliopistossa (JYU).

» Tiesitkö, että?

Suomalainen fyysikko Tuomo Suntola kehitti atomikerroskasvatuksen (ALD)-pinnoiteteknologian, jota Jamk ja JYU tutkivat vetyhaurastumisen ehkäisyyn. Erilaisia ALD-pinnoitteita on laajasti käytössä mobiililaitteissa, esimerkiksi sinunkin puhelimesi näytössä ja akussa!

Näyte 1:

Tässä näytteessä on **sinkkioksidista (ZnO) tehtyjä ohuita pinnoitteita**, jotka on kasvatettu **piikiekon palasille**. Piikieko on sileä ja kiiltävä, joten eri paksuiset pinnoitteet näkyvät eri väreinä. Värit johtuvat siitä, että valo heijastuu pinnoitteen ja piikiekon rajapinnoista, ja nämä heijastukset yhdistyvät eri tavoin. Kaikki näytteet ovat samaa materiaalia, mutta pinnoitteiden paksuus vaihtelee.

Näyte 2:

Tässä näytteessä **ohut alumiinioksidikerros (Al_2O_3)** on kasvatettu **titaanilla pinnoitetun muovin (PET) päälle**. Titaanipinnoite toimii heijastavana taustana, joka tekee ohuen pinnoitteen näkyväksi valon avulla. Pinnoite on vain noin **30 nanometriä paksu**, joten ilman heijastavaa taustaa sitä ei voisi nähdä paljaalla silmällä.

20 nm ZnO	40 nm ZnO	60 nm ZnO	80 nm ZnO
100 nm ZnO	120 nm ZnO	140 nm ZnO	160 nm ZnO
180 nm ZnO	200 nm ZnO	220 nm ZnO	240 nm ZnO
260 nm ZnO	280 nm ZnO	300 nm ZnO	320 nm ZnO

Näyte 3:

Tässä voit vertailla kolmea erilaista metallisauvaa: vedylle altistettua, käsittelemätöntä ja ALD-pinnoitettua. Oikeanpuoleinen sauva on altistettu vedylle, keskimäinen on käsittelemätön referenssisauva. Näiden kahden välillä ei näy silmämääräisiä eroja – muutokset tapahtuvat metallin rakenteessa. Vasemmanpuoleinen sauva on puolestaan teollisuudessa käytettävää putkiterästä, joka on pinnoitettu alumiinioksidilla (Al_2O_3) ja titaanioksidilla (TiO_2).

→ sauva on **teollisuuden putkissa käytettävää terästä** ja pinnoitteessa on alla ohut 10 nm kerros Alumiinioksidia Al_2O_3 ja päällä n. 100 nm Titaanidioksidia TiO_2 .

gH2ADDVA-hanke

Vedyn hyödyntäminen energiasysteemeissä edellyttää kestävästä materiaali-osaamista – esimerkiksi pinnoiteteknologioita, joilla hallitaan vetyhaurastumista. gH2ADDVA-hankkeessa (Adding Value by Green Hydrogen) tutkitaan vihreän vedyn tuotantoa, taloudellista kannattavuutta ja uusia materiaali-ratkaisuja. Hankkeessa syntyy tarkempaa tietoa vedyn tuotannon taloudellisuudesta, erityisesti elektrolyysimenetelmällä, ja sen vertaamisesta muihin tuotantomenetelmiin. Hankkeessa tekoälymenetelmät tukevat vedyn arvoketjujen mallintamista, ja tavoitteena on edistää puhtaampaa ja omavaraisempaa energiantuotantoa Keski-Suomessa.



Näkymätöntä mutta turvallista

Vety on näkymätöntä ja hajutonta, mutta sitä voidaan havaita ilmaisimilla. Vaikka vuototilanteessa vety ei ole haitallista hengitettynä, sitä tulee käsitellä varovasti kuten muitakin polttoaineita - emmehän käytä sytkäreitä bensiinin tankkausasemillakaan. Vuototilanteessa vety haihtuu nopeasti ja hyvin tuuletetuissa tiloissa pitoisuus ei pääse rikastumaan, mikä vähentää syttymisriskiä. Palaessaan vety nousee ylöspäin, mikä vähentää palovaaraa maan tasolla. Sen liekki on näkymätön, koska palamistuotteena syntyy vain puhdasta vettä. Ilman epäpuhtaudet voivat kuitenkin antaa liekillä väriä palaessaan.

Vetyinnovaatioita

Calciner – kiertotalouden ratkaisu betonin valmistukseen

Betoni on maailman käytetyimpiä rakennusmateriaaleja, mutta sen valmistus tuottaa runsaasti hiilidioksidipäästöjä. Calciner yhdistää sähköisen kalsinoinnin ja hiilidioksidin talteenoton, mahdollistaen sementin valmistuksen ilman fossiilisia polttoaineita ja päästöjä. Talteen otettu hiilidioksidi muunnetaan vedyn avulla hiilivedyksi, kuten vahaksi, jota on käytetty kynttilöihin. Teollisessa mittakaavassa vahaa on tarkoitus hyödyntää raakaöljyn korvaajana öljynjalostamoilla.

» Tiesitkö, että?

Vety on tärkeässä roolissa monen hiilidioksidin hyötykäyttöratkaisun mahdollistajana, koska hiilidioksidista ja vedystä voidaan tehdä hiilivetyä. Monessa sovelluksessa hiilivetyjen hiili vapautuu lopulta ilmakehään. Hiilidioksidin hyötykäytöllä saavutetaan kuitenkin merkittävä ilmastohyöty, kun nykyisen kahden päästön sijaan syntyykin vain yksi päästö.

e-fuel – tulevaisuuden polttoaine

e-fuel eli sähköpolttoaine on synteettinen polttoaine, joka valmistetaan vihreästä vedystä ja talteen otetusta hiilidioksidista. Sen avulla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita esimerkiksi lentoliikenteessä ja teollisuudessa, ilman että nykyisiä moottoreita tai infrastruktuuria tarvitsee muuttaa.

» Tiesitkö, että?

Vihreästä vedystä ja hiilidioksidista valmistettua sähköpolttoainetta testattiin ensimmäistä kertaa käytännössä traktorissa vuonna 2023 Nokialla?

BECCU – bioenergia kohtaa kiertotalouden

BECCU-projektissa kehitettiin arvoketjua, jossa bioenergian tuotannon hiilidioksidipäästöistä ja vihreästä vedystä valmistettiin erikoiskemikaaleja muoviteollisuuteen. Prosessi mahdollistaa polyuretaanituotteiden kuten eristelevyjien, pinnoitteiden ja vaahtoliimojen raaka-aineena käytettävien polyolien hiilijalanjäljen merkittävän pienentämisen.

» Tiesitkö, että?

Polyuretaaneja käytetään esimerkiksi huonekaluissa ja autonistuimissa. Tulevaisuudessa sohvasi pehmusteet voisivat olla osittain valmistettu talteen otetusta hiilidioksidista ja vihreästä vedystä!

Vetykokkailu

Tiesitkö, että vedyllä voi kypsentää myös ruokaa? Vety palaa korkeassa lämpötilassa ja tuottaa ainoastaan vettä – se kypsentää ruoan nopeasti ja pitää sen mehukkaana. Vety pizzauunissa paistui pizzaa kaupunkilaisille ensimmäistä kertaa Suomessa vuonna 2024 Jyväskylän Valon kaupungin "Vetyä, valoa ja voimaa" -tapahtumassa.

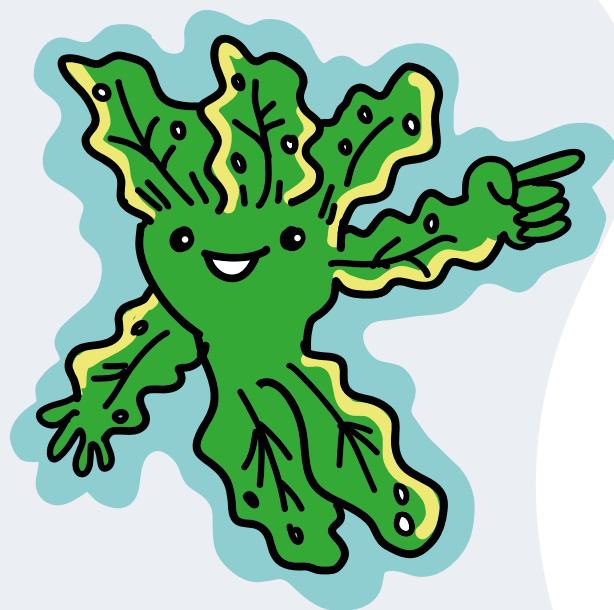
Tulevaisuuden vetyratkaisuja etsitään yhdessä

4

Tulevaisuudessa vihreä vety saattaa olla osa puhtaampaa ympäristöäsi ja arkeasi. Vihreä vety voi olla esimerkiksi erilaisten kulkuneuvojen polttoaineena, pizzan paistajana kuin kodin ja saunan lämmittäjänä. Jyväskylän seudulla tutkitaan vedyn mahdollisuuksia monen organisaation taholla ja yhteistyössä. Esimerkkinä tulevaisuuteen katsova Jamk -tutkimus: Leväkasvattamo.

Mikrolevät – tulevaisuuden vedyn tuottajat?

Vedyn tuottaminen elektrolyysillä tarvitsee paljon sähköä, joten vaihtoehtoisia tuotantokeinoja tutkitaan paljon. Yksi näistä on vedyn tuotanto mikrolevien avulla. Tietyt mikrolevälajit voivat tuottaa vetyä auringonvalon avulla. Tätä kutsutaan biofotolyysiksi. Biofotolyysissä levät käyttävät valoa energianlähteenään ja hajottavat vettä. Tässä prosessissa vedestä vapautuu happea, ja erityiset entsyymit muuttavat osan vedestä vetykaasuksi. Biofotolyysi on siis kuin kasvien yhteyttäminen, mutta sen avulla saadaan uusiutuvaa vetyä.



Mikroleväkasvattamo

Näkemäsi vihreä vesi koostuu monista, monista pienistä mikrolevistä. Mikrolevien solutiheys voi vaihdella miljoonista miljardeihin soluihin millilitrassa. Yhdessä litrassa mikroleväkasvattamon vettä voi siis olla jopa biljoonia soluja.

Tiesitkö että?

Mikrolevää voi syödä! Ne ovat todellisia ravintopommeja, sisältäen runsaasti proteiinia, vitamiineja, kivennäisaineita ja terveellisiä rasvahappoja. Levä on myös ympäristöystävällinen ravinnonlähde, sillä sen kasvatus vie vain vähän tilaa ja se sitoo hiilidioksidia ilmakehästä. Siksi levää pidetään tulevaisuuden superruokana.

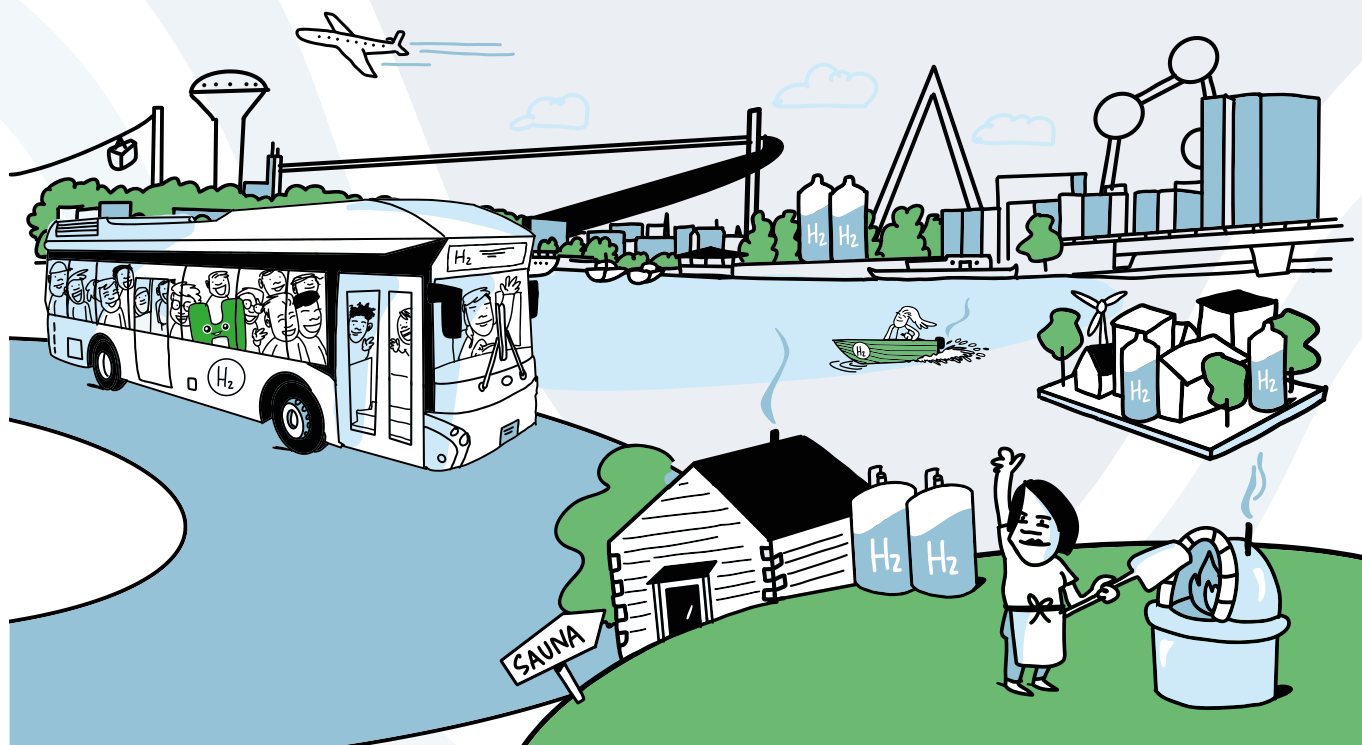
HiHaCO₂ – hanke

Mikrolevien kyky tuottaa vetyä ja sitoa ravinteita tarjoaa uusia mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen ja uusiutuvan energian tuotantoon. "Hiili - haitasta hyödyksi" (HiHaCO₂) -hankkeessa kehitetään menetelmiä, joilla esimerkiksi kalankasvatuksen jätevesi ja hiilidioksidi voidaan hyödyntää levien avulla vedyn ja muiden arvoaineiden tuotantoon. Hanke yhdistää poikkitieteellisesti bio- ja ympäristötieteitä, kemiaa ja tekoälyä. Tavoitteena on muuttaa jätevirrat resursiksi – ja tehdä tulevaisuudesta hiiliviisaampi mikrolevä kerrallaan.



Jyväskylän vetyekosysteemin toimijoita

- » **Cefmof** on säätiö, joka tukee Keski-Suomen hiilineutraalisuutta vihreän vedyn innovaatioilla ja monialaisen yhteistyön vauhdittamisella kestävän liikkumisen ja kaupunkikehityksen saralla.
- » **Jyväskylän ammattikorkeakoulu (Jamk)** kehittää vihreän vedyn tuotantoa, käyttöä ja opetusta soveltavan tutkimuksen ja työelämälähtöisen koulutuksen keinoin.
- » **Jyväskylän yliopisto (JYU)** tutkii vedyn tuotantoa, varastointia ja katalyysejä yhdistäen kokeellisen ja laskennallisen tutkimuksen kestävän tulevaisuuden rakentamiseksi.
- » **VTT** kehittää vetypohjaisia ratkaisuja ja tarjoaa tutkimus- ja validointipalveluja tukien vetyekosysteemin rakentumista paikallisesti ja kansainvälisesti.
- » **Yritystehdas** tukee alkuvaiheen kasvuyrityksiä ja toimii alustana vetyyn liittyvien liiketoimintojen kehittämiseksi yhdessä korkeakoulujen kanssa.
- » **Kasvu Open** sparraa suomalaisia yrityksiä kasvuun, ja vauhdittaa vetytalouden edelläkävijöiden kehitystä Seed Village -ohjelman kautta.
- » **Aalto2-museokeskus** tuo yhteen kulttuurin, tieteen ja muotoilun, tarjoten monipuolisia kohderyhmille mahdollisuuden oppia vihreän vedyn historiasta, kehityksestä ja nykyhetkestä.



Lopetus

Jyväskylän vetybussit ja vetyekosysteemi

Keski-Suomen rooli

Suomen tavoitteena on tuottaa 10 % EU:n vihreästä vedystä vuoteen 2030 mennessä. Keski-Suomella voi olla yksi merkittävä vetytalouden rakentaja, minkä mahdollistaa:

» **Biogeeninen CO₂**

Äänekosken biotuotetehtaalla syntyy paljon biogeenistä hiilidioksidia (CO₂). Sitä voidaan yhdistää vihreään vetyyn synteettisten polttoaineiden ja kemikaalien valmistuksessa, mikä auttaa vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

» **Pääsy vähähiiliseen sähköön**

Keski-Suomen halki kulkee nykyinen ja suunnitteilla oleva suuriin jännitteisiin perustuva sähköverkko.

» **Puhdasta, makeaa vettä**

Päijänne voi tarjota elektrolyysiin tarvittavan vesivarannon.

» **Korkeaa digitaalista osaamista**

Alueen yliopistossa ja ammattikorkeakouluissa on korkeaa digitaalista osaamista, joka tukevat vetytalouden kehitystä esimerkiksi energianjärjestelmien optimoinnissa, vetyinfrastruktuurin turvallisuudessa ja älykkäässä liikenteessä.

Miksi juuri Jyväskylä?

Keski-Suomi on nimensä mukaisesti keskellä Suomea, ja monet ihmiset ja erityisesti tavarat eri puolille Suomea kulkevat Jyväskylän kautta; keskeinen sijainti on hyvä paikka Suomen ensimmäiselle vetytankkausasemalle. Jyväskylä tähtää ensimmäiseksi kaupungiksi Suomessa, jossa vedyn käyttö on näkyvästi osa kaupunkilaisten arkea.

Jyväskylän keskeinen sijainti valtateiden 4, 9 ja 18 varrella tukee sen roolia vetytalouden edelläkävijänä. Lisäksi EU on päättänyt, että jokaisessa kaupunkisilmukohdassa tulee olla vedyn tankkausasema vuoteen 2030 mennessä, mikä vahvistaa Jyväskylän strategista asemaa.





Central Finland Mobility Foundation

**Co-creating a
carbon neutral future**