

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2024

Ville Heikkilä

Vedyn käyttö ajoneuvojen energianlähteenä



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2024 | 25 sivua

Ville Heikkilä

Vedyn käyttö ajoneuvojen energianlähteenä

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä vedyn käyttöön ajoneuvojen energianlähteenä tällä hetkellä ja tulevaisuudessa. Työssä perehdytään siihen, miksi vety olisi hyvä polttoaine ja toisaalta mitä haasteita siihen liittyy. Työssä esitellään vedyn tuotantomenetelmiä ja niiden ympäristövaikutuksia. Työssä kerrotaan myös vedyn ajoneuvokäytön historiasta ja nykyisistä vetyautomalleista sekä vedyn käytöstä kilpa-ajoneuvojen polttoaineena. Opinnäytetyö toteutettiin etsimällä tietoa erilaisista kirjallisuuslähteistä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville, että vety on jo historiassa pitkään tunnettu polttoaine. Silti vetyä on alettu vasta viime vuosina hyödyntämään suuremmissa mittakaavassa ajoneuvojen polttoaineena. Vety on vihreästi tuotettuna päästötön energianlähde ja vaikuttaa positiivisesti hiilineutraalin liikenteen tulevaisuuteen. Opinnäytetyö osoitti, että vedyn käyttöön, varastointiin ja kuljetukseen liittyy haasteita, jotka hidastavat vetyinfrastruktuurin kehittymistä. Vetyä on myös kokeiltu polttoaineena kilpa-ajoneuvoissa ja vety voi olla ratkaisu tulevaisuudessa päästöttömään moottoriurheiluun.

Asiasanat:

Vety, polttokenno, moottoriurheilu, energialähteet

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Automotive and Transportation Engineering

2024 | 25 pages

Ville Heikkilä

Use of hydrogen as an energy source for vehicles

The aim of the thesis was to learn about how hydrogen is used as an energy source for vehicles currently and in the future. The thesis explores why hydrogen would be a good fuel and, on the other hand, what challenges are associated with it. The thesis presents production methods of hydrogen and their environmental effects. The thesis also describes the use of hydrogen in vehicles, current hydrogen car models, as well as the use of hydrogen as a fuel in racing vehicles. The thesis was carried out by searching for information from various literature sources.

As a result of the thesis, it was found out that hydrogen is already known fuel with long history. However, it is only in recent years that hydrogen has started to be used as a vehicle fuel on a larger scale. When produced in sustainable way, hydrogen is an emission-free energy source and contributes positively to the future of carbon-neutral transport. The thesis showed that there are challenges associated in the use, storage, and transport of hydrogen, which slow down the development of the hydrogen infrastructure. Hydrogen has also been tested as a fuel in racing vehicles and hydrogen could be a solution for emission-free motor sports in the future.

Keywords:

Hydrogen, fuel cell, motor sports, energy sources

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Vety	7
2.1 Vety osana hiilineutraalisuutta	7
2.2 Vedyn tuotanto	8
2.3 Vedyn varastointi ja kuljetus	9
3 Vety energianlähteenä henkilöautossa	11
3.1 Vetyauton historia	11
3.2 Polttokenno	12
3.3 Polttokennotyypit	14
3.4 Vetyautojen nykymallit	16
3.4.1 Huyndai ix35	16
3.4.2 Toyota Mirai 2014	16
3.4.3 Huyndai Nexo	17
3.4.4 Toyota Mirai 2021	18
4 Vedyn käyttö moottoriurheilussa	19
4.1 Nykytilanne	19
4.2 Tulevaisuudessa	21
5 Yhteenveto	22
Lähteet	23

Kuvat

Kuva 1. Elektrolyysikennojen toimintaperiaatteet. (Tukes 2024.)	9
Kuva 2. Suomen ensimmäinen vetyauto ja vetypolttokennoauto. (Kemia 2024.)	12
Kuva 3. GM Electrovan (Topspeed 2021).	12
Kuva 4. Vetypolttokenno (PEMFC). (Sesko Ry, Åström 2022.)	13

Kuva 5. Eri polttokennotyytit. (Sesko Ry, Åström 2022.)	15
Kuva 6. Huyndai ix35 FCEV. (Huyndai 2015.)	16
Kuva 7. Toyota Mirai 2014. (Toyota 2014.)	17
Kuva 8. Huyndai Nexo 2018. (Green Car 2018.)	17
Kuva 9. Toyota Mirai 2021. (Moottori 2021.)	18
Kuva 10. Toyota GR Yaris H2. (Rallit.fi 2022.)	19
Kuva 11. Toyota GR Corolla H2. (Toyota Europe Newsroom 2023.)	20

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä perehdytään vedyn käyttöön ajoneuvojen energianlähteenä. Vety on ympäristöystävällinen vaihtoehto fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Vety on jäänyt sähkö- ja hybridautojen varjoon markkinoilla, sillä vetyinfrastruktuuri on hyvin suppea ja sen kehittäminen vie aikaa ja on kallista.

Luvussa kaksi kerrotaan vedyn tuotannosta ja vaikutuksista hiilineutraalisuuteen. Vedyn käyttöä ajoneuvojen energianlähteenä kehitetään, koska vety on hiilineutraali polttoaine. Liikenteen sähköistyminen ei pelkästään ole vastaus hiilineutraalille tulevaisuudelle, joten vety ajoneuvojen energianlähteenä sähköautojen rinnalla pystyy luomaan monipuolisemman kokonaisuuden.

Työssä esitellään vedyn käytön historiaa ajoneuvojen energianlähteenä. Luvussa kolme kerrotaan polttokennotyypeistä ja vedyn elektrolyysistä. Lisäksi luvussa esitellään nykyisiä vetyautomalleja ja kerrotaan niiden kehityksestä.

Luvussa neljä kerrotaan vedyn käytöstä moottoriurheilussa. Moottoriurheilussakin mennään kohti hiilineutraalisuutta ja vety on mahdollista tulevaisuutta kilpa-autojen energianlähteenä. Toyota on jo kehittänyt vetykäyttöisiä kilpa-autoja ja osallistunut niillä kilpailuihin.

2 Vety

Vety on yleinen alkuaine ja sitä esiintyy runsaasti maailmassa. Vety on väritön, hajuton ja todella helposti syttyvä aine. Luonnossa se esiintyy kaasuna, joka muodostuu kahdesta vetyatomista H_2 . Sekoittuessaan ilman tai hapen kanssa ja sytytettyinä vety vapauttaa suuren määrän lämpöenergiaa. Vedyn kiehumispiste on $-252,9\text{ °C}$ joten nestemäisen vedyn lämpötilan tulee olla matalampi kuin tämä. (Tukes 2024.)

2.1 Vety osana hiilineutraalisuutta

Euroopan parlamentin vetystrategiassa todetaan, että puhdas energia on ilmastoneutraalin Euroopan kannalta välttämätöntä. Vety on ominaisuuksiltaan hyvä polttoaine, koska se ei aiheuta kasvihuonepäästöjä. Vedyn käytön ainoa sivutuote on vesi. Sitä voidaan käyttää myös muiden kaasujen ja nestemäisten polttoaineiden tuottamiseen. Parlamentin vetystrategiassa todetaan myös, että Euroopassa edistetään vetyinfrastruktuurin käyttöönottoa. (Euroopan parlamentti 2023.)

Kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa (Hiilineutraali Suomi 2035) linjataan toimia, joilla Suomi vähentää kasvihuonekaasuja ja saavuttaa hiilineutraalisuustavoitteen. Strategian keskiössä on vihreä siirtymä ja venäläisestä fossiilisesta energiasta irtautuminen. Asiakirjassa esitetään toimenpiteitä, joilla edistetään vetytaloutta. Siinä todetaan, että vedyn käyttöä pilotoidaan liikenteessä, erityisesti raskaassa maantieliikenteessä ja vesiliikenteessä. Siinä linjataan myös, että vetyä voidaan hyödyntää monipuolisesti raaka-aineena, polttoaineena ja energiankantajana.

Vedyllä voidaan korvata fossiilisten raaka-aineiden käyttöä, jos vety tuotetaan päästöttömästi. Päästöttömän eli vihreän vedyntuotannon edellytys on elektrolyysin toteutus päästöttömällä sähköllä. Vetyinfrastruktuurin luominen vaatii julkista rahoitusta, koska elektrolyysi on vielä kallista. Keskeinen asia on

huomioida turvallisuuden varmistaminen vedyn tuotannossa ja käytössä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022.)

2.2 Vedyn tuotanto

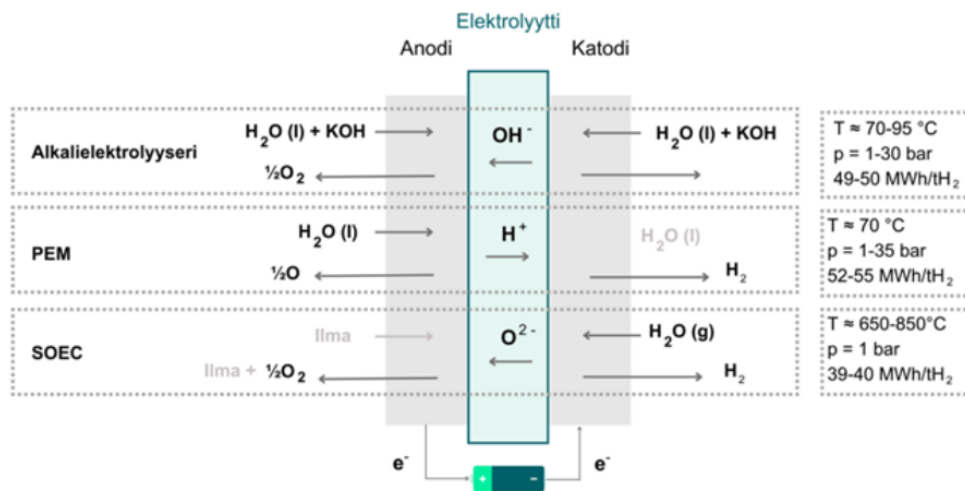
Vety on historiassa pitkään tunnettu ja sitä on osattu valmistaa jo 1600-luvun lopusta alkaen (Woikoski 2024). Eniten vetyä käytetään fossiilisten polttoaineiden sekä erilaisten kemikaalien valmistuksessa ja jalostuksessa (vetyrakkaus). Metaanin ja ammoniakkin valmistus (Haber-Bosch prosessi) kuuluu myös vedyn suurimpiin käyttökohteisiin. Vetyä voidaan käyttää polttoaineena polttokenossa, jossa vedyn palamisenergia muutetaan sähköksi, tai polttomootorissa normaalin polttoaineen tavoin. Vedyn käyttö polttoaineena on tullut yhä tärkeämmäksi käyttökohteeksi. (Tukes 2024.)

Normaaliolosuhteissa vety ei esiinny valmiiksi käytettävässä muodossa vetymolekyylinä vaan se on sitoutunut erilaisiin yhdisteisiin, kuten veteen tai hiilivetyihin. Tämän takia se on jollain tavalla saatava erotettua näistä yhdisteistä. Vedyn tuotanto on siksi aina energiaa kuluttava prosessi. (Tukes 2024.)

Tänä päivänä yleisin vedyntuotantomenetelmä maailmanlaajuisesti on höyryreformointi, jossa vety pääasiallisesti tuotetaan fossiilisesta maakaasusta. Vedyn tuotannossa ollaan kuitenkin siirtymässä koko ajan kohti ympäristöystävällisempää toimintaa. Uusiutuvan eli vihreän vedyn tuotannossa merkittävin menetelmä on veden hajotus elektrolyysillä käyttäen uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä. (Tukes 2024.)

Elektrolyysissä veden sisältämä happi ja vety erotetaan toisistaan sähkökemiallisesti. Prosessi kuluttaa runsaasti sähköä, normaalisti noin 55 kWh/1 kg vetyä. Käytetystä sähköenergiasta noin 30 % muuttuu lämpöenergiaksi eli menee hukkaan, jos sitä ei oteta talteen. Tulevaisuudessa kuitenkin pyritään siihen, että lämpö otettaisiin talteen ja käytettäisiin hyödyksi esim. rakennusten tai käyttöveden lämmityksessä tai mahdollisesti teollisuuden prosesseissa. Elektrolyysissä syntyvää hapetta voidaan käyttää hyödyksi

muissa erilaisissa teollisissa prosesseissa. Elektrolyysereitä on erilaisia ja ne toimivat eri tavoilla, mutta näistä yleisin ja pisimpään käytössä ollut on alkalielektrolyysi. Kuvassa 1 on esitetty myös protoninvaihtomembraanielektrolyysin (PEM) sekä kiinteäoksidgelektrolyysin (SOEC) toimintaperiaate. (Tukes 2024.)



Kuva 1. Elektrolyysikemien toimintaperiaatteet. (Tukes 2024.)

2.3 Vedyn varastointi ja kuljetus

Vedyn varastointi ja kuljetus on yksi vedyn suurimmista haasteista. Vedyn pienen volymetrin energiasisällön takia sen varastointiin kaasumaisena tarvitaan erittäin suuri paine, jopa 700 bar. Tämä aiheuttaa suuria kustannuksia ja kriteerejä vedyn varastoinnin kestäville säiliöille. Toinen tapa varastoida vetyä on nestemäisessä muodossa. Tämä vaatii alle -253 celsiusasteen lämpötilan ja on siksi haasteellista, sillä säiliötä täytyy jäähdyttää jatkuvasti. (Motiva 2024a.)

Vedyn kuljetus onnistuu esimerkiksi laivalla tai rekalla, mutta korkeapaineiset tai erittäin kylmänä pysyvät säiliöt vievät paljon tilaa ja ovat painavia. Tämä aiheuttaa haasteita kuljetuksessa. Paras tapa vedyn kuljettamiseen on kaasuputki, mutta putkikuljetus on kannattavaa vain, jos siirrettävät vetymäärät ovat suuria ja tarve on pitkäkestoista. Vedyn kuljettamiselle kaasuputkissa täytyisi kuitenkin rakentaa omat uudet putket, koska esimerkiksi nykyisin

käytössä olevat maakaasun kuljetusputket eivät sovellu vedyn kuljettamiseen. Tämä merkitsee huomattavia rakennuskustannuksia, vaikka vedyn kuljetukseen tarkoitettuja putkia on jo maailmalla tuhansia kilometrejä. (Fortum 2020.)

3 Vety energianlähteenä henkilöautossa

3.1 Vetyauton historia

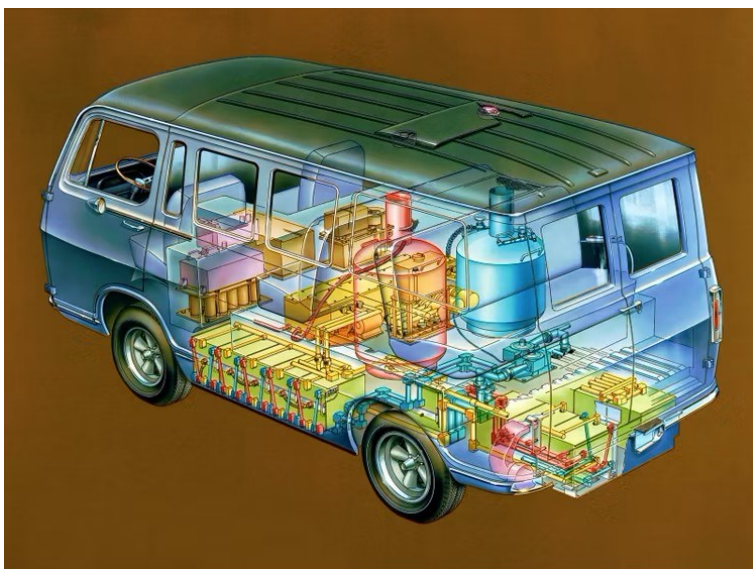
Polttokenno keksittiin jo 1800-luvulla, mutta ajoneuvokäyttöön sitä on alettu soveltamaan vasta 2000-luvulla. Ensimmäiset prototyypit valmistettiin kuitenkin jo 1960-luvulla. (Tekniikka & Talous 2021.) Aivan ensimmäisen polttomoottorin, joka käytti polttoaineena vetyä, suunnitteli ja valmisti sveitsiläinen Francois Isaac de Rivaz vuonna 1807, mutta tämä oli kuitenkin hyvin epäonnistunut malli (Mercedes-Benz Group 2024).

Myös nykyiset ympäristöystävälliset ratkaisut ajoneuvojen liikuttamisessa, kuten sähkö ja vety, ovat olleet käytössä jo kauan aikaa sitten. Syynä ei silloin ollut ympäristöystävällisyys vaan täysin se, että bensiinimoottori kehitettiin vasta myöhemmässä vaiheessa, jonka jälkeen se valtasi markkinat. 1930-luvulla Suomessakin ajettiin jo vetykäyttöisellä autolla, mutta kyseessä ei kuitenkaan ollut polttokennoratkaisu. Teollisuusyritys Woikosken silloisen omistajan muuntamassa ajoneuvossa vetykaasu ohjattiin omatekoisen kupariputkesta tehdyn suuttimen kautta polttomoottorin kaasuttimeen ja sytytyksen ajoitusta säädettiin, jotta auto kävi. (Tekniikka & Talous 2021.) Kuvassa 2 on esitetty Suomen ensimmäinen vedyllä liikkunut auto 1930-luvulta ja Suomen ensimmäinen vetypolttokennoauto, vuoden 2014 Hyundai ix35.



Kuva 2. Suomen ensimmäinen vetyauto ja vetypolttockennoauto. (Kemia 2024.)

Maailman ensimmäinen polttokennoauto valmistettiin vuonna 1966 General Motorsin toimesta, kyseessä oli GM Electrovan. Polttoaineenaan auto käytti nestevetyä sekä nestehapetta, joka on jokseenkin epätavallinen käytäntö. Autossa oli 32 polttokennoa sarjaan kytkettyinä. Ne tuottivat 32 kW jatkuvan tehon ja hetkellisesti jopa 160 kW. Toimintamatka ajoneuvossa oli noin 200 km. Ajoneuvon omamassa oli huimat 3200 kg ja autossa oli tilaa maksimissaan kahdelle ihmiselle. Kuvassa 3 on havainnollistuksena Electrovanin toteutus. (Topspeed 2021.)

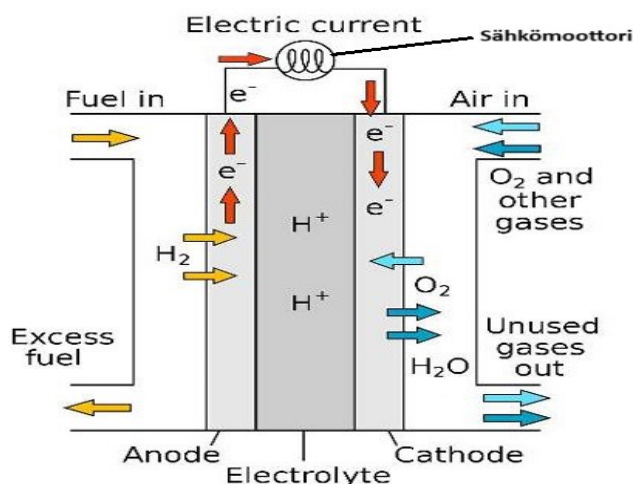


Kuva 3. GM Electrovan (Topspeed 2021).

3.2 Polttokenno

Polttokennosta puhuttaessa tarkoitetaan polttoainekennoa (fuel cell), josta saadaan sähköenergiaa, kun reaktioaine, eli tässä tapauksessa vety, reagoi hapen kanssa. Kennossa ei varsinaisesti tapahdu palamista vaan hapetus- ja pelkistysreaktioita. Rakenteeltaan polttokenno on jossakin määrin normaalin akun tapainen, sillä polttokennossa on anodi ja katodi. Erona kuitenkin normaaliin akkuun on se, että reaktioaine ja hapetin lisätään ulkopuolisesta lähteestä. (Motiva 2024b.)

Reaktioaine eli vety luovuttaa elektronin anodilla eli hapettuu. Hapettimena toimii ulkoilman sisältämä happi. Sähkövirran synnyttämät elektronit johdetaan ulkoisen piirin kautta katodille, jossa hapetin ottaa vastaan elektronin eli pelkistyy. Ulkoinen piiri voi olla esimerkiksi auton liikuttamiseen käytettävä sähkömoottori. Kuvassa 4 on havainnollistava esimerkki reaktioista. (Motiva 2024b.)



Kuva 4. Vetypolttokenno (PEMFC). (Sesko Ry, Åström 2022.)

Polttokenno on polttomoottoriin verrattuna erilainen, sillä sen hyötysuhde on suurimmillaan pienillä kuormilla. Polttomoottorin hyötysuhde on taas täysin päinvastainen. Tästä syystä polttokenno sopii parhaiten ”tyhjäkäynti” voittoisiin käyttöihin. Polttokennon hyötysuhteelle on eduksi, jos se pystyy toimimaan mahdollisimman paljon vakioteholla. Kun tarvitaan paljon tehoa nopeasti niin polttokennon rinnalla täytyy olla akku, johon on taltioitu energiaa ja se voidaan hyödyntää. Jos polttokenno tuottaa tehoa enemmän kuin tarvitaan niin ylimäärä voidaan taltioida akkuun. Myös sähkömoottorin hidastuksissa tuottama regeneroitu sähkö vaatii akun varastointipaikakseen.

Polttomoottorin hyötysuhde vaihtelevassa ajossa on noin 15-20 prosenttia, kun taas polttokennon hyötysuhde vastaavassa tilanteessa on jopa 50 prosenttia. Henkilöautolla ajaminen tapahtuukin suurimmaksi osaksi osittaisella

kuormituksella, joten polttokennon hyötysuhde on käytännössäkin huomattavasti suurempi kuin polttomoottorin. (Motiva 2024b.)

3.3 Polttokennotyypit

Polttokennoja on erilaisia ja ne jaotellaan sen mukaan, millaista elektrolyyttiä ne käyttävät ja millä lämpötila-alueella kenno toimii. Polttokennojen ominaisuudet puolestaan vaikuttavat millaisiin sovelluksiin ne sopivat parhaiten. Tässä on kerrottuna lyhyesti viiden yleisimmän polttokennotyyppin toimintaperiaatteet sekä käyttökohteet ja lopussa kuvassa 5 on tietoa eri polttokennotyyppien eroista. (U.S. Department of Energy 2024.)

PEMFC eli polymeeripolttokenno on yleisin liikenteessä ja piensovelluksissa käytettävä polttokennotyyppi. Polttokenno tuottaa suuren tehotiheyden ja on muihin polttokennoihin verrattuna kevyt ja pienikokoinen. Polttoaineeksi kenno tarvitsee vain vetyä ja ilmaa. Se toimii alhaisissa lämpötiloissa ja käynnistyy nopeasti. (U.S. Department of Energy 2024.)

AFC eli alkalipolttokenno on yksi ensimmäisistä kehitetyistä nykyään käytössä olevista polttokennoista. Käytetään lähinnä vain avaruusteollisuudessa. Polttoaineena käytetään vain puhdasta vetyä ja hapettimeksi se vaatii puhdasta happea, sillä ei siedä hiilidioksidia. AFC-kennoilla on korkea suorituskyky, joka johtuu sähkökemiallisten reaktioiden nopeudesta kennossa. (U.S. Department of Energy 2024.)

PAFC eli fosforihappopolttokennoa pidetään nykypolttokennojen ensimmäisenä sukupolvena. Näitä polttokennoja käytetään yleensä kiinteään sähköntuotantoon, mutta joitakin on käytetty myös raskaan liikenteen toteutuksissa kuten kaupunkibusseissa. PAFC kennot ovat tehottomampia kuin muut jos otetaan huomioon sama paino ja tilavuus eli PAFC kennot ovat usein painavia ja suurikokoisia. (U.S. Department of Energy 2024.)

MCFC eli sulakarbonaattipolttokenno on kehitteillä hiileen ja maakaasuun perustuvien voimalaitoksien teollisuus-, sähkö- ja sotilassovelluksia varten.

Nämä kennot ovat korkean lämpötilan kennoja ja toimivat noin 650 asteen lämmössä. Ne eivät tarvitse ulkoista reformeria maakaasun tai biokaasun muuntamiseen vedyksi, koska polttoaineiden sisältämät hiilivedyt muuntuvat vedyksi polttokennossa sisäisen reformointiprosessin avulla. Haittapuolena on kennojen lyhyt kestävyys korkeiden lämpötilojen vuoksi. (U.S. Department of Energy 2024.)

SOFC eli kiinteäoksidipolttockenno on erittäin korkean lämpötilan kenno, joka toimii jopa 1000 asteessa. Myös tässä kennotyyppissä on sisäisen reformoinnin ominaisuus. Korkea lämpötila aiheuttaa haasteita kuten esimerkiksi hidas käynnistyminen. Tätä kennotyyppiä ei käytetä liikenteen sovelluksissa, mutta teollisen tuotannon sovelluksissa se on toimiva. (U.S. Department of Energy 2024.)

	Polttokenno -tyyppi	Polttoaine	Hapetin	Toiminta- lämpötila (°C)	Hyötysuhde (% LHV)	Sovellukset
Matala lämpötila	PEMFC (DMFC)	H ₂ (CH ₃ OH)	Ilma	40-100	30-40	Liikenne, kannettavat laitteet, pienet rakennukset
	AFC	H ₂	O ₂	65-220	30-40	Erikoissovellukset (+elektrolyysi)
Intermediate lämpötila	PAFC	H ₂	Ilma	150-250	35-45 50-70*	Teollisuus, keskikokoiset rakennukset
Korkea lämpötila	MCFC	H ₂ , CO, CH ₄ (NH ₃)	Ilma+CO ₂	550-700	45-55 80-90*	Teollisuus, suuret rakennukset
	SOFC	H ₂ , CO, CH ₄ , NH ₃	Ilma	650-850	45-65 80-90*	Teollisuus, suuret rakennukset

*Kokonaishyötysuhde jos myös hukkalämpö hyödynnetään

Kuva 5. Eri polttokennotyyppit. (Sesko Ry, Åström 2022.)

3.4 Vetyautojen nykymallit

3.4.1 Huyndai ix35

Maailman ensimmäinen sarjatuotettu polttokennoauto on Huyndai ix35 vuosimallia 2013. Tämä Huyndai tuottaa 100 kW tehon ja 300 Nm väännön. Autossa on kaasuvetytankki, johon mahtuu 5,64 kg vetyä (700 bar, 140 litraa). Auton toimintamatka lähes 600 kilometriä. (Huyndai Media Center 2024.)



Kuva 6. Huyndai ix35 FCEV. (Huyndai 2015.)

3.4.2 Toyota Mirai 2014

Toyota Mirai -malli esiteltiin hieman Huyndain ix35:n jälkeen. Miraissa oli tehoa 114 kW ja sen toimintamatka oli noin 500 km. Vetysäiliöitä autossa oli kaksi kappaletta, joihin mahtui yhteensä 5 kilogrammaa vetyä (122 litraa, 700 bar). (Toyota UK Magazine 2014.)



Kuva 7. Toyota Mirai 2014. (Toyota 2014.)

3.4.3 Hyundai Nexo

Huyn dai ix35:n seuraaja on Hyundai Nexo vuodelta 2018. Nexoa on saatu kehitettyä edeltäjäänsä verrattuna hieman. Nexo tuottaa 120 kW tehon ja 400 Nm väännön. Vetytankit ovat myös päivittyneet 6,3 kilogrammaan (700 bar, 156 litraa). Näin ollen Nexon toimintamatka on jo yli 650 km. (Green Car 2018.)



Kuva 8. Hyundai Nexo 2018. (Green Car 2018.)

3.4.4 Toyota Mirai 2021

Toyora Mirain toinen sukupolvi esiteltiin vuonna 2021. Uuden Mirai-mallin polttokennosto tuottaa 128 kilowattia tehoa ja hetkellisesti pienen 1.25 kilowattitunnin korkeajänniteakun akun avustuksella 134 kilowatin tehon. Tämän mallin polttokennoston paino on laskenut 50 % edeltäjäänsä verrattuna, mutta teho on kuitenkin kasvanut 12 %. Tankkiin mahtuu 5.6 kilogrammaa vetyä ja toimintamatka on lähes 650 kilometriä. (Moottori 2021.)



Kuva 9. Toyota Mirai 2021. (Moottori 2021.)

4 Vedyn käyttö moottoriurheilussa

4.1 Nykytilanne

Vedyn käyttö moottoriurheilussa ei ole vielä isossa kuvassa tätä päivää, mutta esimerkiksi Toyota on kehittänyt ja esitellyt jo vetykilpa-automalleja. Toyota on valmistanut Yariksen ja Corollan, joissa molemmissa on käytössä sama moottori. Tämä moottori on GR Yariksen bensiinikäyttöiseen polttomoottoriin perustuva vetykäyttöinen polttomoottori. Siis Toyotan vetykilpa-automallit eivät käytä polttokennoteknologiaa kuten siviilikäyttöön valmistetut vetyautot. (Moottori 2022.)

Toyota GR Yaris H2 -mallilla ajettiin näytösajoja Belgian MM-rallissa vuonna 2022. Autolla ajettiin vain yksi erikoiskoe päivässä, sillä vedyn riittävyys tankissa oli ongelma ja auto jouduttiin käydä tankkaamassa yli 100 kilometrin päässä Brysselissä. Auto myös kuljetettiin erikoiskokeille ja sieltä pois trailerilla. Yaris käytti polttoaineenaan kaasun muodossa olevaa vetyä. (Rallit.fi 2022.)



Kuva 10. Toyota GR Yaris H2. (Rallit.fi 2022.)

Toyota GR Corolla H2 on maailman ensimmäinen kilpa-auto, joka käyttää polttoaineenaan nestemäistä vetyä. Toyota Motor Corporation (TMC) osallistui

kyseisellä autolla ENEOS Super Taikyu Series 2023 Round 2 NAPAC Fuji SUPER TEC 24 Hours Race -kilpailuun vuonna 2023. Vuoden 2021 toukokuusta lähtien TMC on kilpaillut vastaavalla Corollalla Japanissa kaasumaista vetyä käyttäen. Siirtyminen nestemäisen vedyn käyttöön on suuri edistysaskel, joka tekee autosta entistäkin kilpailukykyisemmän. (Toyota Europe Newsroom 2023.)

Moottori on molemmissa versioissa sama, mutta polttoaineen syöttöjärjestelmä on erilainen kaasumaista ja nestemäistä vetyä käytettäessä. Vedyn energiatiheys on suurempi nestemäisessä muodossa, joten nestemäistä vetyä käyttävän moottorin toimintasäde on kaksinkertainen kaasuvetyä käyttävään verrattuna. (Toyota Europe Newsroom 2023.)

Sekä kaasumaisella että nestemäisellä vedyllä on omat etunsa ja haasteensa. Kaasumaisen vedyn etuna on järjestelmän yksinkertaisempi kokoonpano. TMC aikoo keskittyä jatkossakin kehittämään sekä kaasumaista että nestemäistä vetyä polttoaineen toimitusvaihtoehtojen lisäämiseksi ja niiden ainutlaatuisten ominaisuuksien hyödyntämiseksi. (Toyota Europe Newsroom 2023.)



Kuva 11. Toyota GR Corolla H2. (Toyota Europe Newsroom 2023.)

4.2 Tulevaisuudessa

Vety polttoaineena on tulevaisuudessa tärkeässä osassa hiilineutraalin moottoriurheilun turvaamisessa. TMC:n puheenjohtaja Koji Sato on maininnut, että tulevaisuudessa Le Mansin 24-tunnin kilpailussa olisi hiilineutraali kilpa-autoilu. Tämän kehityksen myötä vetyä tullaan käyttämään tulevaisuudessa polttoaineena huipputason moottoriurheilussa. Vetyä voidaan käyttää polttoaineena polttomoottorissa tai polttokennon avulla. (Toyota Europe Newsroom 2023.)

Moottoriurheilu on myös hyvä tapa testata ja kehittää uusia teknologioita. Kilpa-autoilu tarjoaa loistavan alustan kehitykseen ja ongelmanratkaisuun kilpailuympäristössä. Tämä myös kiinnostaa katsojia ja toimii markkinointina. (Automotive Powertrain 2024.)

5 Yhteenveto

Vedyn käyttö ajoneuvojen polttoaineena on tulevaisuutta. Vety on päästötön ja ympäristöystävällinen vaihtoehto fossiilisille polttoaineille. Haasteena vedyn käyttämiseksi ajoneuvojen energianlähteenä on sen kuljetus ja varastointi. Myös vetyinfrastruktuurin nykytilanne on hyvin suppea ja vaatii kehitystä.

Suurin osa nykyisestä vedystä tuotetaan höyryreformoimalla pääasiallisesti fossiilisesta maakaasusta. Höyryreformointi aiheuttaa päästöjä ja vedyn tuotannossa ollaan siirtymässä kohti päästötöntä vaihtoehtoa. Uusiutuvan eli vihreän vedyn tuotannossa merkittävin menetelmä on veden hajotus elektrolyysillä käyttäen uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä.

Tällä hetkellä markkinoilta löytyy muutamia liikennekäyttöön tarkoitettuja vetyautomalleja. Autonvalmistajat kuten Toyota ja Hyundai ovat halukkaita kehittämään ja valmistamaan vetyautoja.

Toyota on myös valmistanut vetykäyttöisiä kilpa-autoja. Kilpa-autoilu on erittäin hyvä tapa kehittää ja testata teknologioita ja sitä kautta tuoda myös siviilikäyttöön. Kilpa-autoilu toimii myös markkinointina autonvalmistajalle.

Lähteet

Automotive Powertrain 2024. Ricardo: How hydrogen fuel cells and combustion could revolutionize racing.

<https://www.automotivepowertraintechnologyinternational.com/features/ricardo-how-hydrogen-fuel-cells-and-combustion-could-revolutionize-racing.html>

Euroopan parlamentti 2023. Mitä hyötyä EU:lle on uusiutuvasta vedystä? Viitattu 31.10.2024.

<https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20210512STO04004/vetyenergian-hyodyt-eu-lle>

Fortum 2020. Vetytalous tulee – ennemmin tai myöhemmin.

<https://www.fortum.fi/tietoa-meista/blogi/forthedoers-blogi/vetytalous-tulee-ennemmin-tai-myohemmin>

Green Car 2018. Green Car Reports. Hyundai Nexo: First drive of 380-mile fuel-cell crossover utility. Viitattu 1.11.2024.

https://www.greencarreports.com/news/1119347_2019-hyundai-nexo-first-drive-of-380-mile-fuel-cell-crossover-utility

Hyundai 2015. Uutiset. Hyundai ix35 Fuel Cell. Viitattu 1.11.2024.

<https://www.hyundai.fi/uutiset/hyundai-ix35-fuel-cell/>

Moottori 2021. Maistiainen: Never stop the madness ja kohta vedytään taas!

Uusi Toyota Mirai. <https://moottori.fi/koeajo/maistiainen-never-stop-the-madness-ja-kohta-vedytaan-taas-uusi-toyota-mirai/>

Moottori 2022. Vedyllä toimiva polttomoottori ralliautossa – Toyota GR Yaris H2.

<https://moottori.fi/uutinen/vedylla-toimiva-polttomoottori-ralliautossa-toyota-gr-yaris-h2/>

Motiva Oy 2024a. Vety. Vedyn varastointi haasteellista.

<https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/valitse-auto-viis-aasti/energialahteet/vety>

Motiva Oy 2024b. Kestävä liikenne ja liikkuminen, polttokennoautot. Viitattu 31.10.2024.

<https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/valitse-auto-viis-aasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/polttokennoautot>

Rallit.fi 2022. Tässäkö on ralliautoilun tulevaisuus? Jari-Matti Latvala: ”Hyvin mielenkiintoinen konsepti”. <https://www.rallit.fi/tassako-on-ralliautoilun-tulevaisuus-jari-matti-latvala-hyvin-mielenkiintoinen-konsepti/>

Sesko Ry, Åström K. 2022. Puhdas energia webinaari 25.11.2022. Diaesitys, Convion, polttokennot. Viitattu 31.10.2024. <https://sesko.fi/wp-content/uploads/2022/12/Kim-Polttokennot-25112022.pdf>

Tekniikka & Talous 2021. Historia. Suomessa ajettiin vetyautolla jo 1930-luvulla – Vuosien saatossa autoihin on tankattu tärpättiä, alkoholia, paineilmaa ja vaikka mitä. <https://www.tekniikkatalous.fi.ezproxy.turkuamk.fi/uutiset/suomessa-ajettiin-vetyautolla-jo-1930-luvulla-vuosien-saatossa-autoihin-on-tankattu-tarpattia-alkoholia-paineilmaa-ja-vaikka-mita/a02f0c54-bc7d-4eff-8200-1c029bf0efd5>

Topspeed 2021. 2021 The Story of the GM Electrovan - The First-Ever Working Fuel Cell Vehicle - Made in America. Viitattu 1.11.2024. <https://www.topspeed.com/cars/guides/the-story-of-the-gm-electrovan-the-first-ever-working-fuel-cell-vehicle-made-in-america/>

Toyota 2014. Toyota Ushers in the Future with Launch of 'Mirai' Fuel Cell Sedan. Viitattu 1.11.2024. <https://global.toyota/en/detail/4198334>

Toyota Europe Newsroom 2023. Liquid Hydrogen-Fuelled GR Corolla to Participate in the Super Taikyu Fuji 24h Race. <https://newsroom.toyota.eu/liquid-hydrogen-fuelled-gr-corolla-to-participate-in-the-super-taikyu-fuji-24h-race/>

Toyota UK Magazine 2014. Toyota Mirai technical specifications vs FCHV-adv. Viitattu 1.11.2024. <https://mag.toyota.co.uk/toyota-mirai-technical-specifications-vs-fchv-adv/>

Tukes 2024. Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus. Opas. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Viitattu 29.10.2024. <https://tukes.fi/vedyn-kasittelyn-ja-varastoinnin-turvallisuus#vety-kemikaalina>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022. Viitattu 31.10.2024.

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y

U.S. Department of Energy 2024. Types of Fuel Cells. Viitattu 31.10.2024.

<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/types-fuel-cells>

Woikoski Oy 2024. Kaasut, erikoiskaasut, vety. Viitattu 29.10.2024.

<https://www.woikoski.fi/teollisuus-ja-elintarviketeollisuus/kaasut/erikoiskaasut/vety.html>