Asiantuntijalausunto Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnalle koskien kasvuyrityksiä kestävyysmurroksessa

IQM Finland Oy:n ja kvanttilaskennan näkökulmasta.

Yhteenveto

Kvanttiteknologia on uusi tulevaisuudessa yhteiskuntaa mahdollisesti laajasti mullistava tekniikan ala, joka perustuu kvanttifysiikan syvällisimpien ilmiöiden valjastamiseen hyötykäyttöön. Kvanttilaskenta on kvanttiteknologian osa-alue, jossa tähdätään erityisesti tietoteknisiin sovelluksiin ja kvanttitietokoneen kehittämiseen. Kestävää kehitystä ajatellen sillä on suora vaikutus nyky-yhteiskunnan hiilijalanjälkeen ja maapallon resurssien parempaan hallintaan. Innovaatioiden avulla Suomalaiset yritykset voivat olla kilpailukykyisiä taloudessa, jossa korostetaan kestävää kasvua. Suomalainen IQM on suurin kvanttitietokoneiden valmistaja Euroopassa.

Juha Vartiainen

Operatiivinen johtaja, IQM Finland Oy

Keilaranta 19, 02150 Espoo

Juha@meetiqm.com

+358401911343

IQM:n osuus kestävän kehityksen edellyttämissä systeemisissä muutoksissa

Kvanttilaskennan taustaa

Kvanttiteknologiaa on tutkittu yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa jo kaksi vuosikymmentä mutta viime vuosien läpimurtojen ansiosta sen kaupallinen hyödyntäminen on tullut mahdolliseksi. Uutena ja käänteentekevänä teknologiana kvanttilaskenta lupaa muuttaa elämäämme monin eri tavoin ja sovellusten määrä kasvaa jatkuvasti tutkimuksen edetessä.

Kvanttilaskenta on perustavalla tavalla erilainen kuin mikään ihmisen tähän asti laskemista varten kehittämä teknologia. Siksi sen avulla voimme pureutua aivan uusiin ongelmaluokkiin. Tulevaisuudessa nähdään kvanttilaskennan ansiosta nykyisissä teknologioissa parannuksia (ns. pehmeä kvanttihyöty) ja otaksutaan syntyvän jopa tyystin kokonaan uudentyyppisiä vallankumouksellisia teknisiä keksintöjä (ns. kova kvanttihyöty). Koska vallankumouksellisten keksintöjen ennustaminen on hyvin vaikeaa, tässä dokumentissa keskitytään parannuksiin nykyisissä teknologioissa.

Alla käsitellään lupaavia kvanttilaskennan sovellusesimerkkejä kestävän kehityksen teemoissa peilaten Agenda 2030 -ohjelmaan.

Parempia keinoja lannoitteiden valmistukseen

Yksi kvanttilaskennan tärkeimmistä käyttökohteista on tiettyjen kemiallisten reaktioiden parempi ymmärtäminen, mikä edistää hiilineutraaliutta. Yksi esimerkki tästä on lannoitteiden tuotanto, jossa typpeä muutetaan ammoniakiksi. Nykyisellään Haber-Boschin reaktiolla tuotettu lannoite ravitsee kahta kolmasosaa maapallon väestöstä. Yksin tämä reaktio kuluttaa myös 3-5% kaikesta tuotetusta maakaasusta ja noin 1-2% maailman koko energiankulutuksesta ja vastaa 1,2% maapallon kokonaishiilipäästöistä. On kiinnostavaa, että luonnossa typen kiinnitysprosessit tapahtuvat mikro-organismien avulla ja kuluttavat alle kymmenesosan Haber-Bosch-reaktion energiasta (Ashida, 2019) - (Collin Smith, 2020).

Typen kiinnitysreaktion toteuttaminen luonnossa elävien mikro-organismien tavoin voisi tuoda merkittäviä säätöjä maailman kokonaisenergia- ja hiilipäästöbudjetista. Teknisenä haasteena on reaktion ymmärtäminen, koska edellyttää monimutkaisen FeMoCo-entsyymien (Brian M. Hoffman, 2014) dynamiikan simulointia. Tämä on hyvin vaikeaa klassisilla tietokoneilla ja mutta suhteellisen helppoa lähivuosina kehitettäville kvanttitietokoneille (Markus Reiher, 2017).

Ilmastonmuutoksen lievittäminen

Toinen kvanttilaskennan suora soveltaminen ilmastonmuutosta lievittävään kemian ongelmaan liittyy hiilidioksidin sitomiseen. Laskennallisen kemian keinoin etsitään uusia synteettisiä katalyytteja ilmakehän hiilidioksidin muuttamiseksi metanoliksi tai etanoliksi (Vera von Burg, 2020). Kvanttitietokoneen on osoitettu soveltuvan tuovan tähän työhän ratkaisevan edun parhaimpiin muihin menetelmiin verrattuna (Sebastian Wesselbaum, 2015) - (McArdle, 2020).

Fossiilisten polttoaineiden vähentäminen

YK:n kestävän kehityksen tavoitteissa (United Nations, s.d.) korostetaan tieliikenteen tarjoavan suurimmat mahdollisuudet päästöjen vähentämiseen. Muun muassa ajoneuvojen parempi reititys kaupunkiliikenteessä on tässä tärkeässä asemassa kohti hiilineutraaliutta (J.Nieuwenhuijsen, 2020). Monimutkaisissa toimitusketjuissa esimerkiksi reittioptimointi on erittäin vaikea laskennallinen ongelma, johon liittyy useita tekijöitä (Xiao-Hong Liu, 2018), mikä tekee ongelmasta klassisella tietokoneella hyvin vaikeasti ratkaistavan (Boston Consulting Group, 2020). Juuri tämäntyyppisten ongelmien ratkaisuun tulevaisuuden kvanttitietokoneet soveltuvat hyvin ja jo nyt löydetty kvanttilaskenta-algoritmeja, jotka ovat parempia kuin tunnetut klassiset menetelmät (Gyongyosi, 2020). Useat yritykset etsivät ratkaisuja CO2-päästöjen vähentämiseen kvanttilaskennan keinoin (IBM, 2021) - (HPC wire, 2020).

Toinen esimerkki kvanttilaskennan hyödystä fossiilisten polttoaineiden kulutuksen vähentämisessä on lentokoneiden ja autojen aerodynamiikan parantaminen. Aerodynaamiset tietokonesimulaatiot ovat erittäin vaativa laskennallinen tehtävä ja suurteholaskennan merkittävän akateemisen ja teollisen käytön kohde. On löydetty lupaavia kvanttialgoritmeja näiden ongelmien ratkaisemiseksi (Möller, 2017). Lisäksi lentokoneiden nousua, laskeutumista ja reittien suunnittelua voidaan (Yibo Li, 2020) optimoida kvanttitietokoneiden avulla. Lentokoneiden valmistaja, kuten Airbus, osallistuvat alan tutkimukseen (Airbus, s.d.).

Uusiutuvan energian tuotannon tehokkuuden parantaminen

Eräät uusiutuvan energian tuotantomuodot voivat myös hyötyä kvanttilaskennasta. Etenkin tuulivoima on houkutteleva kohde (Giani, 2021). Tuuliturbiinien terät vaativat aerodynaamisia malleja, jotka ovat yhtä monimutkaisia kuin lentokoneen siivet; mitä parempi muotoilu on, sitä tehokkaammin tuulivoimala pystyy tuottamaan energiaa. Lisäksi tuulivoimaloiden sijoittelu on myös monimutkainen optimointiongelma, jota varten kehitetään uusia algoritmeja (K. Yang, 2019).

Toinen mielenkiintoinen kvanttilaskennan sovellus hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi on ydinfuusio. Ydinfuusioreaktorin sisällä kaatuvien prosessien simulointi vaatii merkittäviä laskennallisia resursseja. Kvanttialgoritmeja on käytetty näiden simulaatioiden suorittamiseksi (Startsev, 2020) - (Department of Energy of the USA, 2020).

Energiaverkon optimointi

Tuuli- ja aurinkoenergian tuotanto lisää tuotantovaihteluja sähköverkoissa. Yksi mahdollinen tapa vähentää vaihtelujen määrää on sijoittaa varastointielementtejä, kuten akkuja, eri puolilla verkkoa (EUROBAT, 2013). Näiden elementtien optimaalisen sijoittelun löytäminen on laskennallisesti vaikea kombinatorinen ongelma. Hyvin tunnettu kvanttilaskennan optimointialgoritmi sopii hyvin tällaisen kombinatorisen optimointiongelman ratkaisemiseen (Nathan Lacroix, 2020) - (Fraunhofer ITWM, 2020).

Uudet akkuratkaisut

Akkututkimus on hyvin tärkeä kvanttilaskennan sovellus hiilineutraaliuden alalla. Tarvitaan pieniä, kevyitä energianvarastointijärjestelmiä, joilla on suuri kapasiteetti ja suorituskyky. Elektrodien materiaali ja rakenne ovat keskeisiä tekijöitä, koska ne vaikuttavat energiatiheyteen ja jännitteeseen. Optimoiduilla materiaaleilla on myös mahdollista pidentää akkujen ja polttokennojen käyttöikää. Kvanttitietokoneiden avulla voidaan simuloida akkujen materiaaleja (Alan Ho, 2018) - (Li, Yao, Lee, & al., 2019) ja parantaa niiden ominaisuuksia.

Suomalaisten yritysten kilpailukyvyn edellytykset kestävässä kasvussa

Suomalaiset yritykset voivat olla kilpailukykyisiä taloudessa, jossa korostetaan kestävää kasvua. Kvanttiala sinällään tukee suoraan kestävän kasvun tavoitteita innovaatioiden kautta. Toisaalta asetetut rajoitteet, vaikkapa päästöille, eivät vaikutta alaan juuri ollenkaan. Kvanttiteknologia voi luoda uutta kasvua ja Suomalaisten yritysten pitää hyödyntää kestävän kasvun mukanaan tuomat mahdollisuudet eikä pelätä mahdollisia rajoitteita. Korkean teknologian maana Suomella ja sen yrityksillä on mahdollisuus sopeutua uuteen toimintaympäristöön ulkomaisia kilpailijoitaan nopeammin.

Saadakseen suurimman hyödyn teknologisessa murroksessa Suomalaisten yritysten on kansainvälistyttävä ja otettava ala haltuun. Kilpailukyvyn kannalta teknologinen suvereniteetti on strategisten teknologioiden kohdalla tärkeää. Suomen ja Euroopan on turvattava oma valmistusteknologia ja riittävä kapasiteetti, jotta kestävä kasvu on mahdollista. On huomattava, että vaikkakin kvanttialan osaaminen on Suomessa vahvaa historiallisista syistä, ala on lähtökohtaisesti kansainvälinen. Kehitystä ajaa etenkin USA:n ja Kiinan kilpajuoksu ja sen mukanaan tuoma suuret kansalliset tukipaketit. Eurooppalainen dimensio on myös vahva ja erityisesti Saksa on tärkeä vertailukohta. Toinen leimallinen piirre tälle uudelle vahvalle teknologialle ovat sen potentiaaliset sotilaalliset sovellukset, jotka ovat muuttaneet sen verrattain varhaisessa vaiheessa strategisesti tärkeäksi. Eri maiden hallitukset ovat luoneet omia ohjelmiaan ja alan vientirajoitukset ja kansainväliset sopimukset ovat jo muodostumassa.

Kilpailuetu syntyy enenevässä määrin korkeasta teknologiasta. Laajempien hyötyjen saamiseksi kvanttiala ja nykyinen Suomen teollisuus pitäisi saada tekemään paremmin yhteistyötä. Suomalaiset ja eurooppalaiset yhteishankkeet ovat yksi mahdollisuus edistää tätä. Nykyisellään lähes kaikki kaupallinen työ kvanttialalla tapahtuu startup- ja kasvuyrityksissä. Näiden toimintaedellytyksistä huolehdittava: etenkin yritysten alkuvaiheen rahoitus tulee olla kilpailijamaiden tasolla ja uusien yritysten syntymistä spin-outeina yliopistoista tulee edistää. Kasvuvaiheen rahoituksessa (VC) pääomasijoittajien rooli on tärkeä. Suomen tulee laatia yhtenäiset tavoitteet ja harkita mitä kansallisia hyötyjä Suomi odottaa kasvuyrityksiltä eri aikajänteillä.

Suomalaisten yritysten on panostettava tuotekehitykseen ja palkattava rohkeammin uuden teknologian asiantuntijoita. Suomi voi edistää kestävää kasvua koulutuksen keinon lisäämällä opetuksen tasoa lukioista yliopistoon saakka. Lisäksi Suomen tulee pitää kiinni kaikista nykyisistä vetovoimatekijöistään ja pyrkiä luomaan uusia osaavan työvoiman houkuttelemiseksi maahan. Tämä nostaa suomalaisten hyvinvointia.

Viitteet

Airbus. (n.d.). *Airbus Quantum Challenge*. From https://www.airbus.com/innovation/industry-4-0/quantum-technologies/airbus-quantum-computing-challenge.html

Alan Ho, J. M. (2018). The Promise and Challenges of Quantum Computing for Energy Storage. *2*, 810-813.

Asaithambi, G. K. (2016). Transp. in Dev. Econ. *2*, 19.

Ashida, Y. A. (2019). Molybdenum-catalysed ammonia production with samarium diiodide and alcohols or water. *568*, 536-540.

Boston Consulting Group. (2020). *A Quantum Advantage in Fighting Climate Change*. From https://www.bcg.com/publications/2020/quantum-advantage-fighting-climate-change

Brian M. Hoffman, D. L.-Y. (2014). Mechanism of Nitrogen Fixation by Nitrogenase: The Next Stage. *114*, 4041-4062.

Collin Smith, A. K.-M. (2020). Current and future role of Haber–Bosch ammonia in a carbon-free energy landscape. *13*, 331-344.

Department of Energy of the USA. (2020). *Department of Energy Announces $12 Million for Research on Quantum Information Science for Fusion Energy*. From https://www.energy.gov/articles/department-energy-announces-12-million-resea

EUROBAT. (2013). *Battery Energy Storage for Smart Grid Applications.* From http://www.transport-ncps.net/wp-content/uploads/plikownia/TOOLbox/Documents-Repository/CROSS%20CUTTING/EUROBAT%20-%20Association%20of%20European%20Battery%20Manufacturers/EUROBAT_smartgrid_publication_may_2013.pdf

Evangelos Pournaras, J. E.-U. (2016). Self-Repairable Smart Grids Via Online Coordination of Smart Transformers. *13*, 1783-1793.

Fraunhofer ITWM. (2020). *EnerQuant: Quantum Computing for the Power Industry,*. From https://www.itwm.fraunhofer.de/en/departments/fm/power-industry/enerquant-quantencomputing-power-industry.html

Giani, A. (2021). Quantum computing opportunities in renewable energy. *1*, 90.

Globe News Wire. (n.d.). *Atos and the Port of Esbjerg start joint decarbonization project for a Carbon Neutral Harbour*. From https://www.globenewswire.com/fr/news-release/2021/05/05/2223087/0/en/Atos-and-the-Port-of-Esbjerg-start-joint-decarbonization-project-for-a-Carbon-Neutral-Harbour.html

Gyongyosi, L. (2020). Nat. Sci. Rep. *10*, 14220.

HPC wire. (2020). *Total is Exploring Quantum Algorithms with Cambridge Quantum Computing to Improve CO2 Capture*. From https://www.hpcwire.com/off-the-wire/total-is-exploring-quantum-algorithms-to-improve-co2-capture/

IBM. (2021). *bp joins the IBM Quantum Network to advance use of quantum computing in energy*. From IBM News Room: https://newsroom.ibm.com/2021-02-15-bp-joins-the-IBM-Quantum-Network-to-advance-use-of-quantum-computing-in-energy

J.Nieuwenhuijsen, M. (2020). EnvIntl. *140*, 105661.

K. Yang, K. C. (2019). Simulated Annealing Algorithm for Wind Farm Layout Optimization: A Benchmark Study. *12*, 4403.

Li, Q., Yao, Z., Lee, E., & al., e. (2019). Nature Communications. *10*, 1692.

Markus Reiher, N. W. (2017). Elucidating reaction mechanisms on quantum computers. *114*, 7555-7560.

McArdle, S. a.-G. (2020). Quantum computational chemistry. *92*, 015003.

Möller, M. V. (2017). Ethics Inf. Technol. *19*, 253-269.

Nathan Lacroix, C. H. (2020). Improving the performance of deep quantum optimization algorithms with continuous gate sets. *1*, 110304.

Sebastian Wesselbaum, V. M. (2015). Hydrogenation of carbon dioxide to methanol using a homogeneous ruthenium–Triphos catalyst: from mechanistic investigations to multiphase catalysis. *Chem. Sci., 6*, 693-704.

Singer, A., Zhang, M., Hy, S., & al., e. (2018). Nucleation of dislocations and their dynamics in layered oxide cathode materials during battery charging. *3*, 641-647.

Startsev, I. Y. (2020). On applications of quantum computing to plasma simulation. https://arxiv.org/abs/2005.14369.

United Nations. (n.d.). *Sustainable Development Goals* . From https://www.un.org/sustainabledevelopment/

Vera von Burg, G. H. (2020). Quantum computing enhanced computational catalysis. arXiv:2007.14460.

Xiao-Hong Liu, M.-Y. S.-L.-H. (2018). Mathematical Problems in Engineering. *2018*, 8961505.

Yibo Li, e. a. (2020). J. Phys.: Conf. Ser. *1549*, 022074.