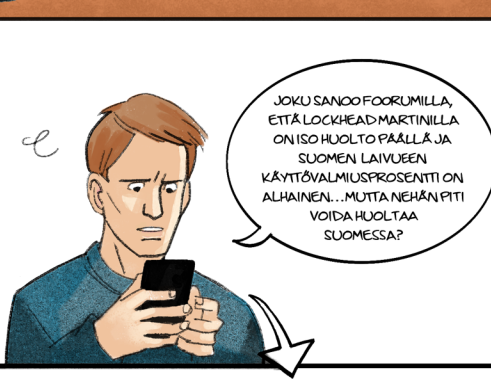


# Huipputeknologian riskit:

Hävittäjien huoltoketjuissa ongelmia  
- käyttövalmiusprosentit alhaalla



FIGHTER JET FRIENDS. FI

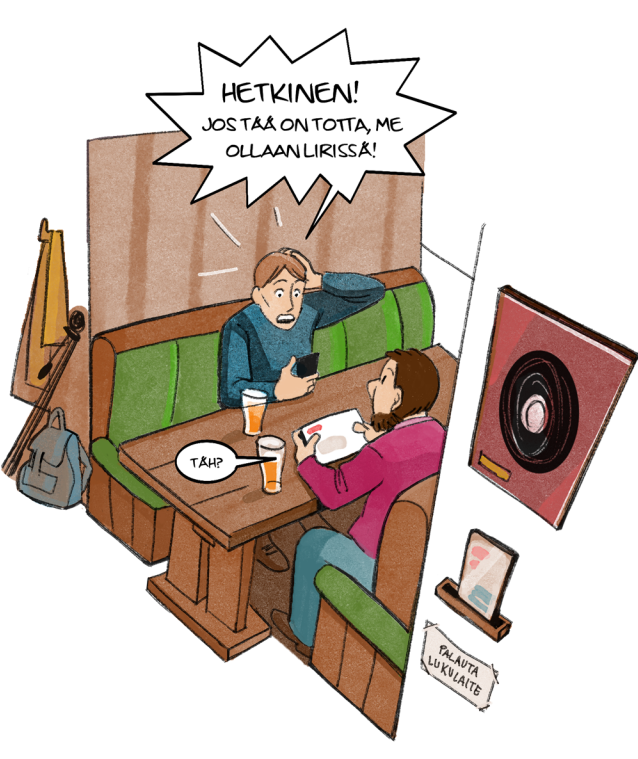
F35 KETJU

**Rullis:** Lockheed haukkasi liian ison palan. Sen siitä saa kun on myyty liikaa koneita tuotanto- ja huoltokapasiteettiin nähden. 😞

**Besserwi\$\$er:** Eihän jenkeillä mitään hätää ole, mutta Turneria ei kiinnosta mitään puolustus-teollisuutta, jonka tuotteet menevät ulkomaille. Rip vaan.

**Hornetti86:** Ja Suomi päätti ostaa koneita, joiden kehitys oli ostohetkellä vielä aika vaiheessa.

**Rullis:** Thanks mr Turner. Kättä lippaan. 🙌👋



## Hävittäjien huolto-ongelmat ja sotilaallinen huoltovarmuus

Suomen ilmavoimien hävittäjälaivue uusitaan asteittain vuodesta 2026 lähtien. Vuodesta 1992 käytössä olleet Boeing F/A-18 C/D Hornetit korvataan amerikkalaisen Lockheed Martinin F-35A-hävittäjillä, joita on tilattu 64. Joulukuussa 2021 tehty hankintapäätös sisältää lentäjien koulutuksen, liitännäiset järjestelmät ja koneiden ylläpito- ja huoltopalvelut vuoden 2030 loppuun asti.<sup>1</sup> Suomen ilmavoimien mukaan hävittäjien huolto on sekä kansallinen että kansainvälistä yhteistyötä edellyttävä kysymys:

*Järjestelmän ylläpito perustuu F-35:n globaalista ylläpitojärjestelmästä muokattuun, kotimaiset huoltovarmuusvaatimukset täyttävään ratkaisuun. Kriittiset huoltovalmiudet luodaan Puolustusvoimien ja kotimaisen teollisuuden organisaatioihin. Ratkaisu sisältää Suomeen rakentuvat huoltokyvyyt, yksinomaan Suomen kansallisessa hallinnassa olevat poikkeusolojen varaosat ja vaihtolaitteet sekä osallistumisen monikansalliseen huoltoverkostoon.<sup>2</sup>*

F-35-hävittäjiä ei ole vielä otettu suurissa määrin käyttöön, vaikka niiden kehitystyö alkoi jo 1990-luvun alkupuolella Yhdysvaltojen ilma- ja merivoimien Joint Strike Fighter (JSF)-ohjelmassa. Prosessiin on liittynyt monenlaisia, eri syistä johtuvia haasteita. F-35-runkoon on esimerkiksi sovitettu kolme erilaista konetyyppiä, joita myydään nimillä F-35A, F-35B ja F-35C. Suunnittelutapa on johtanut kompromisseihin.<sup>3</sup> Lisäksi häivekuoressa oli aiemmin ongelmia, jotka on saatu osin korjattua, joskin tälläkin hetkellä häivekuori alkaa kupruilla, jos koneella lentää liian kauan supersoonisilla nopeuksilla. Toistaiseksi ratkaisuna on ollut vain lentoajan rajoittaminen.<sup>4</sup> F-35-mallia on kritisoitu myös siitä, että häivekuoren alle mahtuu vain neljä ohjusta, eli vähemmän kuin kilpaileviin malleihin, joissa kymmenen ohjusta alkaa olla normi.<sup>5</sup> Suomen tilaamaan malliin mahtuu kuusi AIM-120 AMRAAM (Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile) -tutkaohjusta aiemman neljän sijasta.<sup>6</sup>

F-35-tuotanto kasvaa kovaa vauhtia, vaikka hävittäjätyypin kehitystyö on vielä kesken. Koneita on nyt yli 600, ja niiden määrä kasvaa edelleen ainakin 3 000:een.<sup>7</sup> Etuna on, että kehitystyön kustannukset jakautuvat useammille tilaajille ja tuotannon kokonaiskustannukset saadaan pidettyä kohtuullisina. Näin ollen myös yksittäisen tilaajan kulut pysyvät kurissa. Toisaalta mallin kasvukivut voivat heikentää toimintavarmuutta ja tuotanto- ja huoltokapasiteetin ajoittainen ylikuormitus voi luoda huoltovarmuusongelmia. Kansallisilla laivueilla on tehtäväkelpoisuusaste—koneista, joiden pitäisi olla koko ajan käyttövalmiiksi huollettuja. Esimerkiksi Yhdysvalloissa tavoitteena on pitää 65% kaikista koneista käyttövalmiina. Kuitenkin koronavuonna 2021 muun muassa varaosien puute johti siihen, että tavoitetta ei saavutettu.<sup>8</sup> Samana vuonna laivue kärsi myös järjestelmätason ongelmista: se ei täyttänyt sovittuja toimintavalmiusvaatimuksia (Joint Strike Fighter Operational Requirements Document ORD) tietyillä yleistä luotettavuutta ja huollettavuutta mittaavilla sektoreilla.<sup>9</sup> Puutteiden määrän on kuitenkin raportoitu vähentyneen.<sup>10</sup> Toukokuussa 2021 riippumaton tekninen arviointi myös kritisoi koko JSF-ohjelmaa riittämättömästä ohjelmistotestauksesta,<sup>11</sup> ja varoitti F-35 ALIS (Autonomic Logistics Information System) -huoltojärjestelmän

<sup>1</sup> Ilmavoimat 2021, ”Lockheed Martin F-35A Lightning II on Suomen seuraava monitoimihävittäjä”, 10.12.2021, <https://ilmavoimat.fi/-/lockheed-martin-f-35a-lightning-ii-on-suomen-seuraava-monitoimihavittaja>

<sup>2</sup> Ilmavoimat 2021, ”Lockheed Martin F-35A Lightning II on Suomen seuraava monitoimihävittäjä”, 10.12.2021

<sup>3</sup> Tuominen, Tero 2022, ”Vahdinvaihto Suomen taivaalla – F-35 esittelyssä”, *Reserviläinen* 21.2.2022, [https://www.reservilainen.fi/uutiset/vahdinvaihto\\_suomen\\_taivaalla\\_-\\_f-35\\_esittelyssa](https://www.reservilainen.fi/uutiset/vahdinvaihto_suomen_taivaalla_-_f-35_esittelyssa)

<sup>4</sup> Insinna, Valerie 2020, ”The inside story of two supersonic flights that changed how America operates the F-35”, *DefenseNews* 22.5.2020, <https://www.defensenews.com/smr/hidden-troubles-f35/2020/05/22/the-inside-story-of-two-supersonic-flights-that-changed-how-america-operates-the-f-35/>

<sup>5</sup> Petrelli, Niccolo 2020, ”Military Innovation and Defence Acquisition: Lessons from the F-35 Programme”, *Istituto Affari Internazionali (IAI)*, s.6, <https://www.iai.it/sites/default/files/iaip2001.pdf>

<sup>6</sup> Tuominen, Tero 2022, ”Vahdinvaihto Suomen taivaalla – F-35 esittelyssä”, *Reserviläinen* 21.2.2022, [https://www.reservilainen.fi/uutiset/vahdinvaihto\\_suomen\\_taivaalla\\_-\\_f-35\\_esittelyssa](https://www.reservilainen.fi/uutiset/vahdinvaihto_suomen_taivaalla_-_f-35_esittelyssa)

<sup>7</sup> Congressional Research Service 2022, ”F-35 Joint Strike Fighter (JSF) Program”, viimeksi päivitetty 2.5.2022, <https://sgp.fas.org/crs/weapons/RL30563.pdf>

<sup>8</sup> Losey, Stephen 2022, ”Full weapons tester report highlights F-35 availability, software problems”, *DefenseNews* 16.3.2022, <https://www.defensenews.com/air/2022/03/16/full-weapons-tester-report-highlights-f-35-availability-software-problems/>

<sup>9</sup> The office of the Director, Operational Test and Evaluation DOT&E FY 2021, ”Annual Report: F-35 Joint Strike Fighter (JSF)”, s.50, <https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2021/dod/2021f35jsf.pdf?ver=Kt7vc6iG3F2MCJCSCltIw%3d%3d>

<sup>10</sup> Insinna, Valerie 2021, ”The number of major F-35 flaws is shrinking, but the Pentagon is keeping details of the problems under wraps”, *DefenseNews* 16.7.2021, <https://www.defensenews.com/smr/hidden-troubles-f35/2021/07/16/the-number-of-major-f-35-flaws-is-shrinking-but-the-pentagon-is-keeping-details-of-the-problems-under-wraps/>

<sup>11</sup> The office of the Director, Operational Test and Evaluation DOT&E FY 2021, ”Annual Report: F-35 Joint Strike Fighter (JSF)”, s.48

kyberturvallisuushaavoittuvuuksista. Sen mukaan ALIS ja sen korvaava uusi järjestelmä ODIN (Operational Data Integrated Network) ovat edelleen aliresursoituja, mikä hankaloittaa ohjelmiston kehitystyötä ja tiedossa olevien puutteiden korjausta. Tekninen arviointi suositteli lisäämään resursseja ohjelmistotestaukseen, että huonosti toiminutta ALIS-järjestelmää ei korvata keskeneräisellä ja vajavaisesti testatulla vaihtoehdolla.<sup>12</sup> Yleisesti monimutkaisemman korkean teknologian käyttö lisää aina riskejä, koska monimutkaisuus lisää haavoittuvuuksia. Jokaisella F-35-ohjaajalla on esimerkiksi oma tarkasti pään muotoihin mitoitettu HMDS-kypärä (Helmet Mounted Display System),<sup>13</sup> ja jo pelkkä kypärän rikkoutuminen voisi johtaa huoltovarmuusongelmiin, koska toimitusajat ovat pitkiä.

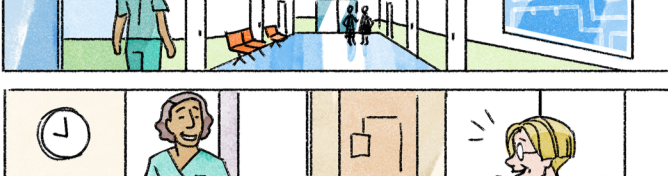
---

<sup>12</sup> The office of the Director, Operational Test and Evaluation DOT&E FY 2021, “Annual Report: F-35 Joint Strike Fighter (JSF)”, s.51-53

<sup>13</sup> Tuominen, Tero 2022, ”Vahdinvaihto Suomen taivaalla – F-35 esittelyssä”, *Reserviläinen* 21.2.2022

### Huipputeknologian riskit:

Kiinalaiset kotidialyysilaitteet kyberhyökkäyksen kohteena – terveydenhuolto ruuhkautunut



IHANA, ETTÄ TULIT VUOROON, MIKA! TÄÄLLÄ ON OLLUT IHAN HIRVEÄ KIIRE



MEILLE ON TULLUT PÄIVYSTYKSEEN KOTIDIALYYSIPOTILAITA, JOTKA OVAT HUONOSSA KUNNOSSA. HEIDÄN VOINTINSA ON ROMAHTANUT ÄKISTI, KOKO PÄIVYSTYS ON IHANHELISEMÄSSÄ!



#### MYÖHEMMIN

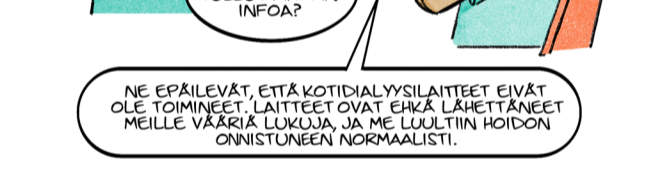


PÄIVYSTYKSEEN ON EILISESTÄ ILLASTA LÄHTIEN SAAPUNUT KEUHKOPÖHÖSTÄ JA RYTMIHÄIRIÖISTÄ KÄRSIVÄ MUNUAISPOTILAITA, JOIDEN LABORATORIOARVOT OVAT ROMAHTANEET. KOTIDIALYYSILAITTEISTA MEILLE SIIRTYVÄT LOKITIEDOT OVAT KUITENKIN OLLEET IHAN PRIMAA.



KEUHKOPÖHÖN TAUSTALLAHAN VOI OLLA MONI MUKIN TEKIJÄ... TUTKITAAN ASIAA.

#### AAMULLA



NE EPÄILEVÄT, ETTÄ KOTIDIALYYSILAITTEET EIVÄT OLE TOIMINEET. LAITTEET OVAT EHKÄ LÄHETTÄNEET MEILLE VÄÄRIÄ LUKUJA, JA ME LUULTIIN HOIDON ONNISTUNEEN NORMAALISTI.

#### SAMAANAIKAAN



JA ISKETTIINHÄN RANSKASSAKIN VUONNA 2027 OXYGENEN KOTIKÄYTTÖISIIN HENGITYSKONEISIIN. RISKIT OVAT AINA LÄSNÄ.



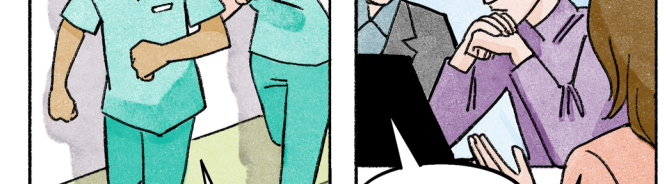
JOO, SE TAITAA OLLA TAUKO OHI. TAKAISIN SORVIN ÄÄREEN.



TAUSTALLA ON ETELÄASIALAINEN HACKERIRYHMÄ, JOKA KIRISTÄÄ TAIYANGIA. PÄIVITYKSEEN UJUTETTU HAITTAOHJELMA SOTKEE LAITTEEN TOIMINNAN, KUNNES YRITYS MAKSAA LUNNAAT.



TAI HENKILÖSTÖ!



JAMINKÄLAISEN FIRMA PEITTELEE TEKOA!

... JA MITEN IHMEESSÄ TÄMÄN TILANTEEN OLISI VOINUT VÄLTÄÄ?!

## Terveysteknologia ja Suomen huoltovarmuus

Terveysteknologia muodostuu tulevaisuudessa yhä keskeisemmäksi osaksi terveydenhuoltojärjestelmää. Parhaimmillaan se tarjoaa potilaiden elämänlaatua parantavia ja sektorin kuormitusta vähentäviä kustannustehokkaita ratkaisuja, jotka mahdollistavat aiempaa yksilöidymmän hoidon. Digitaaliset palvelut, tekoäly, robotiikka ja IoMT (Internet of Medical Things) eli terveysteknologialaitteiden ja -sovellusten kytkeminen internetiin ovat jo nyt keskeisiä alan ratkaisuihin,<sup>1</sup> ja erityisesti IoMT mullistaa terveydenhuollon: potilasta voidaan seurata etänä reaaliajassa. Vaikka Suomen omat terveysteknologiamarkkinat kasvavat voimakkaasti, Suomi on riippuvainen ulkomaisesta terveysteknologiasta, kuten elintoimintoja ylläpitävistä laitteista eli esimerkiksi dialyysi- ja hengityskoneista. Yhdysvaltojen asema on hyvin vahva globaaleilla terveysteknologiamarkkinoilla, mutta myös valtavien kotimarkkinoiden Kiina on kasvattanut osuuttaan jo 20 prosenttiin.<sup>2</sup>

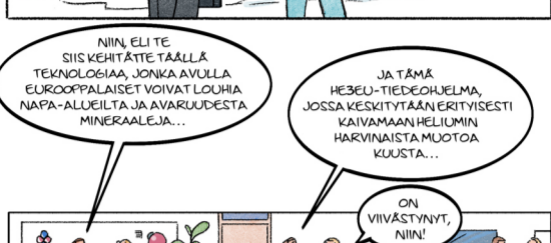
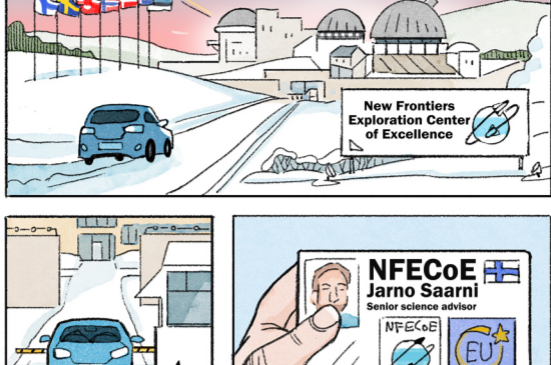
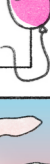
Terveysteknologia ja erityisesti IoMT luovat yhteiskuntaan myös uudenlaisia haavoittuvuuksia ja huoltovarmuusriskejä. Kun terveysteknologialaite tai sovellus yhdistetään esimerkiksi potilaan hoidon monitoroimiseksi tai päivityksen asentamiseksi verkkoon, se altistuu erilaisille häiriöille ja hyökkäyksille. Tämä voi vaikuttaa itse laitteen/sovelluksen toimintaan tai potilaan tietoa voi joutua väärin käsiin. Esimerkiksi kuvantamislaitteita voidaan manipuloida siten, että ne tuottavat vääriä kuvia, ja infuusiopumppujen annostuksia voidaan muuttaa.<sup>3</sup> Kyberturvallisuus nostettiin osaksi turvallisuusvaatimuksia vuodesta 2021 täysmääräisesti sovelletussa EU:n lääkinnällisten laitteiden asetuksessa (MD-asetus), ja ohjelmistot määriteltiin pääosin korkeaan riskiluokkaan.<sup>4</sup> Alueelle myyntiin tulevan tuotteen valmistajan pitää taata CE (*conformité européenne*)-merkinnällä laitteen tai sovelluksen olevan kriteerien mukainen. Kaikilla markkinoilla olevilla tuotteilla ei merkintää kuitenkaan ole, eivätkä ne näin ole viranomaisvalvonnan piirissä.<sup>5</sup> Korkeamman riskiluokituksen tuotteiden on myös käytävä läpi ”ilmoitetun laitoksen” arviomenettely,<sup>6</sup> jonka läpäisy tarkoittaa jonkin asiantuntijainstituution puoltavan kriteereiden täyttymistä. Kuitenkin esimerkiksi joissain Etelä-Euroopan laitoksissa prosessiin saatetaan suhtautua Pohjoismaita kevyemmin.<sup>7</sup> Suomessa Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus (Fimea) valvoo terveysteknologiaa, mutta myös omaa kansallista sääntelyä voidaan kehittää EU-asetuksia täydentävästi.

Kroonisesta munuaissairaudesta kärsivien potilaiden dialyysi on esimerkki hoitomuodosta, jonka IoMT mullistaa. Laitteiden kytkeminen verkkoon helpottaa ja tehostaa erityisesti kotona annettavia dialyysihoidoja, koska se mahdollistaa hoitotulosten, hoidon onnistumisen ja potilaan voinnin etätarkkailun.<sup>8</sup> Lähitulevaisuudessa Suomen terveydenhuoltojärjestelmä pyrkii nojaamaan aiempaa enemmän kotidialyysiin, koska se parantaa potilaan elämänlaatua ja on kustannustehokasta. Potilas ei joudu matkustamaan hoitoa saadakseen, vaan voi jatkaa työssäkäyntiä tai opiskelua.<sup>9</sup> Suomessa valtaosa potilaista saa veriteitse tehtävää hemodialyysihoidoa sairaaloissa, ja tällä hetkellä heidän matkakustannuksensa ovat vuosittain yli 11 000 € henkilöä kohden. Pelkät matkat dialyysiyksiköihin muodostavatkin mittavan menoerän valtiolle: vuonna 2015 vain 2 % Kelan edunsaajista oli dialyysipotilaita, mutta heidän kustannuksensa kattoivat 10 % kaikista matkakorvauksista.<sup>10</sup> Myös ikäihmisten teknologiataitojen kehittyminen ja hoitajaresurssien rajallisuus lisännevät kotidialyysin suosiota. On todennäköistä, että Suomessa tehdään tulevina vuosina mittavia kotidialyysilaitteiden hankintoja, sillä edellä mainittujen syiden lisäksi vuoteen 2035 mennessä dialyysihoidon tarvitsevien potilaiden lukumäärän arvioidaan nousevan 2600:aan nykyisestä 2000:sta erityisesti kakkostyyppin diabeteksen yleistymisen vuoksi. Lisäksi kansallisena tavoitteena on antaa hoitoa kotona lähes joka toiselle dialyysipotilaalle jo vuonna 2025.<sup>11</sup> Kilpailutuksiin osallistunee viimeistään ensi vuosikymmenellä myös kiinalaisia laitevalmistajia: poikkeuksellisen moni kiinalainen kärsii kroonisesta munuaistaudista,<sup>12</sup> maa pyrkii kasvattamaan korkean teknologian omavaraisuusastettaan ja hallituksen strategiaan painopistealueisiin lukeutuvat jo nyt digitaaliset terveysinnovaatiot ja tekoälyratkaisut.<sup>13</sup> Maa on myös viime vuosina tukenut Afrikassa annettavia dialyysihoidoja.

- 
- <sup>1</sup> Healthtech Finland 2022, "Terveysteknologia osana terveysalaa", <https://healthtech.teknologiateollisuus.fi/fi/terveysteknologia-osana-terveysalaa>.
- <sup>2</sup> Li, S. 2022, "China's health-technology industry update", [https://um.fi/edustustojen-raportit/-/asset\\_publisher/W41AhLdTjdag/content/china-s-health-technology-industry-update/384951](https://um.fi/edustustojen-raportit/-/asset_publisher/W41AhLdTjdag/content/china-s-health-technology-industry-update/384951).
- <sup>3</sup> Sangfor Technologies 2022, "Hospitals under cyber attack: The symptoms, a diagnosis & some prescriptions", <https://www.sangfor.com/blog/cybersecurity/hospitals-under-cyber-attack-symptoms-diagnosis-some-prescriptions>.
- <sup>4</sup> Ks. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus lääkinnällisistä laitteista (EU 2017/745). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0745&from=FI>.
- <sup>5</sup> Nylund, P. & P. Ruokoniemi 2018, "Tunne terveysteknologia – käyttöönotto vaatii valvontaa", [https://sic.fimea.fi/verkkolehdet/2018/3\\_2018/laakkeet-ja-digitalisaatio-2.0/tunne-terveysteknologia-kayttoonotto-vaatii-valvontaa](https://sic.fimea.fi/verkkolehdet/2018/3_2018/laakkeet-ja-digitalisaatio-2.0/tunne-terveysteknologia-kayttoonotto-vaatii-valvontaa).
- <sup>6</sup> Healthtech Finland 2022, "MD-asetus", <https://healthtech.teknologiateollisuus.fi/fi/terveysteknologia/saadokset/md-asetus>.
- <sup>7</sup> Haastattelu terveysteknologia-alan asiantuntijan kanssa, Helsinki, 23.3.2022.
- <sup>8</sup> Rosner et al. 2017, "Perspectives from the kidney health initiative on advancing technologies to facilitate remote monitoring of patient self-care in RRT", *Clin J Am Soc Nephrol* 12(11), s. 1900–1909. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5672984/>.
- <sup>9</sup> Suomen Nefrologiyhdistys Ry 2021, "Vaikean kroonisen munuaistaudin hoidon ohjaus: Suomen strategia", s. 10, [https://www.e-julkaisu.fi/sny/ckd-strategia/pdf/1\\_SNY\\_-CKD-strategia.pdf](https://www.e-julkaisu.fi/sny/ckd-strategia/pdf/1_SNY_-CKD-strategia.pdf).
- <sup>10</sup> Ibid.; Tillman P. & N. Maunula, 2015, "Hemodialyysikäynteihin liittyvät sairausvakuutuksen matkakorvaukset 13 miljoonaa euroa vuonna 2012", *Työpapereita* 73/2015, Kelan tutkimusosasto, <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155346/Tyopapereita73.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- <sup>11</sup> Suomen Nefrologiyhdistys Ry, 2021, "Vaikean kroonisen munuaistaudin hoidon ohjaus: Suomen strategia", s. 33, [https://www.e-julkaisu.fi/sny/ckd-strategia/pdf/1\\_SNY\\_-CKD-strategia.pdf](https://www.e-julkaisu.fi/sny/ckd-strategia/pdf/1_SNY_-CKD-strategia.pdf).
- <sup>12</sup> Guanyanbaogaowang, 2021, 《中国血液透析行业现状深度研究与投资趋势预测报告（2022-2029年）》 (Raportti Kiinan hemodialyysiteollisuuden perusteellisesta tutkimus- ja investointitrendiennusteesta (2022-2029)).
- <sup>13</sup> Kiinan kansallinen kehitys- ja uudistuskomissio, teollisuus- ja informaatioteknologiainisteriö, rahoitusministeriö & tiede- ja teknologiainisteriö, 2020, 《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见 (发改高技〔关于扩大2020〕)》, (Ohjeistus investoinneista strategisiin nouseviin aloihin ja uusien kasvualojen lisäämisestä).

**Korkean teknologian riskit:**

Heliumkriisi syvenee – Fuusioreaktorioiden kehitys hidastuu ja magneettikuvaukset vaikeutuvat



## Korkean teknologian huoltovarmuus ja mineraalien saatavuus

Erilaiset raaka-aineet ovat kriittisiä korkean teknologian kehittämiseen, tuotannolle ja käytölle. Jalokaasu helium on esimerkki alkuaineesta, jonka merkitys ihmisten elämänlaatua parantavien laitteiden ja sovellusten toiminnalle on kriittinen. Erityisten ominaisuuksiensa vuoksi heliumia käytetään muun muassa jäähdyttämiseen lääketieteellisessä kuvantamisessa ja kvantti- ja avaruusteknologioiden sovelluksissa. Sairaalat ja tutkimuslaitokset tarvitsevatkin suuria määriä heliumia esimerkiksi magneettikuvauksiin ja raketiteknikkaan. Lisäksi heliumia käytetään teollisissa prosesseissa puolijohdeiden valmistuksesta hitsaukseen.<sup>1</sup>

Vihreän siirtymän edetessä ja teknologian kehittyessä heliumista voi tulla nykyistäkin kriittisempi raaka-aine: harvinaista helium-3:a pidetään fuusioreaktorien ihanteellisena polttoaineena.<sup>2</sup> Fuusioenergian kehitys on ollut lupauksista huolimatta hidasta, vaikkakin edistysaskeleita otetaan jatkuvasti: joulukuussa 2022 fuusioenergian tuotannossa saavutettiin läpimurto, kun energiaa vapautui enemmän kuin fuusioon kului.<sup>3</sup>

Teollisuuden ja tutkimuksen tarpeisiin hyödynnettävää ”tavallista” heliumia (He-4) tuotetaan Maassa pääosin maakaasulaitoksissa, joissa heliumia erotetaan teollisesti.<sup>4</sup> Sen varannot sijaitsevat pitkälti Yhdysvalloissa, jossa taloudellisesti hyödynnettävissä olevaa heliumia on noin viisi kertaa enemmän kuin Algeriassa tai Venäjällä, joissa on seuraavaksi suurimmat varannot.<sup>5</sup> Heliumia tuotetaan tällä hetkellä pääosin Yhdysvaltojen lounaisosien ja keskilännen osavaltioissa – alueella, jossa myös maailman suurin heliumvarasto sijaitsee.<sup>6</sup> Fuusioreaktoreille ihanteellista helium-3:a on tähän asti saatu lähinnä ydinaseteollisuudesta, mutta aivan viime vuosina myös sen kaupallinen tuotanto on käynnistynyt.<sup>7</sup> Helium-3:n nykyiset varannot ovat hyvin pienet, ja esimerkiksi Yhdysvaltojen varmuusvarastossa sitä on vain 25 kg.<sup>8</sup> Sitä esiintyy kuitenkin runsaasti Kuussa ja Jupiterissa, joista sen kaivamista pidetään ainakin teoreettisesti mahdollisena<sup>9</sup> – ja osin myös aitona tulevaisuuden vaihtoehtona: esimerkiksi Kiina on pyrkinyt avaruustutkimusohjelmallaan selvittämään helium-3:n hakemista Kuusta.<sup>10</sup> Kiinan kiinnostusta kallista kuukaivantaa kohtaan selittää paitsi maan aktiivinen pyrkimys vähentää riippuvuutta amerikkalaisesta heliumista<sup>11</sup> myös ekstraterrestriaalisten heliumvarantojen runsaus: Kuusta arvioidaan löytyvän miljoona tonnia helium-3:a, ja jo 100–200 tonnia tätä jalokaasua riittäisi kattamaan koko maapallon vuosittaisen energiantarpeen.<sup>12</sup>

Nobel-voittaja, helium-tutkija Robert Richardson on arvioinut, että maailmaa uhkaa heliumpula vuoteen 2040 mennessä.<sup>13</sup> Lisäksi 2000-luvulla on jo ollut useita ajanjaksoja, jolloin heliumin saanti on vaikeutunut tilapäisesti. Koska heliumin tuotanto on erittäin keskittynyttä, pelkästään samanaikaiset huollot useammalla maakaasulaitoksella voivat aiheuttaa toimitusvaikeuksia ja johtaa hinnan nopeaan nousuun. Maantieteellisestä keskittymisestä johtuen myös yksittäiseen merireittiin tai -kuljetukseen liittyvät häiriöt voivat vaikuttaa heliumin saatavuuteen.<sup>14</sup> Logistiikka-alalla käydään keskustelua esimerkiksi siitä, onko rahtilaivojen vuosikymmeniä kasvanut koko osasyynä kalliisiin onnettomuuksiin kuten Suezin kanavan tukkeutumiseen maaliskuussa 2021.<sup>15</sup> Jättikokoinen rahtilaiva Ever Given jumittui Suezin kanavaan, minkä seurauksena kanavan liikennöinti pysähtyi kuudeksi päiväksi. Ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat sään ääri-ilmiöt lisäävät rahtilaivojen ohjattavuushaasteita, joita laivojen suuri koko ei helpota. Koska heliumia kuljetetaan erityisissä kylmäkonteissa, myös niiden saatavuus luo epävarmuustekijöitä itse raaka-aineen toimitusketjuun.<sup>16</sup> Osalle heliumin loppukäyttäjistä jo pelkkä hinnan nousu aiheuttaa vakavan saatavuusongelman: monissa tutkimusohjelmissa työskennellään joustamattomien budjettiraamien puitteissa.

Heliumin tärkeydestä ja sen saatavuuteen liittyvistä riskeistä huolimatta Yhdysvallat, Kiina ja EU eivät ole sisällyttäneet sitä kriittisten mineraalien joukkoon tai ovat jättäneet sen pois viimeisimmiltä listauksiltaan.<sup>17</sup> Lisäksi Yhdysvalloissa pohditaan maailman suurimman heliumvaraston yksityistämistä; tosin tavoitteena olisi parantaa heliumin saatavuutta vauhdittamalla yksityisten markkinoiden syntymistä.<sup>18</sup> Sen sijaan Kanadassa helium on ollut kriittisten mineraalien listalla vuodesta 2021.<sup>19</sup>



- 
- <sup>1</sup> Yhdysvaltain geologian tutkimuskeskus. 2023. "Helium", Mineral Commodity Summaries.
- <sup>2</sup> Ks. esim. Dobransky, S. 2013. "Helium-3: the future of energy security", *International Journal on World Peace* 30(1).  
<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA326001921&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=07423640&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E258e1e47>.
- <sup>3</sup> Happo, P. "Näin läpimurto fuusioenergian tuotannossa käytännössä tehtiin – sähköverkkoon ehkä 2030-luvulla, mutta eri menetelmällä, arvioi asiantuntija", YLE 14.12.2022. <https://yle.fi/a/74-20008627>.
- <sup>4</sup> S&P Global Commodity Insights. 2022. "Helium", Chemical Economics Handbook.  
<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/helium-chemical-economics-handbook.html>.
- <sup>5</sup> Statista 2023, "Reserves of helium worldwide in 2022, by country".  
<https://www.statista.com/statistics/925805/helium-reserves-worldwide-by-country/>.
- <sup>6</sup> Yhdysvaltain geologian tutkimuskeskus. 2023. "Helium", Mineral Commodity Summaries.  
<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-helium.pdf>.
- <sup>7</sup> Air Liquide. 2021. "Air Liquide enters a long-term partnership to secure its supply of helium-3", 7.12.2021.  
<https://www.airliquide.com/group/press-releases-news/2021-12-07/air-liquide-enters-long-term-partnership-secure-its-supply-helium-3>.
- <sup>8</sup> De Temmermann, G. 2021. "The helium bubble: Prospects for <sup>3</sup>He-fuelled nuclear fusion", *Joule* 5(6): 1312-1315. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435121002075>.
- <sup>9</sup> Euroopan avaruusjärjestö. 2023. "Helium-3 mining on the lunar surface".  
[https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Preparing\\_for\\_the\\_Future/Space\\_for\\_Earth/Energy/Helium-3\\_mining\\_on\\_the\\_lunar\\_surface](https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Space_for_Earth/Energy/Helium-3_mining_on_the_lunar_surface)
- <sup>10</sup> Fan, A. "China determines over 40 elements in Chang'e-5 lunar samples, 'significant for Moon formation studies'", *Global Times* 27.3.2023. <https://www.globaltimes.cn/page/202203/1256907.shtml>.
- <sup>11</sup> Ks. esim. Chen, S. 2020. "China opens first large-scale helium plant as it tries to reduce reliance on US imports", *South China Morning Post* 28.7.2020. <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3094905/china-opens-first-large-scale-helium-plant-it-tries-reduce>
- <sup>12</sup> Simko, T. & Gray, M. 2014. "Lunar Helium-3 Fuel for Nuclear Fusion", *World Future Review* 6(2):158–171.
- <sup>13</sup> Edwards, L. 2010. "The world is running out of helium: Nobel prize winner", *Phys.org* 24.8.2010.  
<https://phys.org/news/2010-08-world-helium-nobel-prize-winner.html>.
- <sup>14</sup> S&P Global Commodity Insights. 2022. "Helium", Chemical Economics Handbook.  
<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/helium-chemical-economics-handbook.html>.
- <sup>15</sup> Boulougouris, E. "How Container Ships Got so Big, and Why They're Causing Problems", *The Maritime Executive*. 1.4.2021. <https://maritime-executive.com/editorials/op-ed-no-need-to-scrap-megamax-boxships-after-suez-canal-grounding>.
- <sup>16</sup> S&P Global Commodity Insights. 2022. "Helium", Chemical Economics Handbook.  
<https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/helium-chemical-economics-handbook.html>.
- <sup>17</sup> Yhdysvaltain geologian tutkimuskeskus. 2022. 2022 List of Critical Minerals. [https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fspublic/media/files/2022%20Final%20List%20of%20Critical%20Minerals%20Federal%20Register%20Notice\\_2222022-F.pdf](https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fspublic/media/files/2022%20Final%20List%20of%20Critical%20Minerals%20Federal%20Register%20Notice_2222022-F.pdf); Euroopan komissio. 2020. Study on the EU's List of Critical Raw Materials. (2020) Final Report.  
[https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRM\\_2020\\_Report\\_Final.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRM_2020_Report_Final.pdf); Kiinan luonnonvaraministeriö. 2016. 全国矿产资源规划 2016–2020.[Kansallinen mineraali- ja luonnonvarasuunnitelma 2016–2020].  
[https://www.mnr.gov.cn/gk/ghjh/201811/t20181101\\_2324927.html](https://www.mnr.gov.cn/gk/ghjh/201811/t20181101_2324927.html).
- <sup>18</sup> Pflum, M. 2023. "The fate of America's largest supply of helium is up in the air", *NBC News* 7.2.2023.  
<https://www.nbcnews.com/science/science-news/fate-americas-largest-supply-helium-air-rcna69309>.
- <sup>19</sup> Ks. Kanadan luonnonvaraministeriö. 2022. The Canadian Critical Minerals Strategy. From Exploration to Recycling: Powering the Green and Digital Economy for Canada and the World.  
<https://www.canada.ca/content/dam/nrcan-rncan/site/critical-minerals/Critical-minerals-strategyDec09.pdf>