

## RAPORTTI

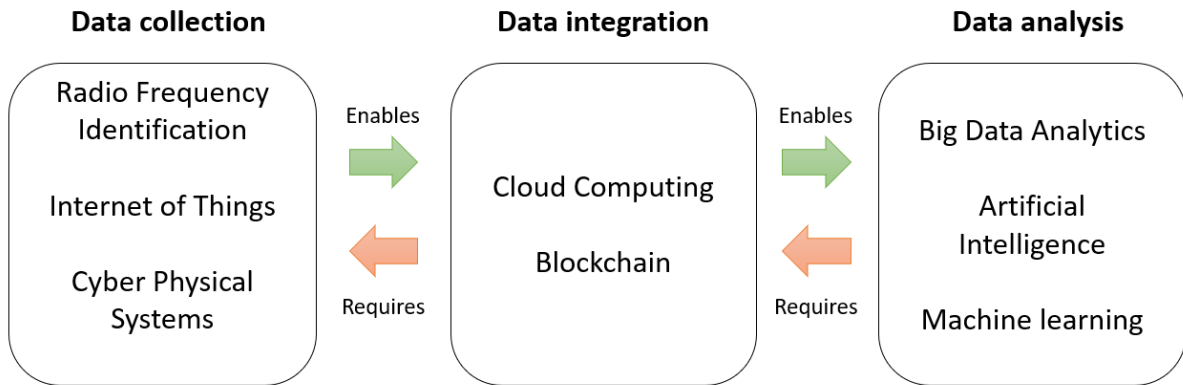
### Digitaaliset ratkaisut kiertotalouden ajureina

Teknologisen kehityksen saralla digitalisaatio ja datateknologiat ovat mullistaneet eri toimialoja laajasti mahdollistaen uusia, tehokkaita ja monipuolisia toimintatapoja kautta toimialojen. Uusien teknologioiden myötä yritysten ja organisaatioiden kehitys suuntautuu jatkuvasti pois manuaalisen työn optimoimisesta ja uusien ratkaisujen kehitys pyörii vahvasti datan erilaisten keräys- ja hyödyntämismahdollisuuksien ympärillä. Alan keskustelu on kuhissut eri teknologioiden ja niistä muodostuneiden trendien ympärillä jo pitkään, mutta olennaisimmista teknologioista, kehityksen tasosta sekä hyödyntämismahdollisuuksista on vasta vähän dokumentoituja näyttöä etenkin kiertotalouden osa-alueella. Digitalisaatio mahdollistaa jo monilla yrityksillä uusia toimintatapoja sekä entistä parempaa resurssioptimointia, joten on syytä ajatella, että digitalisaatiolla on merkittäviä vaikutuksia myös kiertotalousratkaisujen kehitykseen. Vuoden 2019 aikana Tampereen Yliopiston tutkimuksessa kartoitettiin digitaalisten ratkaisujen vaikutuksia kiertotalouteen tavoitteena havainnollistaa uusien teknologioiden kiertotaloutta edistäviä mahdollisuuksia.

#### Mitä digitaalisilla ratkaisuilla tarkoitetaan

Digitaaliset teknologiat liitetään helposti ratkaisuihin, jotka ovat olleet läsnä arjessamme jo pitkään lähtien viestintälaitteiden sähköistymisestä tietokoneiden ja tietotekniikan yleistymiseen. Uusilla digitaalisilla teknologioilla tarkoitetaan kuitenkin uusia datakeskeisiä ratkaisuja, joita voidaan nimittää myös neljännen teollisen vallankumouksen teknologioiksi tai ns. Industry 4.0 teknologioiksi. Industry 4.0 teknologioiden kehitys on lähtenyt liikkeelle datan merkityksen kasvamisesta ja sen hyödyntämisestä teollisten prosessien kehityksessä. Ratkaisut juontavat juurensa erilaisista mahdollisuuksista datan keräämisen, integrointiin ja analysointiin, joilla voidaan tavoitella uusia toimintatapoja sekä vanhojen metodien optimointia. Kehityksen ytimessä on alati kasvavan datamassan hallinta ja hyödyntäminen mahdollisimman laajasti ja helposti.

Datan hallinnalla saavutettavia hyötyjä on lukuisia ja niiden pohtiminen itse on helppoa, sillä tarpeeksi yksityiskohtaisen datan voidaan ajatella mahdollistavan mitä tahansa. Entistä tarkempi tieto tuotantoprosessin vaiheista auttaa kehittämään prosessia tehokkaammaksi, tarkka ja ajankohtainen tieto varastosaldoista auttaa tehostamaan materiaalin kiertoa, datan jatkuva vaihto toimijoiden välillä mahdollistaa helpon yhteistyön sekä automaattisesti analysoitu tieto mahdollistaa päätöksenteon helposti ja nopeasti. Ratkaisujen toteutuminen ei ole minkään yhden teknologian mahdollistama tulos, vaan edellä mainittujen ratkaisujen saavuttaminen vaatii laajaa teknologista kehitystä ja usein huomattavia investointeja eri teknologioiden implementointiin. Digitaalisten ratkaisujen kehitystä organisaatiossa voidaan kuvata uusien teknologioiden kolmen kategorian luokittelun kautta. Teknologiat jaetaan dataa kerääviin, dataa integroiviin ja dataa analysoiviin teknologioihin, jotka liittyvät vahvasti toisiinsa. Dataa analysoivien teknologioiden käyttöönotto vaatii dataa keräävien ja dataa integroivien teknologioiden kehitystä, jolloin teknologioiden kehitys tapahtuu lineaarisesti tasoittain.



Digitaalisten teknologioiden kehityksen ensimmäisellä tasolla on dataa keräävät teknologiat, joihin kuuluu RFID-teknologiaan pohjautuvat sensorit, esineiden internet (IoT) sekä ihmisiä, koneita ja tietokoneita yhdistävät CPS-järjestelmät. Jotta dataa voi hyödyntää, täytyy dataa voida kerätä, joten digitaalisten teknologioiden implementointi alkaa aina datan keräys teknologioista. Sensoreiden kehityksen myötä lähes mitä tahansa voidaan tänä päivänä mitata. Kerättävän datan määrä kasvaa teknologioiden kehittyessä jatkuvasti, joka tekee myös hallittavasta datamäärästä jatkuvasti kasvavan. Sensoriteknologioiden kehityksen myötä implementoinnin suosio on kasvanut erityisesti laitteiden hintojen laskun myötä, joka on mahdollistanut teknologioiden yhä laajemman käyttöönoton. IoT ratkaisuja on jo nähtävissä useiden yritysten toiminnassa, jossa tietoa voidaan kerätä älykkäästi ja automatisoidusti.

Datan keräämisen myötä yhdeksi esteeksi kehitykselle muodostuu datan varastointi ja hallinta, johon pyritään vastaamaan dataa integroivilla teknologioilla. Datan suuren määrän myötä datan hallinta vaatii paljon laskentatehoa sekä tallennuskapasiteettia, joka voidaan mahdollistaa implementoimalla pilvipohjaisia ratkaisuja. Pilvessä oleva data on tallennettuna ulkoisella palvelimella, jolloin tarve paikalliselle kapasiteetille ja laskentateholle katoaa. Lisäksi dataan voidaan päästä käsittelemään verkkoyhteydellä mistä vain. Keskittämällä data yhteen varastoon, mahdollistetaan datan yhdistely ja valmistelu laajempaa hyödyntämistä varten. Datan määrän kasvaessa datan muoto voi vaihdella paljon, jolloin datan yhdistely ja yhtenäistäminen on tärkeä osa datan hyödyntämisen kannalta. Datan tallentaminen ulkoiselle palvelimelle myös tukee eri tahojen välistä tiedonsiirtoa ja hallintaa, sillä tallentamalla data ulkoiseen varastoon molemmat voivat hallita sitä omien tunnustensa avulla. Datan jakamisessa ongelmaksi voi helposti muodostua tietoturvaan liittyvät kysymykset sekä datan dynaaminen yhtäaikainen hallinta. Blockchain, josta suomeksi käytetään nimitystä lohkoketju, on teknologia, joka mahdollistaa datan hallinnan turvallisesti monen toimijan kesken pitämällä datan eheänä ja vain haluttujen käyttäjien hallinnoimana.

Kun yhdistetään mahdollisuudet kerätä dataa laajasti sekä varastoida ja hallita suurta datamäärää, luodaan perusta dataa analysoivien teknologioiden käyttöönotolle. Datan analysoinnin teknologioista suurin on ns. Big Data Analytics, jonka avulla kerätystä datasta jalostetaan analysoitua tietoa. Analysointi-teknologioiden avulla voidaan tuottaa tehokkaasti entistä parempia ja tarkempia dataan pohjautuvia tuloksia nopeasti ja nopeiden tulosten myötä päätöksentekoprosesseja voidaan tehostaa ja helpottaa merkittävästi. Big Data voidaan nähdä ensimmäisenä teknologiana, jota hyödynnetään analysoinnissa, jonka jälkeen analyysin tueksi voidaan tuoda tekoäly (Artificial Intelligence, AI) ja koneoppimisen (Machine Learning)

teknologioita. AI mahdollistaa laitteiden älykkään toimimisen ennalta syötettyjen oppien perusteella, kun taas koneoppimisella mahdollistetaan laitteen oma kehittymien ja oppiminen oman toimintansa perusteella.

Vaikka muun muassa Big Data on jo terminä esiintynyt alan keskusteluissa paljon, on teknologian implementoinnin taso merkittävästi oletettua pienempi. Tutkimuksessa haastatelluista neljästä yrityksestä yksikään ei vielä voinut sanoa olevansa täysin dataa analyysoivien teknologioiden tasolla, joten todellisuus digitaalisessa kehityksessä on suurilta osin vielä dataa keräävien ja integroivien teknologioiden implementoinnissa. Esitellyissä teknologioissa nähdään kuitenkin paljon potentiaaleja ja tutkimuksen myötä saimme selville useita tapoja, miten digitaaliset teknologiat tukevat kiertotalouden kehitystä.

### Kiertotalouden arvonluojat

Kiertotalouden hyödyt voidaan määritellä kolmen kiertotalouden ajurin kautta, jotka ovat resurssitehokkuus, tuotteen elinkaaren pidentäminen sekä materiaalivirtojen sulkeminen. Toiminnot, jotka edistävät yhtä tai useampaa alla olevista ajureista, voidaan laskea kiertotaloutta edistäviksi toiminnoiksi. Tutkimukseen pyrittiin hakemaan erilaisia kiertotalouden ratkaisuja toteuttavia yrityksiä, jotta voitaisiin tunnistaa digitaalisten teknologioiden yhteyksiä jokaiseen kolmesta ajurista.

## Circular Economy Value Drivers



Resurssitehokkuutta edistäviin ratkaisuihin sisältyy toimet materiaalikulutuksen ja hankintojen vähentämiseen ja uusiutumattomien materiaalien karsiminen tuotannosta. Materiaalikulutuksen minimointi on usein liiketoiminnallisesta näkökulmasta joka tapauksessa yritysten tavoitteena, mutta sillä on myös tärkeä merkitys kiertotalouden kannalta.

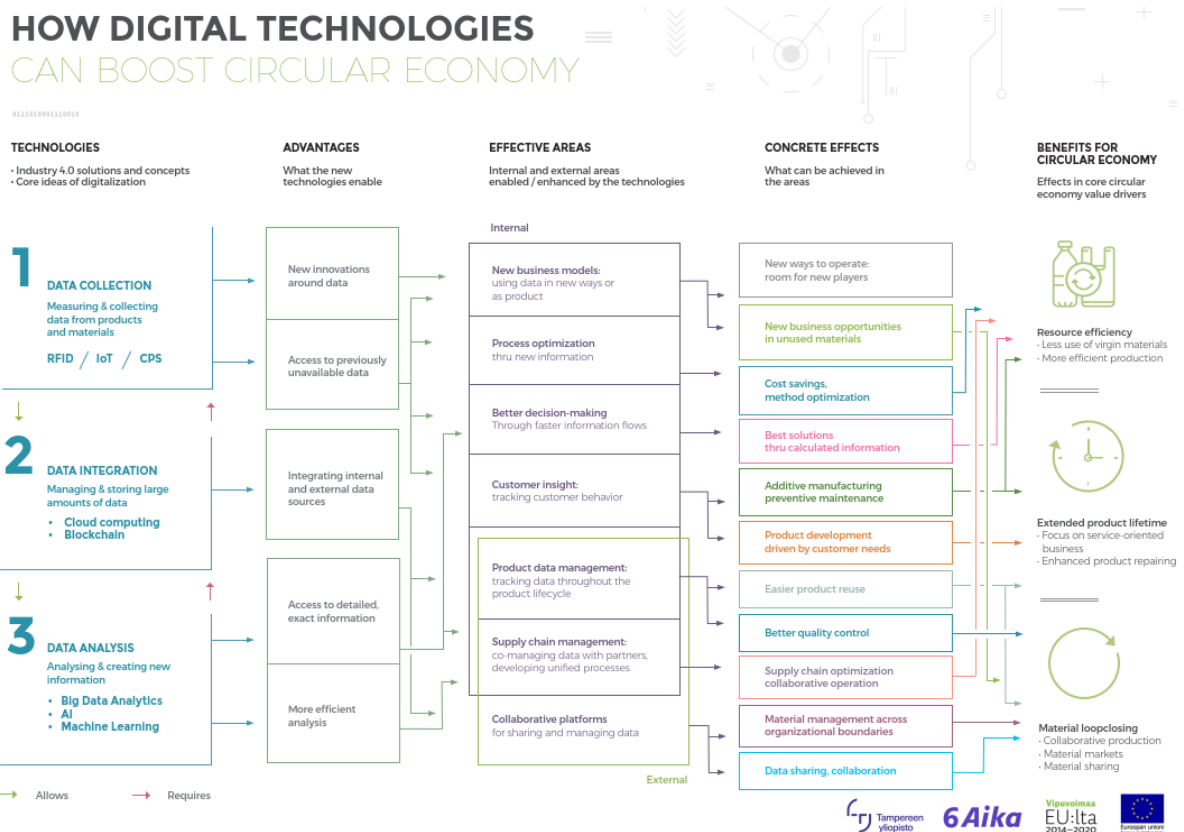
Tuotteiden elinkaaren pidentäminen tukee kiertotaloutta pitämällä materiaalit kierrossa entistä pidempään. Elinkaaria voidaan pidentää huolehtimalla laitteiden säännöllisestä huollosta ja pysyvästä toimintakunnosta sekä kehittämällä menetelmiä tuotteiden kestäväää käyttöä tukevaksi. Elinkaarten pidentäminen näkyy erityisesti palveluorientoituneiden ratkaisujen kautta, jossa asiakkaat usein vain maksavat laitteiden käytöstä. Tällöin vastuu laitteiden

huollosta säilyy palvelun tarjoajalla, joka voi pitää huolta tuotteiden tehokkaasta käytöstä ja säännöllisestä korjauksesta.

Materiaalivirtojen sulkeminen mahdollistaa materiaalin uudelleen hyödyntämisen estäen niiden putoamista ulos materiaalikierrosta päätyen kaatopaikoille. Materiaalivirtojen sulkemisessa yhdelle toimijalle tarpeeton materiaali saadaan valjastettua uudestaan hyötykäyttöön, jolloin samassa yhteydessä materiaalin arvo kasvaa. Erilaisia materiaalivirtojen kierron sulkemiseen kehitettyjä ratkaisuja ovat yhteistyömallit materiaalien uudelleen hyödyntämiseen ja markkinapaikat materiaalien myyntiä varten.

## Polut kiertotalouden kehittämiseen

Digitaalisten teknologioiden kautta voitiin tunnistaa useita konkreettisia hyötyjä, joilla teknologioiden mahdollistamat ratkaisut edistävät resurssitehokkuutta, tuotteiden elinkaarien pidentämistä sekä materiaalivirtojen sulkemista. Lopputuloksena saadaan prosessimainen kaavio, jossa yhteys teknologioiden ja kiertotalouden ajurien välille saadaan luotua teknologioiden etujen, vaikutusalueiden ja konkreettisten hyötyjen avulla. Kaaviosta voidaan huomata, että teknologioiden vaikutusalueet jakautuvat sekä organisaatioiden sisäisiin että ulkoisiin tekijöihin, joista voitiin tunnistaa 11 kiertotaloutta tukevaa vaikutusta.



Suurimmat hyödyt dataa keräävistä teknologioista syntyy uusista dataan keskittyvistä innovaatioista sekä mahdollisuuksista saada dataa asioista joiden mittaaminen on aiemmin ollut mahdotonta. Dataa keräävien teknologioiden vaikutuksia voidaan nähdä yritysten sisäisen toiminnan kehityksessä, jotka ilmenevät uusien liiketoimintamallien, prosessien optimoinnin, paremman päätöksenteon ja asiakastuntemuksen kautta. Keräämällä dataa esimerkiksi asiakkaan käyttäytymisestä sekä tuotteiden käyttötavoista, voidaan tuotteita kehittää kestävämpiä asiakkaan käyttöä entistä paremmin. Tuotteen kehittäminen kestävämmäksi on

konkreettinen tapa pidentää tuotteen elinkaarta. Dataa keräävien teknologioiden mahdollisuuksiksi voidaan tunnistaa uudet liiketoimintamahdollisuudet, kustannussäästöt, parhaiden ratkaisujen tunnistaminen, ennakoivat huoltotoimenpiteet ja asiakaslähtöinen tuotekehitys. Dataa keräävien teknologioiden mahdollisuudet keskittyvät enimmäkseen resurssitehokkuuden parantamiseen sekä osittain tuotteiden elinkaarien pidentämiseen.

Dataa integroivien teknologioiden hyödyt näkyvät eri datalähteiden integroinnissa sekä mahdollisuudessa hyödyntää ja hallita entistä laajempaa data kapasiteettia. Datan integroinnilla voidaan toteuttaa datan hallintaa helposti myös organisaatioiden välillä, jolloin teknologian hyödyt yltyvät myös yksittäistä yritystä laajemmalle vaikutusalueelle. Teknologioiden suurimmat vaikutukset voidaan nähdä tuotteisiin liittyvän datan hallinnoinnissa sekä yhteistyö alustojen luonnissa. Tuotteiden kiertomahdollisuuksia kehitettäessä tuotteiden laatutiedot nousevat merkittävään asemaan tuotteiden käyttömahdollisuuksien kannalta. Dataa integroivat teknologiat mahdollistavat tuotteiden elinkaaridatan helpon hallinnan sekä seurannan, joiden avulla voidaan pitää huolta materiaalien ajankohtaisista laatutiedoista. Dataa integroivien teknologioiden tuomat hyödyt keskittyvät materiaalivirtojen kierron sulkemiseen.

Dataa analysoivien teknologioiden hyödyt näkyvät todella yksityiskohtaisen ja tarkan tiedon sekä tehokkaiden analyysien tuomien mahdollisuuksien kautta. Nopeasti saatavilla olevan ja tarkan tiedon kautta yritykset voivat mahdollistaa erityisesti toteuttaa päätöksentekoa entistä paremmin sekä hallita koko toimitusketjua. Jotta tuotteen materiaalikierto voidaan optimoida mahdollisimman pitkälle, tulee koko toimitusketju huomioida. Tämä voidaan toteuttaa dataa integroivien ja dataa analysoivien teknologioiden avulla, jotka mahdollistavat datan nopean hyödyntämisen läpi organisaatorajojen. Dataa analysoivien teknologioiden suurimmat hyödyt voidaan nähdä resurssitehokkuuden optimoinnissa sekä materiaalivirtojen sulkemisen tukemisessa.

Tunnistettujen kiertotalouden ajureiden vaikutusten lisäksi digitaalisilla teknologioilla on laaja vaikutus uusien kiertotalous ratkaisujen kehittymiseen. Teknologioiden mahdollistamat innovaatiot mullistavat perinteisiä toimitapoja antaen tilaa uusille toimijoille ja innovaatioille. Mahdollisuudet datateknologioiden hyödyntämiseen ovat vasta kehittymässä, joten kiertotalouden ympärille rakentuvat innovaatiot voivat tuoda markkinoille täysin uudenlaisia tapoja kiertotalouden tukemiseen, joita on vielä mahdoton tunnistaa.

## **Yhteenveto**

Digitaalisten teknologioiden mahdollisuuksista voidaan tunnistaa useita kiertotalouden kehitystä tukevia vaikutuksia kaikkien kolmen ajurin alta. Lisäksi digitaalisilla teknologioilla on mahdollisuus tuoda toimintaan täysin uudenlaisia ratkaisuja datan käyttökohteiden kehittyessä. Teknologioiden kehityskulku lähtee dataa keräävien teknologioiden kehityksestä jatkuen dataa integroivien teknologioiden kautta dataa analysoivien teknologioiden mahdollistumiseen. Useat yritykset ovat jo edenneet dataa keräävien teknologioiden kehityksessä ja implementoinnissa, mutta niiden vaikutukset keskittyvät lähinnä vain resurssitehokkuuden parantamiseen sekä tuotteiden elinkaaren pidentämiseen. Jotta digitaalisia ratkaisuja voidaan hyödyntää materiaalikiertojen sulkemisessa, yrityksen teknologisen kehityksen on edettävä integroivien ja analysoivien teknologioiden tasolle. Tämä vaatii toimijoilta laajoja investointeja, mutta teknologioiden potentiaali on selvästi tunnistettavissa.

## **Taustat**

Selvitys on toteutettu osana Tampereen yliopistolla vuonna 2019 tehtyä tutkimusta digitaalisten ratkaisujen vaikutuksista kiertotalouteen. Tutkimus on osa EAKR-rahoitettua 6Aika-hanketta ”CircVol: Suurivolyymisten sivuvirtojen ja maamassojen hyödyntäminen kaupungeissa”. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, mitkä digitaaliset teknologiat ovat kiertotalouden kannalta olennaisimpia sekä miten teknologioita voidaan hyödyntää kiertotalouden edistämiseen. Tutkimuksen alussa aiheeseen tutustuttiin kirjallisuuskatsauksen kautta, jossa kartoitettiin erilaiset teknologiat ja niiden hyödyntämistavat kiertotalouden kontekstissa. Kirjallisuuskatsauksen avulla luotiin pohja haastattelututkimukselle, johon haettiin sopivia yrityksiä, jotka toteuttivat kiertotaloutta digitaalisilla ratkaisulla. Tutkimukseen osallistui neljä organisaatiota, jotka toivat paremman ymmärryksen teknologioiden implementoinnista ja kehityksen tasosta. Lisäksi organisaatiot kuvasivat omaa ratkaisuaan kiertotalouden edistämiseen. Blogissa esitetty prosessikaavio on johdettu tutkimuksen kirjallisuuskatsauksen sekä haastatteluiden tuloksista.

Teksti: Juha-Matti Väisänen, tutkimusapulainen, Tampereen yliopisto

Kuva: Juha-Matti Väisänen ja Mainostoimisto Värrikäs / Kati Kangasniemi