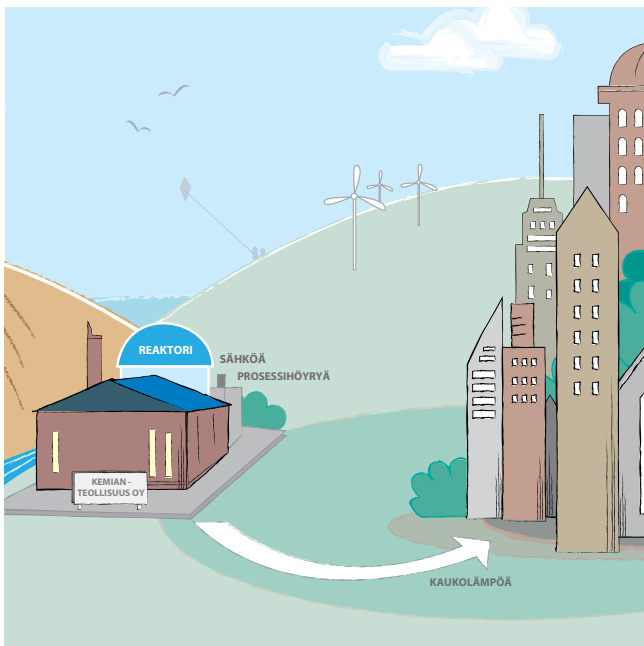
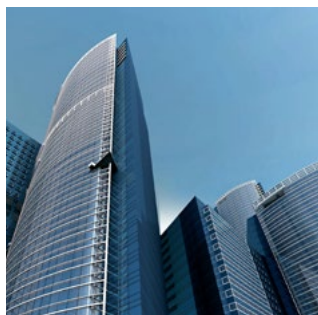
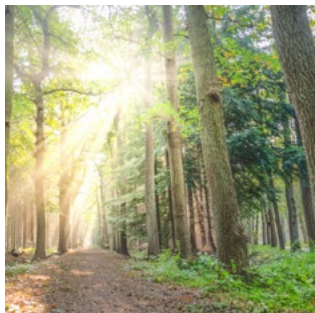
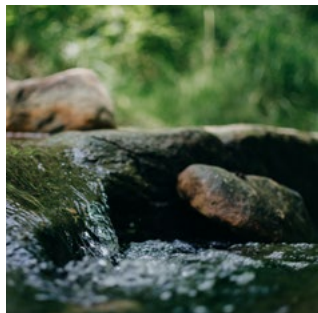


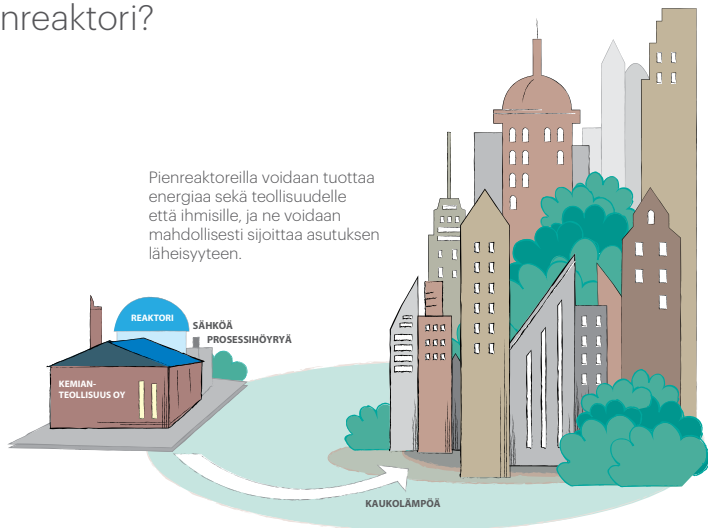
PIENREAKTORIT JA NIIDEN KÄYTTÖKOHTEET



Energiforsk

THINK ATOM
think deep decarbonization

Mikä pienreaktori?



Pienreaktori on teholtaan karkeasti kymmenyksen nykyisiin isoihin ydinreaktoreihin nähden, joskin tämä riippuu paljon tapauksesta. Sähköä tuottavilla pienreaktoreilla tehoa on karkeasti välillä 50 – 300 megawattia¹, kun isoilla reaktoreilla vastaava teho on 1 000 - 1 700 megawattia. Pienistä ydinreaktoreista käytetään usein lyhennettä SMR, joka tulee sanoista Small Modular Reactor.

Maailmalla on kehitteillä monenlaisia pienreaktoreita. Yleisin ja teknologisesti kypsien tyyppi on kevytvesireaktori, jollaisia ovat myös Suomen isot reaktorit. Sen lisäksi on sulasuolareaktoreita, metallijäähdytteisiä reaktoreita, kaasujäähdytteisiä reaktoreita, urania tai toriumia polttoaineenaan käyttäviä reaktoreita ja niin edelleen. Yksi tärkeä ominaisuus on myös reaktorin tuottama lämpötila, joka sekin voi vaihdella 90 ja 900 celsiusasteen välillä. Tästä lämpötilasta riippuu paljolti se, mihin reaktoria voi käyttää.

Monet kehitteillä olevat reaktorit ovat tulossa markkinoille 2020 ja 2030 luvuilla. Tämä tarkoittaa monien maiden tapauksessa sitä, että ydinvoimaloiden sääntelyä ja ydinlainsäädäntöä olisi hyvä tarpeen mukaan alkaa muokkaamaan jo tänään, sillä tämä prosessi voi viedä useita vuosia. Tässä lyhyessä esitteessä esitellään joitakin kehitteillä olevia reaktoreita ja niiden mahdollisia käyttökohteita.

MIKROREAKTORIT

Vielä pienreaktoreita pienempiä reaktoreita kutsutaan mikroreaktoreiksi. Niitä voidaan käyttää sähköverkon ulkopuolella olevissa kylissä, kaivosyhteisöissä tai pienillä saarilla tuottamaan sähköä, lämpöä ja puhdasta vettä. Ne korvaavat näissä kohteissa usein kallista ja vaikeasti kuljetettavaa dieselöljyä.

PASSIIVINEN TURVALLISUUS

Passiivisella turvallisuudella tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että reaktori voi ylläpitävässä tilanteessa ajaa itsensä automaattisesti alas ja turvalliseen tilaan ilman esimerkiksi sähköisiä järjestelmiä. Yksinkertainen esimerkki on se, että reaktori on riittävän suuren vesialtaan pohjalla, jonka vesi riittää poistamaan kaiken jälkilämmön, jos reaktori sammuu ja sähköjärjestelmät eivät ole käytössä.

¹ Lämmöntuotanto on 2-3 kertaa suurempi

- Pienempi koko soveltuu hyvin paikalliseen lämmön tuotantoon, sillä lämmön kuljettaminen pitkiä matkoja on paljon vaikeampaa kuin sähkön kuljettaminen. Karkeasti puolet maailman käyttämästä energiasta käytetään lämpönä, joten vähäpäästöinen ja luotettava lämmöntuotanto pienreaktoreilla on yksi kiinnostava käyttökohde.
- Pienreaktorit suunnitellaan yleensä valmistettavaksi tehtaassa kokoonpanolinjalla tai telakalla. Tämä voi lyhentää valmistumisaikaa ja leikata kustannuksia merkittävästi.
- Pienreaktorit voidaan suunnitella yksinkertaisemmiksi, ja turvallisuus hoitaa erilaisilla passiivisilla ominaisuuksilla. Tämä voi helpottaa niiden sijoittamista esimerkiksi asutuskeskusten tai teollisuuspuistojen läheisyyteen.
- Pienempi koko tarkoittaa pienempää investointia. Rahoitus voi järjestyä helpommin ja edullisemmin, projektihallinta on yksinkertaisempaa ja läpivienti nopeampaa, mikä voi alentaa rahoituskustannuksia. Pienempiä yksiköitä on helpompi liittää sähköverkkoon tarvittaessa. Tämä on hyödyllistä etenkin pienemmissä, esimerkiksi kehittyvien maiden sähköverkoissa, joissa kysyntä kasvaa ja sähköverkkojen infrastruktuuri vielä kehittyä.

	Sähkö MW	Lämpö MW
Mikro	0.1-50	0.2-100
Pien	50-300	100-900
Keskikoko	300-800	900-2000
Suuri	800-1700	2000-4500

Karkeat sähkö- ja lämpötehot eri kokoluokkien reaktoreille.

- Pienemmät reaktorit eivät nauti suuruuden tuomista mittakaavaeduisista kustannuksissa. Ne kuitenkin tarvitsevat usein lähes vastaavan infrastruktuurin, instituutiot, regulaation ja luvituksen ja yleisen byrokratian mitä isommatkin reaktorit.
- Monista maista, Suomi mukaan lukien, puuttuu pien-reaktoreille ja uusille ydinenergian käyttökohteille soveltuva lainsäädäntö ja regulaatio. Esimerkiksi, mikäli tuotantolinjalla valmistetaan useita samanlaisia reaktoreita, olisi järkevää että niillä olisi jonkinlainen laajemmalla alueella käytetty ”tyyppihyväksyntä” sen sijaan että jokainen luvitetaan ja valmistetaan erikseen paikallisiin oloihin sopivaksi.
- Jotkin reaktorit käyttävät nykyisestä poikkeavia ydinpoltoaineita ja tuottavat erityyppisiä jätteitä nykyreaktoreihin verrattuna. Nämä saattavat tarvita uudenlaista sääntelyä, teknologioita, toimitusketjuja ja hallintoa.

PIENYDINVOIMAN AVAINHAASTEET

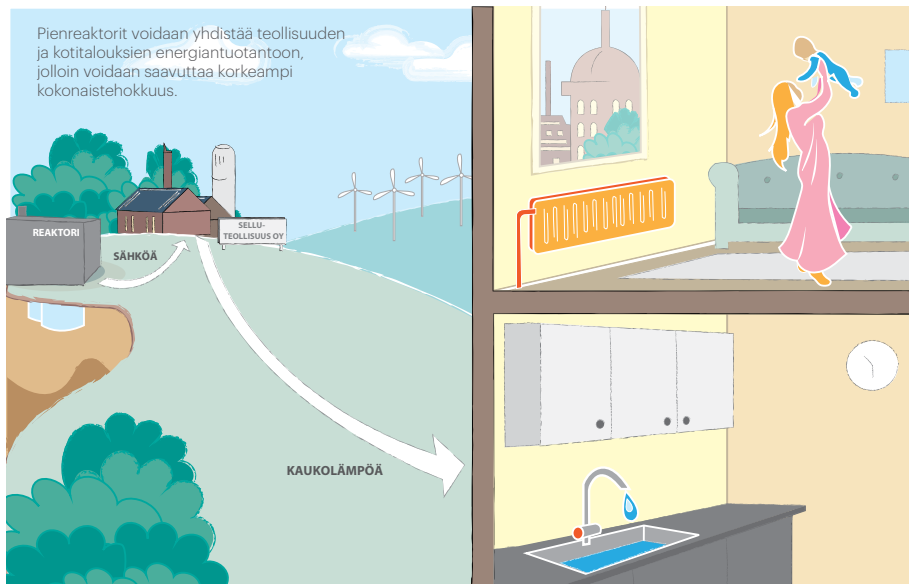
Yhteiskunnan ja poliittisen järjestelmän hyväksyntä

Sidosryhmien ja tulevien käyttäjien ymmärrys ja valmius käyttöönottoon

Sääntely ja markkinoiden valmius

Reaktoritoimittajien valmiudet ja rahoitus pohja tehdä konseptista kaupallinen tuote

Sarjavalmistuksen etujen vaatima useiden kappaleiden tilauskirja



Mistä pienreaktorin voi ostaa?

Joitain pienreaktoreiden ensimmäisiä First-of-A-Kind -versioita (FOAK) rakennetaan jo, ja joitain on saatu jo valmiiksi. Kiinalainen korkean lämpötilan kaasujäähdytteinen HTR-PM on käynnistymässä 2020 aikana, ja samaten kiinalainen allastyypinen kaukolämpöreaktori DHR400 on tarkoitus saada valmiiksi parin vuoden sisällä, 2021 loppuun mennessä. Myös monet länsimaiset yhtiöt suunnittelevat ensimmäistä kaupallisen mittakaavan reaktoria valmiiksi 2020 luvulla. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennustyöt ovat alkamassa muutaman vuoden sisällä. Venäjän Rosatom on paraikaa käynnistämässä lautalle asennettua kahta KLT-40S reaktoriaan.

Suurin pullonkaula ei siis yleensä ole teknologian valmius, vaan soveltuvan lainsäädännön ja regulaation puute kohdemaassa. Tämän valmisteluun voi kuluja useita vuosia, joten työ olisi viisasta aloittaa mahdollisimman pian.

Nykyinen lainsäädäntö ja turvallisuusohjeet ja määräykset on kirjoitettu isoille, kaukana asutuksesta oleville sähköä tuottaville kevytvesireaktoreille. Pienreaktoreiden käyt-

tökohteita ovat kuitenkin myös lämmön tuotanto tilojen lämmitykseen ja teollisuuden tarpeisiin lähellä käyttäjiä. On selvää, että yritykset eivät voi aloittaa vakavaa hankesuunnittelua ennen kuin lainsäädäntö ja regulaatio on selvillä.

REAKTORIESIMERKKEJÄ

Maailmalla on kehitteillä tusinoittain uusia reaktoreita, joista jotkin ovat luonnollisesti uskottavampia hankkeita ja pidemmällä kuin toiset. Oheisessa taulukossa on kerätty muutamia uskottavampia hankkeita². Näiden lisäksi kehitteillä on useita muita esimerkiksi Kiinassa, Etelä-Koreassa ja Yhdysvalloissa. Myös Venäjä kehittää ja rakentaa useampia pienreaktoreita, kuten KLT-40S ja RITM200. Myös Argentiinassa on prototyyppi valmistumassa 2021 mennessä. Myös Pohjoismaissa kehitetään pienreaktoreita. Kaksi esimerkkiä ovat Ruotsalaisen LeadCold -yrityksen nopea liijyyjäähdytteinen SEALER-reaktori sekä Tanskalaisen Seaborgin CMSR sulasuolareaktori.

² Nämä on enimmäkseen poimittu Energiforskin tuoreesta markkinaselvityksestä.

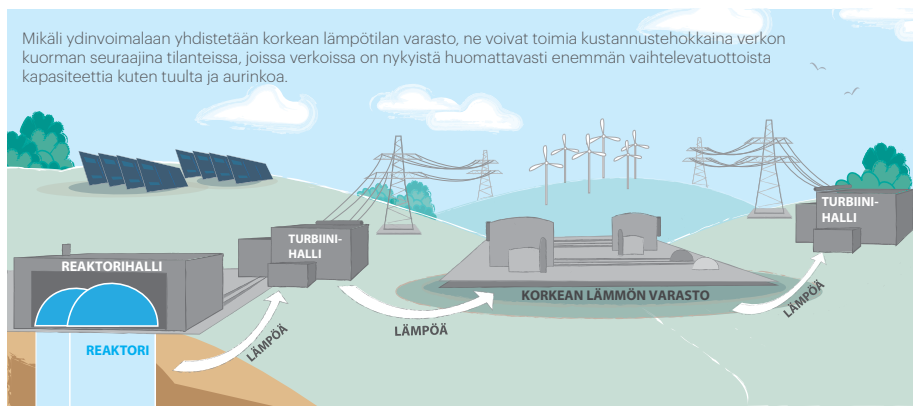
Nimi / Yritys	Reaktorin tyyppi	Reaktorin teho	Jäähdytin/ Moderaattori	FOAK ETA	Käyttökohteet
UK SMR / Rolls Royce	Painevesi	1276 MWth / 443 MWe	Kevytvesi	2030	Sähkö ja/tai lämpö
BWRX-300 / GE Hitachi	Kiehutusvesi	~900 MWth / 300 MWe	Kevytvesi	2030	Sähkö ja/tai lämpö
ACP100 / CNNC	Integroitu painevesi	385 MWth / 125 MWe	Kevytvesi	2025	Sähkö ja/tai lämpö
NuScale Power Module	Integroitu painevesi	200 MWth / 60 MWe	Kevytvesi	2026	Sähkö ja/tai lämpö
KLT-40S / Rosatom	Painevesi lautalle sijoitettuna	150 MWth / 38 MWe	Kevytvesi	2019	Sähkö ja/tai lämpö
DHR400 / CNNC	Vesiallas	400 MWth	Kevytvesi	2021	Kaukolämpö ja jäähdytys
HTR-PM / CNNC	Kaasujäähd. korkean lämmön kuulakeko	250MWth/ 105 MWe	Heliumi / Grafiitti	2020	Sähkö ja prosessilämpö
IMSR / Terrestrial Energy	Sulasuola allas	400 MWth / 190MWe	Fluoridi suola / Grafiitti	2020-luvun lopulla	Sähkö ja/tai lämpö

NUWARD - RANSKALAINEN PIENREAKTORI

Ranska julkaisi oman pienreaktori-suunnitel-
mansa, nimeltään Nuward, vuonna 2019. Se on
painevesilaitos (PWR) jonka sähköteho tulee
olemaan 300-400 MW, joten se on pienreak-
torien isommasta päästä, lähellä Rolls Roycen
UK SMR:ää. Perustason suunnittelua kaavailaan
valmiiksi 2020-luvun puoliväliin mennessä, ja
ensimmäistä prototyyppilaitosta valmiiksi vuoden
2030 paikkeilla.

Konseptikuva Nuward-pienreaktorista.
(Kuva: TechnicAtome) >





Pienreaktorit tulevaisuuden energiajärjestelmissä

Lähivuosina tuulen ja auringon osuus sähköverkoissa tulee todennäköisesti kasvamaan. Niiden sääriippuvainen tuotanto luo haasteita ja lisää verkon vakaana pitämisen kustannuksia sitä enemmän, mitä suurempi osuus sähköstä niillä tuotetaan. Vesivoima on joustavaa ja toimii hyvin paikkaamaan tuulettomia hetkiä ja päiviä, samaten kaasuturbiinit. Molemmilla näistä on kuitenkin rajoitteensa. Vesivoiman lisääminen on monissa maissa vaikeaa, ja maakaasu on fossiilinen polttoaine, päästöineen.

Monia kehitteillä olevia reaktoreita suunnitellaan tätä tulevaa haastetta silmällä pitäen hyvin joustaviksi. Niiden etuna on vähäpäästöisyys sekä käytännössä lähes rajoittamaton skaalautuvuus.

Oheisessa kuviossa on simuloituna yksittäisen NuScale³-reaktorin joustavaa toimintaa, jossa se seuraa sekä kysynnän vaihtelua että paikallisen tuulipuiston vaihtelevaa tuotantoa. Reaktoriin on rakennettu turbiinin ohijouksutus, jolla osa höyrystä voidaan ohjata ohi turbiinista nopeasti, ja tällä voidaan säätää sähköntuotantoa ketterästi. On monia muitakin tapoja lisätä joustavuutta ydinreaktoreiden tuotantoon, mutta avainkysymys on se, että harva tuottaja haluaa ajaa tuotantoon ylös ja alas ellei sillä ole mitään arvoa.

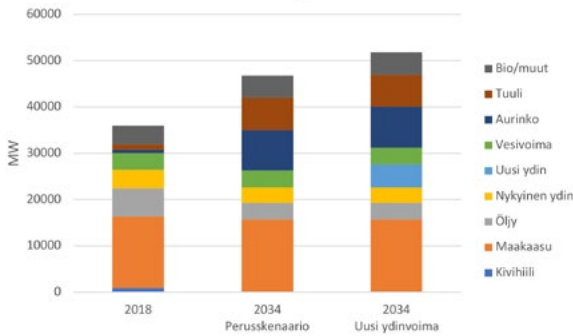
KORKEAN LÄMMÖN LÄMPÖVARASTOT

Ydinreaktorit tuottavat kuumaa höyryä, jolla tuotetaan turbiinigeneraattoreissa sähköä. Mikäli tuotantoon halutaan joustoa, voidaan höyryn lämpö varastoida korkean lämpötilan lämpövarastoon. Tämä varastoitu energia voidaan myöhemmin ohjata jälleen turbiiniin ja tuottaa siitä sähköä. Tämä on mahdollisesti erittäin kustannustehokas tapa lisätä puhdasta ja joustavaa tuotantokapasiteettia sähköjärjestelmään.

Jotkin reaktorit, kuten sulasuolareaktorit Moltexilta ja Terrestrial Energyltä, voivat käyttää sulaa suolaa korkean lämpötilan lämmön varastointiin. Kevytvesireaktoriensa kanssa tähän käyttöön soveltuu myös esimerkiksi tulitiilet. Mikäli varaston yhteyteen liitetään ylimääräinen turbiini, reaktorin, energiavaraston ja turbiinien yhdistelmä voi vaihdella tuotantoaan ketterästi esimerkiksi 0 ja 200 % välillä, reaktorin nimellistehoja verrattuna, vaikka itse reaktori toimisi jatkuvasti täydellä teholla.

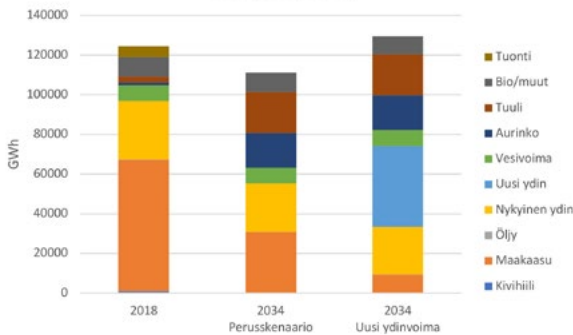
Oheisessa "Asennettu kapasiteetti" -graafissa⁴ paljon uusiutuvaa tuotantoa sisältävään skenaarioon lisättiin noin 10 % (5 GW) tällaista joustavaa, energiavarastolla ja ylimääräisillä turbiineilla varustettua ydinvoimaa. Kuten "Energiantuotanto" -graafista voidaan nähdä, tämä lisätyy ydinvoima korvaa suurimman osan järjestelmän kaasuntuotannosta, ja siten myös päästöistä, jättäen uusiutuvan energiantuotannon ennalleen.

Asennettu kapasiteetti



⁴ PLEXOS-mallinnusohjelmalla tehty alustava New Englandin alueen sähköverkon mallinnus. Perustuu Yhdysvaltojen uusiutuvan energian tutkimuslaitoksen, NREL:n, "Matala kaasun hinta, matala uusiutuvan energian hinta" -skenaarioon. Kuva: LucidCatalyst Ltd.

Energiantuotanto

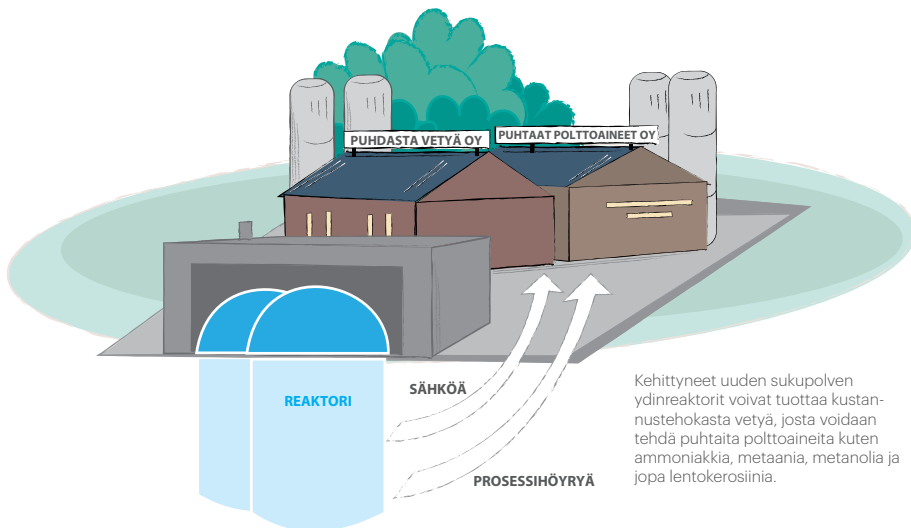


Teho (MWe)



NuScale Power Module tekee paikallisen verkon kysynnän ja tuulipuiston tuotannon kuormanseurantaa.

³ D. T. Ingersoll, C. Colbert, Z. Houghton, R. Snuggerud, J. W. Gaston and M. Empey, "Can Nuclear Energy and Renewables be Friends?" Proceedings of the 2015 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2014), Nice, France, May 2-6, 2015. <http://tinyurl.com/yaws7mcc>



Kehittyneet uuden sukupolven ydinreaktorit voivat tuottaa kustannustehokasta vettä, josta voidaan tehdä puhtaita polttoaineita kuten ammoniakia, metaania, metanolia ja jopa lentokerosiinia.

Ydinvoiman käyttö muuhun kuin sähköntuotantoon

Ydinvoimaa on perinteisesti käytetty lähinnä sähköntuotantoon, mutta monet uudet pienreaktorit soveltuvat hyvin myös muuhun käyttöön. Globaalisti sähkö vastaa vain noin viidenneksestä energian loppukäytöstä, siinä missä noin puolet käytetään lämpönä ja noin neljännes liikenteessä.

Teollisuus aiheuttaa noin 28 %, 15 gigatonnia, globaaleista hiilidioksidipäästöistä⁵. Teollisuusalat kuten jalostamot, kemian teollisuus, sellu ja paperiteollisuus, valmistava teollisuus, metallien ja sementin tuotanto ja monet muut käyttävät hyvinkin korkeita lämpötiloja prosesseissaan. Paikallisesti käytetyt tehot ovat kuitenkin varsin maltillisia, joten tämä lämpö voitaisiin hyvinkin tuottaa vähäpäästöisesti pienreaktoreilla.

MATALAT LÄMPÖTILAT TILOJEN LÄMMITYKSEEN, JÄÄHDYTYKSEEN JA MERIVEDEN PUHDISTUKSEEN

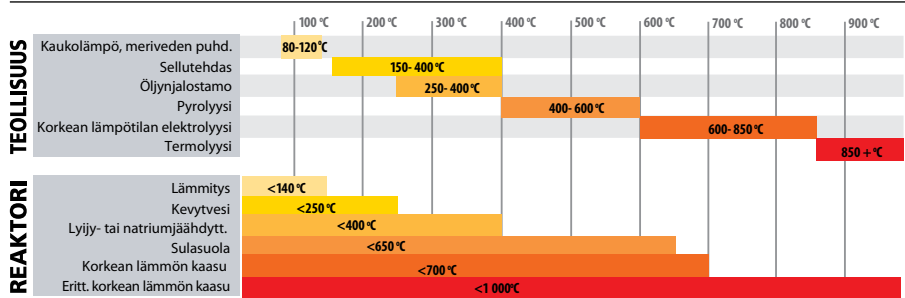
Noin kaksi kolmannesta käytetystä lämmöstä käytetään verraten matalana, 80 – 120 celsiusasteen lämpönä. Tämä

käyttö sisältää lämpimän veden ja tilojen lämmityksen sekä joitakin teollisia käyttökohteita. Tällaista matalalaa-tuista lämpöä voidaan käyttää myös meriveden puhdistamiseen ja kaukojäähdytyksen tuotantoon.

Alhaisia lämpötiloja voidaan tuottaa luotettavasti ja edullisesti monin tavoin, kuten erilaiset hukkalämmöt ja lämpöpumpput, lämmön ja sähkön yhteistuotanto sekä matalan lämpötilan lämpöreaktorit.

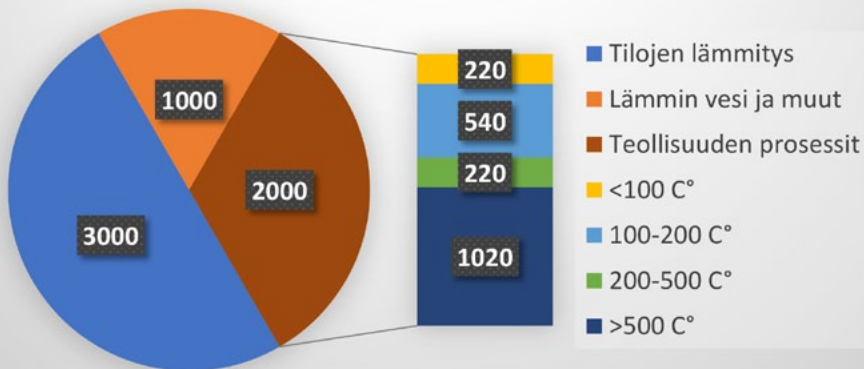
Pieni, lämmintä vettä tuottava reaktori voidaan suunnitella todella yksinkertaiseksi ja edulliseksi rakentaa ja käyttää. Yhtenä esimerkkinä, reaktori voi istua "uima-altaan" pohjassa ja lämmittää siellä vettä, josta lämpö siirretään vaikkapa kaukolämpöverkkoon lämmönvaihtimilla. Koska laitos ei tuota korkeita lämpötiloja, saati sähköä, ei se myöskään tarvitse paksuja paineestioita tai höyryturbiineita.

⁵ Noin kaksi kolmannesta (~10 gigatonnia) päästöistä tulee suorista teollisuuden prosesseista ja yksi kolmannes (~5 gigatonnia) tulee teollisuuden käyttämästä sähköstä. MacKinsey 2018: Decarbonization of industrial sectors: the next frontier



Eri teollisuusprosessien käyttämiä sekä eri tyyppisten reaktorien tuottamia lämpötiloja vertailussa.

Euroopan lämmönkäyttö käyttökohteen mukaan (karkea) Terawattituntia vuodessa

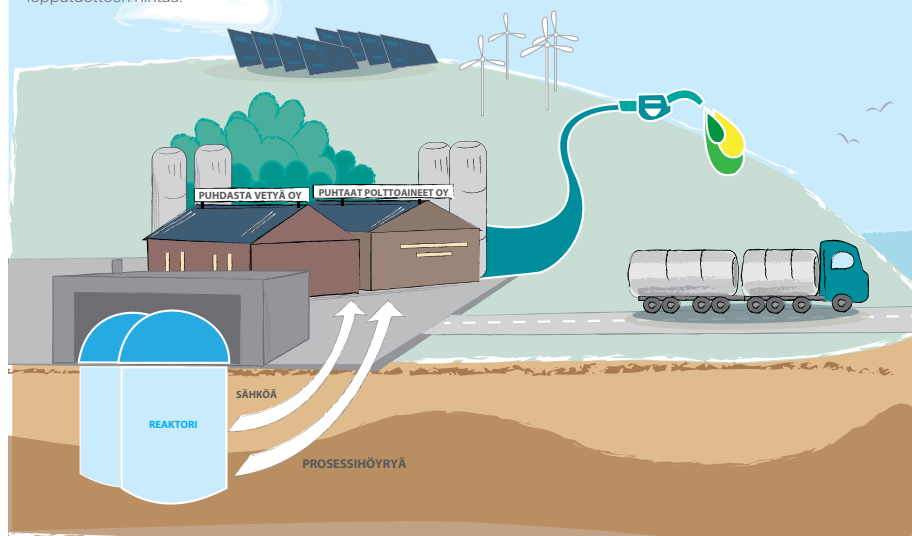


Noin puolet energiasta käytetään lämpönä. Euroopassa tämä on noin 6,000 TWh vuodessa. Se jakaantuu eri käyttökohteisiin ja lämpötiloihin kuvan mukaisesti.

SÄHKÖN JA LÄMMÖN YHTEISTUOTANTO – CHP

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP) on tehokas tapa tuottaa sekä sähköä että matalan lämpötilan lämpöä esimerkiksi kaukolämmitykseen. Yhteistuotannossa osa sähkötehosta menetetään, mutta vastineeksi saadaan paljon matala-asteista lämpöenergiaa. Riippuen toteutuksesta, CHP tuotantolaitoksen rakennusaste on yleensä välillä 70 – 90 %, joten tuotteita saadaan yli kaksinkertainen määrä pelkkää sähköä tuottavaan laitokseen verrattuna.

Pienreaktorien yhdistäminen biopolttoaineiden tuotantoon parantaa niiden saantia, sillä tällöin voidaan käyttää saatavilla oleva bioperäinen hiili paljon tarkemmin hyödyksi sekä alentaa lopputuotteen hintaa.



Metsäteollisuus, sellu ja kehittyneet biotuotteet

Biojalostamot, kuten sellutehtaat, käyttävät paljon energiaa ja ovat suuria paikallisia päästölähteitä. Ne käyttävät yleensä prosessilämpöä välillä 150 ja 400 °C, ja käyttävät monesti myös vetyä, etenkin jos niissä valmistetaan toisen sukupolven biopolttoaineita. Tänä päivänä tarvittava energia tuotetaan yleensä polttamalla metsäteollisuuden jäte- ja sivuvirtoja kuten kuoria, purua, oksia ja mustali- peää (kts. laatikko).

Jos käytetty energia tuotettaisiin pienreaktorilla, voidaan osa biomassasta ohjata muuhun käyttöön, kuten kemianteollisuuden tai biopolttonesteiden raaka-aineeksi. Jos saatavilla on puhdasta ja edullista vetyä (lisää tietoa ydinvoimalla tuotetusta vedystä jäljempänä), voidaan biopolttoaineiden saantia kasvattaa ja lopputuotteen suhteellisia päästöjä pienentää merkittävästi.

PYROLYYSI JA BIOHIILI – HIILINEGATIIVISIA BIOPOLTTOAINEITA

Pyrolyysillä voidaan tehdä hiilinegatiivisia tuotteita ja polttoaineita monenlaisesta biomassasta. Yksi pyrolyysin tuote on biohiili, jota voidaan käyttää esimerkiksi maanparannukseen ja pitkäaikaiseen hiilen sidontaan. Muita tuotteita ovat pyrolyysiöljy ja synteetisikaasu. Monesti nämä poltetaan pyrolyysin vaatiman prosessilämmön tuottamiseksi (400 – 600 °C). Mikäli prosessilämpö tuotettaisiin pienreaktorilla, voitaisiin näistä tuotteista tehdä esimerkiksi biopolttonesteitä ja kemikaaleja.

Öljynjalostus

Öljynjalostamat ovat suurimpia yksittäisiä päästölähteitä. Ne päästävät usein miljoonia tonneja hiilidioksidia vuodessa. Jalostuksessa käytetään 250-400 °C lämpötiloja, jonka avulla raakaöljystä erotetaan eri jakeet. Jalostamat käyttävät myös runsaasti vetyä arvokkaampien jakeiden – kuten bensiinin – osuuden kasvattamiseen⁶.

Tänä päivänä sekä lämpö että vety tuotetaan yleensä fossiilista polttoaineista, mutta molemmat voitaisiin tuottaa myös soveltuvalla pienreaktorilla. Tähän sopisi joko kevytvesireaktori, jonka tuottaman höyryn lämpötilaa nostettaisiin tulistamalla (kts laatikko) tai korkeamman lämpötilan reaktorilla.

VEDYN TUOTANTO JA KÄYTTÖKOHEET

Edullinen ja puhdas vety on avain monien sektoreiden päästövähennyksiin. Vetyä käytetään nykyisin raaka-aineena kemian ja petrokemian teollisuudessa. Se on ammoniakkin pääraaka-aine (typen ohella), joka puolestaan on modernin maatalouden vaatiman typpilannoitteen pääraaka-aine. Tulevaisuudessa vetyä suunnitellaan käytettäväksi myös esimerkiksi teräksen tuotannossa koksien korvaajana (kts laatikko).

Vetyä voidaan käyttää myös polttoaineena, tai siitä voidaan valmistaa synteettisiä polttoaineita kuten metaania, metanolia ja jopa bensiiniä, dieselöljyä tai lentokerosiinia, sekä monia muita tärkeitä kemikaaleja. Noin 95 % käytetystä vedystä tehdään nykyisin fossiilista polttoaineista kuten maakaasusta, kivihiilestä ja öljystä. Tästä seuraa merkittävät kasvihuonekaasupäästöt.

MUSTALIFEÄSTÄ POLTTOAINEITA

Mustalifeä on metsäteollisuuden sivutuote. Se on myös oiva raaka-aine biopolttonesteiden valmistukseen. Nykyisin se poltetaan sellutehtaan yhteydessä energiaksi, sillä se on kustannustehokas keino saada myös prosessin arvokkaat katalyytit talteen. Mikäli katalyytit saadaan kerättyä talteen jotenkin muuten, voi mustalifeästä valmistaa esimerkiksi biopohjaista lentokerosiinia.

PUHTAAN VEDYN VALMISTUS

Puhdasta vetyä voidaan valmistaa muutamalla tavalla. Elektrolyysissä käytetään sähköä, jonka sisältämästä energiasta noin 50-70 % saadaan vetynä. Korkean lämmön höyryelektrolyysi (HTSE) voi muuntaa yli 90 % sähkön energiasisällöstä vedyksi, mutta se tarvitsee myös korkean lämmön höyryä (600-800 °C). Tämä höyry voidaan tuottaa sopivalla korkean lämpötilan reaktorilla kuten kaasujäähdytteisellä tai sulasuola reaktorilla.

Termolyysi, jossa lämpötila on yli 800 °C, ei tarvitse lainkaan sähköä, vaan vety erotetaan vedestä katalyyttien avulla pelkällä korkealla lämmöllä. Tämä vaatii joko lämmön tulistamista tai vielä kehitteillä olevan erittäin korkean lämmön reaktorin käyttämistä. Sekä höyryelektrolyysi että termolyysi ovat vielä kehitysasteella, ja kaupallisia sovelluksia odotetaan 2020 luvulta alkaen. Molempien tavoitehinta tuotetulle vedylle on alle 2 € / kg, joka on vertailukelpoinen nykyiseen fossiilisen vedyn hintaan Euroopassa.

HÖYRYN TULISTAMINEN

Jos prosessi tarvitsee 400 °C höyryä ja reaktorin tuottama höyry on vain 300 °C, voidaan höyryn lämpötilaa nostaa tulistamalla. Suurin osa energiasta kuluu veden höyrystämiseen (keittämiseen), kun taas itse höyryn lämpötilan nostamiseen tarvittu energiamäärä on vähäisempi. Tulistaminen voidaan tehdä esimerkiksi sähköllä, polttamalla maakaasua, vetyä tai jotain muuta polttoainetta. Vaikka tulistamiseen käytettäisiin fossiilista polttoainetta, laskevat koko prosessin tuottamat päästöt merkittävästi.

VÄHÄPÄÄSTÖISTÄ TERÄSTÄ

Teräksen valmistaja SSAB suunnittelee siirtyvänsä koksista (joka on lähes puhdasta hiiltä) vetyn vähentääkseen päästöjä. Perinteistä elektrolyysiä käyttäen tarvitaan yhtiön arvion mukaan noin 25 terawattituntia sähköä vuodessa pelkästään vedyn tuotantoon. Tämä vastaa noin kahden Olkiluoto 3-tyyppisen EPR-reaktorin vuosituotantoa, ja on lähes kolmannes Suomen vuotuisesta sähkönkäytöstä.

⁶ Vetyä käytetään pidempien hiilivety molekyylien lyhentämiseen käyttökelpoisemmiksi tuotteiksi sekä raakaöljyn rikin poistamiseen.

Tästä esitteestä saat nopeasti pienreaktorien perusteet:

mitä ne ovat, milloin ne tulevat kauppoihin, mitkä ovat niiden hyvät ja huonot puolet ja mihin niitä voi käyttää. Käyttökohteita kun on sähköntuotannon lisäksi myös erilaiset sähköverkon joustopalvelut, kaukolämmön tuotanto, meriveden puhdistaminen, monet teollisuuden prosessit ja jopa kustannustehokkaan puhtaan vedyn valmistus.

Suomenkielinen versio perustuu Energiforskin rahoittamaan englanninkieliseen esitteeseen, joka on saatavilla osoitteessa: <https://www.energiforsk.se/media/27323/small-nuclear-reactors-and-where-to-use-them.pdf>.

Suomenkielistä versiota rahoitti Energiateollisuus ry. Lisää tietoa pienistä reaktoreista saa esimerkiksi World Nuclear Associationin usein päivittyvältä sivulta oheisesta webosoitteesta: <http://tinyurl.com/y5fc2olm>

TÄMÄN ESITTEEN IDEOI JA TOTEUTTI THINK ATOM OY.

Think Atom on voittoa tuottamaton ajatuspaja, joka tutkii ja viestii ydinvoiman mahdollisuuksista energiajärjestelmän päästöjen kustannustehokkaaseen vähentämiseen.

Thinkatom.net

THINK ATOM

think deep decarbonization



Energiateollisuus



Energiforsk

Energiforsk AB | Phone: 08-677 25 30 | E-mail: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se
Office: Olof Palmes gata 31, Stockholm. | Address: 101 53 Stockholm