



VTT

VTT Materials Innovation Hub

Materiaalikehityksellä vauhtia
Suomen talouskasvuun



beyond the obvious

Sisältö

Johdanto	3
VTT Materials Innovation Hub vastaa materiaalikehityksen ja tuotannon haasteisiin	4
Ratkaisuja kriittisten raaka-aineiden saatavuuteen	7
Arvonlisää uusista metsäpohjaista tuotteista	9
Synteettinen biologia pohjana uudelle teollisuudelle ja kestäväälle kasvulle	10
Yhteenveto	12



Johdanto

Ilmastonmuutos ja luontokato ovat jo pitkään haastaneet yhteiskuntaa maailmanlaajuisesti. Niiden rinnalle ovat nousseet geopoliittiset jännitteet ja kriittisten raaka-aineiden saatavuusuhat. Suomelle lisähaasteen muodostaa vuosia jatkunut heikko talouden ja tuottavuuden kehitys.

Näihin haasteisiin on kuitenkin mahdollista vastata – ja kääntää ne uuden kestäväen kasvun ajureiksi. Tässä asiantuntijaraportissa tarkastelemme kahta keskeistä haastetta ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia suomalaisen teollisuuden uudistamiseksi.

Haaste 1:

Kriittisten raaka-aineiden saatavuus on uhattuna

Raaka-aineiden saatavuuden epävarmuus pakottaa teollisuuden etsimään uusia ratkaisuja. Erityisen ajankohtaista tämä on vihreän siirtymän aloilla, kuten akku- ja energiateollisuudessa. Tarvitaan paitsi korvaavia materiaaleja, myös täysin uudenlaisia, käyttötarkoitukseen räätälöityjä materiaaliratkaisuja.

Haaste 2:

Biomassasta valmistettavien tuotteiden arvoa on kasvatettava

Kestävien materiaalien kysyntä kasvaa nopeasti, ja siksi niiden kehittämistä on kiihdytettävä. Perinteinen 10–15 vuoden aikajänne biopohjaisten materiaalien kehityksessä ei enää riitä. EU:n on vahvistettava resilienssiään korvaamalla fossiilipohjaisia materiaaleja nopeasti biopohjaisilla. Samaan aikaan raaka-aineiden niukkuus edellyttää parempaa resurssitehokkuutta. Metsäteollisuuden kaltaisten alojen on jalostettava biomassaa ja biogeenistä hiilidioksidia monipuolisiksi, korkean lisäarvon tuotteiksi – nyt tarvitaan nopeita tekoja.

Molempien haasteiden yhteinen nimittäjä on tarve nopeuttaa ja tehostaa täysin uudenlaisten materiaalien kehitystä ja tuotantoa. Tämä edellyttää uusia menetelmiä ja työkaluja, jotka mahdollistavat kehityksen nopean etenemisen laboratoriosta teolliseen mittakaavaan ja kannattavaan liiketoimintaan.

Uusien materiaalien kehityspolku voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen:

- 1 Uusien materiaalien suunnittelu
- 2 Laboratoriomittakaavainen valmistus ja testaus
- 3 Skaalaus pilotista teolliseen tuotantoon

Tämän kehityspolun tarpeisiin VTT on kehittänyt Materials Innovation Hub -konseptin. Uskomme, että sen avulla Suomi voi hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla ne uudet mahdollisuudet, joita maailmanlaajuiset haasteet meille tarjoavat.

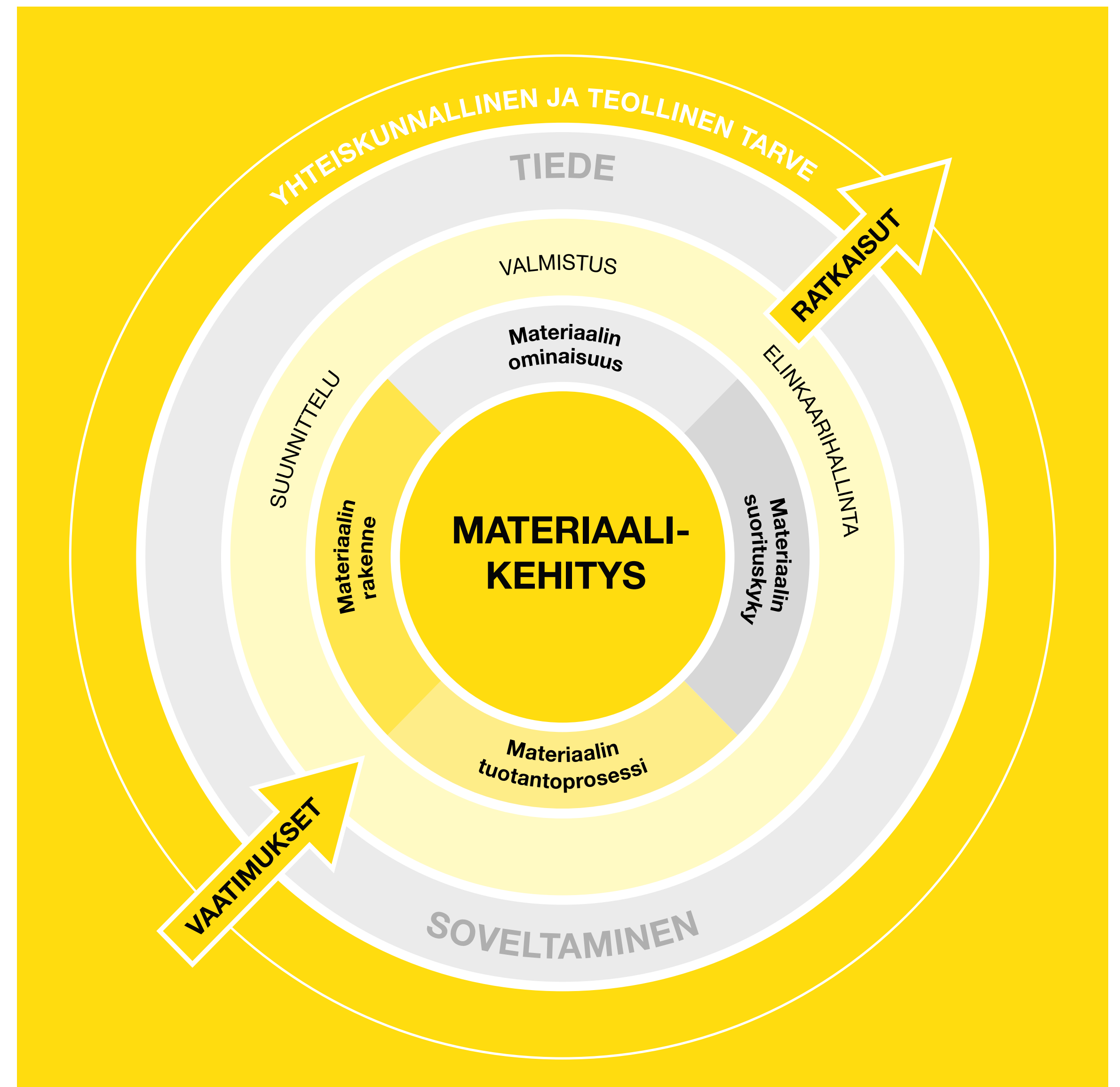


VTT Materials Innovation Hub vastaa materiaalikehityksen ja tuotannon haasteisiin

Perinteinen materiaalitutkimus nojaa teoriaan, kokemukseen ja kokeelliseen kehitystyöhön. Näillä menetelmillä täysin uusien materiaaliratkaisujen löytäminen on työlästä, aikaa vievää ja kallista. Teolliseen mittakaavaan pääseminen ja uusien materiaalien markkinoille vieminen voi viedä 15–20 vuotta ja vaatia satojen miljoonien – jopa miljardien – eurojen investointeja.

Viimeisten vuosikymmenten aikana laskennallinen tutkimus on kehittynyt nopeasti ja ottanut paikansa tieteen kolmantena peruspilarina, teoreettisen ja kokeellisen tutkimuksen rinnalla. Tekoäly on vauhdittanut tätä kehitystä avaamalla täysin uusia mahdollisuuksia myös materiaalien ja niiden tuotantoprosessien suunnitteluun ja optimointiin. Tulevaisuudessa kvanttilaskenta tuo vielä uuden hyppäyksen tutkimukseen ja kehitykseen.

VTT on yksi Euroopan johtavista laskennallisen materiaalitutkimuksen keskuksista. Nyt seuraava askel on ottaa käyttöön materiaalien suunnittelu-, kehitys- ja tuotantoalusta, VTT Materials Innovation Hub.



Laskentatehon ja tekoälyn valjastaminen osaksi materiaalisuunnittelua ja -tuotantoa

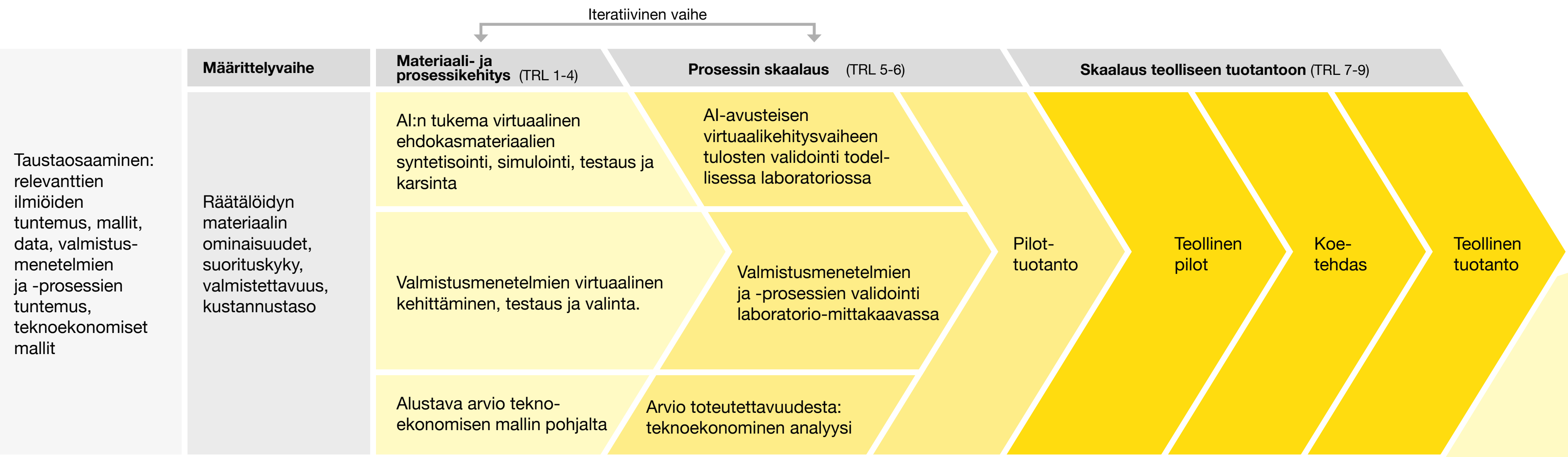
VTT Materials Innovation Hubin tavoitteena on uusien materiaaliratkaisujen kehittäminen jopa kymmenesosassa siitä ajasta, mikä kehittämiseen perinteisin menetelmin menisi. Konseptin ytimessä on tekoäylaskennan tarvitsema data: sen sujuva ja esteetön virtaaminen eri toimintojen välillä sekä datasta tuotettu uusi tieto ja ymmärrys.

Konseptissa dataa tuotetaan kokeellisin ja laskennallisin menetelmin, ja sitä kerätään muun muassa pilotti- ja tuotantoympäristöistä. Dataa prosessoidaan ja analysoidaan sovelluskohteeseen parhaiten soveltuvien menetelmin ja työkaluin, ja kehitystyön

seuraavia vaiheita ohjataan siitä tuotetun uuden tiedon perusteella. Datan tuottamisen, käsittelyn ja hallinnan prosessit sekä lopulta sen hyödyntäminen tekoälyavusteisessa materiaalikehityksessä ja -tuotannossa pyritään automatisoimaan. Myös kokeellinen toiminta automatisoidaan mahdollisimman pitkälle.

Juuri automaatio eri osissa on toinen keskeinen elementti, joka mahdollistaa merkittävän tehokkuuden lisäämisen. Uutta tietoa voidaan tuottaa, ja koneita, laitteita ja tietojärjestelmiä hyödyntää kelon ympäri.

Nopeutumisen lisäksi tekoälyavusteisella materiaalikehityksellä voidaan tuottaa halutuilla ominaisuuksilla varustettuja, ennennäkemättömiä designer-materiaaleja. Lääketeollisuus on toiminut tässä kehityksessä suunnanäyttäjänä hyödyntämällä tekoälyä vaikuttavien aineiden suunnittelusta ja synteesistä aina virtuaaliseen testaukseen asti. VTT Materials Innovation Hub -konsepti ajaa samaa kehitystä rakenteellisten ja korkean suorituskyvyn materiaalien kehitykseen ja tuotantoon.



TRL = Tekninen valmiusaste

Valmistusprosessien ja tuotannon kehittäminen on osa VTT Materials Innovation Hub -konseptia

Konsepti ei rajoitu materiaalisuunnitteluun, vaan se sisältää myös koeympäristöjä ja menetelmiä, jotka tukevat kehitettyjen materiaalien tuotannon skaalaamista laboratoriotasolta teolliseen mittakaavaan. VTT:llä on käytössään esimerkiksi koeympäristöt kuitutuotteiden kehittämiseen, kierrätysmuovien tuotantoon sekä biotekniseen valmistukseen.

Teolliseen mittakaavaan skaalaaminen on yrityksen kannalta iso päätös, joka edellyttää teknistaloudellista analyysiä. Yllä mainitut koeympäristöt laitteistoinen ovat askel kohti teollisen mittakaavan valmistusta. Lisäksi VTT kehittää menetelmiä ja työkaluja teknistaloudellisten analyysien tekemiseen uusien materiaalien ja valmistusprosessien toteutettavuuden ja kannattavuuden arviointia varten.

VTT Materials Innovation Hub -konseptin ydin

- 1** Tekoäly- ja datavetoisesti ohjattu kokeellinen toiminta, simulointi ja tuotantoprosessin kehitys on integroitu automatisoituun ja robotisoituun laboratorioon, muodostaen digitaalisten kaksosten verkoston.
- 2** Data, tiedonhallinta, alustat, rajapinnat, autonominen laboratorio, korkean suorituskyvyn laskenta, laadunvalvonta.
- 3** Tutkijat, joilla on kyky viedä tutkimus teknistaloudelliselle valmiustasolle, josta yritykset voivat jatkaa tulosten skaalaamista teolliseen mittakaavaan.

Biomateriaalit

Esim. biomassa-, kuitu- tai mikrobipohjaiset materiaalit ja biosynteettisesti tuotetut yhdisteet.

Rakennemateriaalit

Esim. metalliset ja metalli-keräamiset materiaalit äärimmäisiin olosuhteisiin, kuten fuusioreaktoreihin.

Toiminnalliset materiaalit

Esim. puolijohteet ja akkumateriaalit

Kierrätysmateriaalit

Esim. elektroniikkaromun metallit, tekstiili- ja muovijätteestä erotetut uusiomateriaalit sekä rakennus- ja teollisuusjätteet

VTT Materials Innovation Hub – Mitä ja miksi?

- Huippuunsa **hiottu materiaalien tutkimus-, kehitys- ja tuotantoprosessi**, joka hyödyntää fysiikkapohjaista simulointia, tekoälyä, kokeellista tutkimusta ja dataa sekä työprosessien ja datan prosessoinnin automatisointia.
- **Lyhentää materiaalien tutkimus- ja kehitysaikaa** parhaimmillaan kymmenesosaan siitä, mitä se olisi perinteisillä kokeellisilla menetelmillä.
- **Hyödynnettävissä monilla eri sovellusalueilla**, kuten raaka-aineiden jalostuksessa, kierrätyksessä, biomateriaaleissa, kuitupohjaisissa ratkaisuissa, valmistuksessa, tuotannossa sekä materiaalien elinkaaren ja kierron hallinnassa.
- Mahdollistaa **räätälöidyt ja optimoidut materiaaliratkaisut** ja ottaa huomioon mm. materiaalien ominaisuudet, valmistettavuuden, elinkaaren, kustannukset sekä ympäristövaikutukset.
- **Auttaa innovoimaan myös täysin uusia materiaaleja**, joilla on ominaisuuksia, joita ei aiemmin ole kyetty saavuttamaan. Näiden käyttökohteina ovat esimerkiksi avaruusteknologia tai fuusioreaktorit.
- Takaa vankan pohjan materiaalien valmistusprosessien kehittämiseen tarjoamalla **koeympäristöt laboratoriopiloteista pienen mittakaavan teollisiin pilotteihin asti**.
- Sisältää **kokeellisen tutkimuksen ja kehityksen SDL-konseptin** (Self-Driving Labs), jossa keskeisiä elementtejä ovat kokeellisen toiminnan automatisointi, datan tuotanto ja datan analysointiin perustuva prosessiälykkyyys. Esimerkkejä käytettävistä järjestelmistä ovat tekoälyavusteiset [AMANDA](#)- ja [GNoME](#).
- **Auttaa tekemään teknistaloudellisia analyyseja**, jotka ovat oleellisia yritysten investointipäätösten valmistelussa.

Ratkaisuja kriittisten raaka-aineiden saatavuuteen

Materiaalitutkimuksen keskeisiä asiakkaita ovat metallien jalostusteollisuus sekä konepaja- ja metallituoteteollisuus. Niiden viennin arvo on yhteensä noin 28 miljardia euroa eli 39 % Suomen koko viennin arvosta (2024). Ala on Suomen kansantalouden kannalta ensiarvoisen tärkeä.

Globaali geopolitiikka on nostanut pintaan erityisesti kilpailun raaka-ainevaroista ja raaka-aineiden saatavuudesta. Käytännössä on kolme tapaa vastata raaka-aineiden saatavuushaasteisiin:

- 1 Lisätään raaka-aineiden tuotantoa
- 2 Tehostetaan materiaalien ja raaka-aineiden kierrätystä sekä mahdollistetaan niiden uudelleenkäyttö
- 3 Korvataan kriittisiä raaka-ainekomponentteja vaihtoehtoisilla materiaaliratkaisuilla

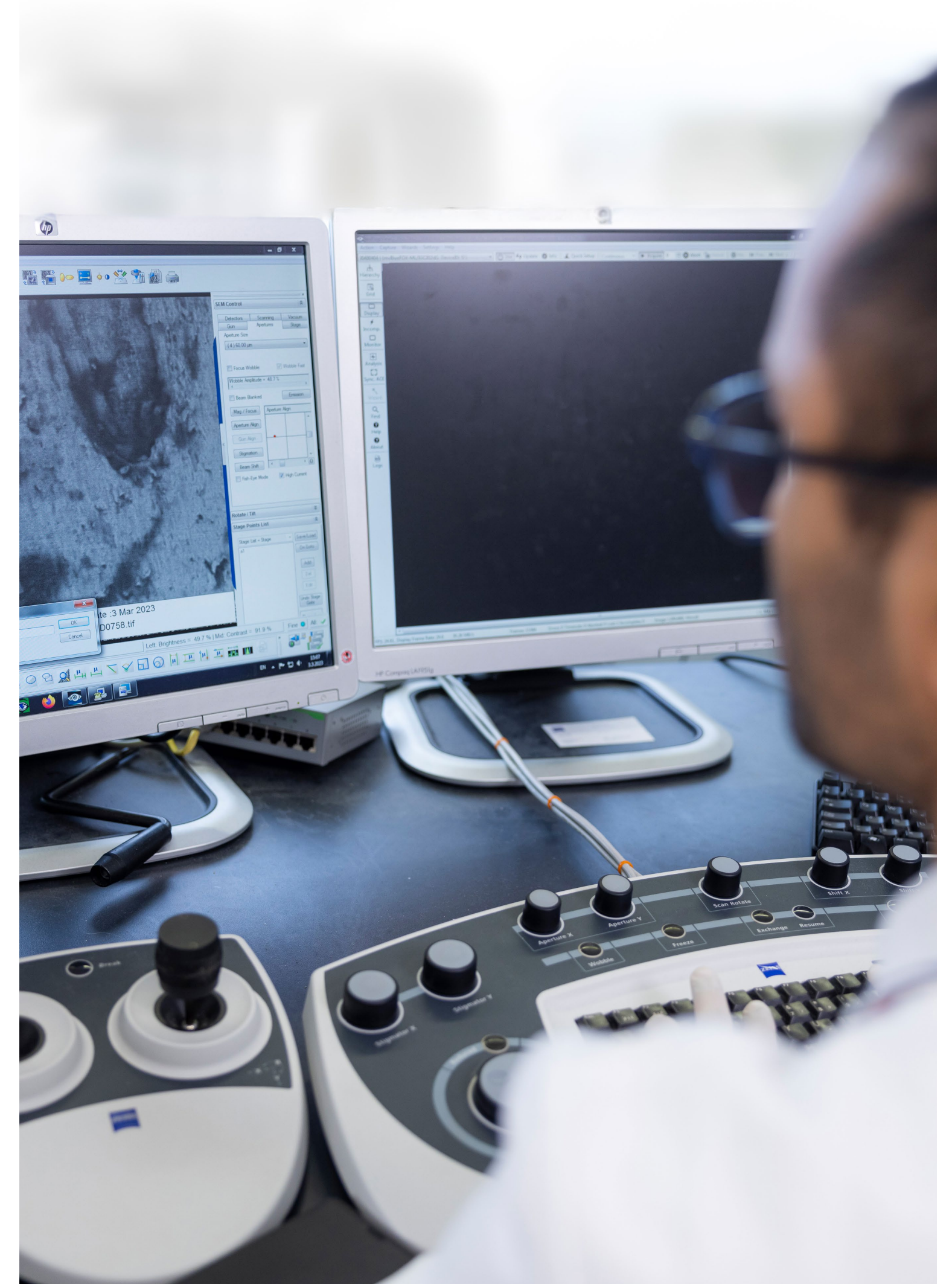
Erityisesti kahteen jälkimmäiseen voidaan vaikuttaa materiaalitutkimuksella.

Materiaalien kierrätettävyydessä keskeistä on materiaalien seostus, joka vaikuttaa niiden prosessointiin kierrätysvaiheessa. Esimerkkeinä tästä ovat akkujen materiaalit sekä vaativien käyttökohteiden teräslaudut. Vaihtoehtoisissa materiaaliratkaisuissa puolestaan on tavoitteena korvata jonkin tietyn toiminnallisen materiaalin, kuten kestopäällysteen, sellaisia raaka-ainekomponentteja, joiden saatavuus on erityisen heikkoa.

Molemmat näistä poluista vaativat syvällistä materiaalituntemusta ja huolellista suunnittelua. Niiden avulla varmistetaan, että materiaalien toiminnalliset ominaisuudet vastaavat edelleen käyttötarkoitusta. Ymmärrys mahdollistaa myös mielekkäät kompromissit, joissa huomioidaan niin ominaisuudet, saatavuus kuin hintakin.

Käytännössä VTT Materials Innovation Hub muuttaa raaka-aineiden korvaamisen prosessin mahdollistamalla korvaavien raaka-aineiden systemaattisen tunnistamisen. Perinteisesti korvaavien materiaalien etsiminen on perustunut kokeiluun ja erehdykseen: valmistetaan koe-eriä ja testataan, olisivatko ne riittävän hyviä suunniteltuun käyttötarkoitukseen. Tällä tavoin pystytään tyypillisesti kehittämään vain joitakin kymmeniä uusia materiaalikandidaatteja, mikä on täysin riittämätöntä, kun tavoitteena on löytää uusi materiaali ja viedä se kohti teollisia sovelluksia. Perinteiset lähestymistavat eivät olekaan merkittävästi edistäneet materiaalien korvattavuutta teknisistä tai liiketoiminnallisista näkökulmista.

VTT Materials Innovation Hub auttaa korvaamaan strategisia ja kriittisiä raaka-aineita eri tavalla. Se yhdistää tekoälyn, mallinnuksen, simuloinnin, materiaalien synteesin ja prosessoinnin sekä testauksen laboratoriotasolta aina teolliseen pilotointiin saakka. Prosessi hyödyntää erilaisia työkaluja ja työnkulkuja, jotka mahdollistavat korvaavien materiaalien kehittämisen ja arvioinnin tehokkaasti ja hallitusti.





Yksinkertaisimmillaan voidaan sanoa, että tekoälyn hyödyntäminen muuttaa täysin materiaalikehityksen skaalan. Perinteisten kymmenien kokeellisten kandidaattien sijaan voidaan laskennallisesti käsitellä miljardeja vaihtoehtoja jo kehitystyön alkuvaiheessa. VTT Materials Innovation Hubin pilotointikyvykkyudet mahdollistavat satojen materiaalien testaamisen ja validoinnin kussakin sovellustapauksessa.

Näiden kyvykkyyksien ansiosta VTT Materials Innovation Hub tarjoaa systemaattisen tavan kehittää uusia korvaavia materiaaleja ja ratkaisuja, joita voidaan hyödyntää laajasti myös muilla materiaalikehityksen alueilla.

Esimerkkejä raaka-aineiden korvaamisesta

- **Superseokset**, kuten volframi-, renium- ja tantaalipohjaiset materiaalit, ovat erittäin suorituskykyisiä materiaaleja, joille halutaan löytää korvaajia niin sanotuista refraktori- ja korkean entropian seoksista.
- Kevyiden metalliseosten yhtenä kehityssuuntana ovat uudet **alumiiniseokset**, joilla voidaan korvata esimerkiksi titaania, berylliumia ja magnesiumia.
- Energian varastoinnissa tärkeänä kehityssuuntana on **siirtyminen uusiin materiaalikemioihin**, kuten natrium-, magnesium- ja kalsiumpohjaisiin ratkaisuihin sekä kobolttivapaisiin aktiivimateriaaleihin.
- Katalyytteihin liittyvässä tutkimuksessa kehitetään ratkaisuja, joissa hyödynnetään **epäjaloihin metalleihin, kuten nikkeli, molybdeeni ja rauta, perustuvia katalyyttejä** harvinaisten ja kalliiden jalometallien sijaan.
- Harvinaisten maametallien (REE) kestoaihe ovat uudet **magneettimateriaalit** sekä aurinkokennoissa käytettävät materiaalit.
- Puolijohteissa monet aiemmin mainitut alkuaineet ovat keskeisiä, ja samalla tarve löytää niille ympäristön kannalta kestävämpiä vaihtoehtoja kasvaa jatkuvasti.

Arvonlisää uusista metsäpohjaista tuotteista

Suomessa biopohjaisten tuotteiden pääosa muodostuu metsäteollisuuden tuotteista. Metsäalaan kohdistuu suuria odotuksia yhtäältä talouden ja toisaalta kestävän ympäristökehityksen näkökulmasta.

Metsäteollisuuden osuus Suomen tavaraviennin arvosta on noin 15,9 prosenttia eli 12,1 miljardia euroa (Tullitilastot 2023). Ala on siis Suomen kansantalouden kannalta ensiarvoisen tärkeä.

VTT Materials Innovation Hub tarjoaa ratkaisuja myös metsäteollisuuden materiaalikehityksen haasteisiin. Käytössä on jo keskeisiä työkaluja, kuten VTT ProperTune®, jolla voidaan optimoida useita rinnakkaisia ja päällekkäisiä vaatimuksia kullekin materiaalille sopiviksi. Kehitämme lisäksi työkaluja, jotka tukevat valmistusprosessien kehittämistä ja hallintaa sekä materiaalien tunnistusta ja analytiikkaa. VTT Materials Innovation Hub kattaa myös ratkaisut tuotteen koko elinkaaren hallintaan, suunnittelusta valmistukseen ja käyttöön saakka.

Biopohjaiset materiaalit valmistetaan uusiutuvista biologisista lähteistä, ja niiden arvo syntyy jalostuksen kautta. Bioteknologia voi parantaa materiaalien ominaisuuksia ja kierrätettävyyttä. Tämä tukee teollisuuden kestävästä uudistumisesta ja tehokkaampaa raaka-aineiden hyödyntämistä.

Biomassan arvon kasvattaminen edellyttää korkeampaa jalostusasetusta, ja siihen päästään paremmalla suunnittelulla ja innovoinnilla. Samalla materiaaliosaaminen paranee ja arvoa voidaan saada myös siihen liittyvien palveluiden myynnistä.

Esimerkkejä korkean lisäarvon biopohjaisista tuotteista

- Biomassan, kuten puun, käytön haasteena on sen kaksijakoinen rooli: sitä hyödynnetään sekä tuotteiden raaka-aineena että energianlähteenä. Vaikka energiantuotanto tuo tehokkuutta, tulevaisuudessa biomassaa tulisi käyttää arvokkaampiin tuotteisiin. Selluloosapohjaiset nanoselluloosa ja regeneroitu selluloosa mahdollistavat sellaiset uudet tuotteet, jotka korvaavat esimerkiksi muovia ja komposiitteja.
- **Biojalostamokonsepti** vastaa energiakäytön haasteisiin hyödyntämällä sivuvirtojen arvokkaita komponentteja ja tuottamalla niistä enemmän lisäarvoa kuin pelkällä energianmyynnillä. Perinteisiä talteen otettavia sivutuotteita ovat esimerkiksi mäntyöljy ja tärpähti, joita hyödynnetään pesuaineiden, maalien, liuottimien ja kumien tuotannossa sekä biopoltonesteiden raaka-aineena. Uudemmissa prosesseissa talteen otetaan myös rikkihappoa ja metanolia sekä arvokomponentteja, kuten betuliini ja pektiini. Näistä valmistetaan edelleen uusia kemikaaleja ja materiaaleja, mikä laajentaa lisäarvotuotteiden valikoimaa entisestään.
- Muovin vaihtoehtoiksi ruokapakkauksiin on kehitetty useita ratkaisuja, kuten monomateriaalisiin ja biopohjaisiin suojakerroksiin perustuvat **paperi- ja kartonkijalosteet, kuituvalokset** (esim. muotovaaktovalos) sekä vaihtoehtoisista kalvomateriaaleista valmistetut **joustopakkaukset** (esim. VTT:n läpinäkyvä selluloosakalvo).
- **Biopohjaiset tekstiilit** edustavat pakkauksia korkeamman lisäarvon ja pidemmän käyttöiän tuotekategoriaa.
- **Selluloosakalvoihin** perustuva vedenpuhdistustekniikka tarjoaa kokonaisratkaisun, jossa kalvojen lisäksi toimitetaan erotuslaitteistoja sekä älykästä valvonta- ja ohjausteknologiaa prosessin hallintaan.
- Uudet **puupohjaiset rakennusmateriaalit** parantavat asumismukavuutta ja sisäilman laatua sekä tehostavat uudis- ja korjausrakentamista. Samalla ne sitovat hiiltä pitkäaikaisesti.”
- **Biopohjainen akkuhiili** voisi toimia perustana kotimaiselle kennojen ja akkujen valmistukselle. Tämä edellyttää kuitenkin tiivistä yhteistyötä akkukemikaalien tuottajien ja kierrätysalan toimijoiden kanssa.
- Sellutehtaat tarjoavat merkittävän **biogeenisen hiilidioksidin** lähteen, jota voitaisiin hyödyntää sähköpolttoaineiden, kemikaalien ja polymeerimateriaalien raaka-aineena.

Synteettinen biologia pohjana uudelle teollisuudelle ja kestäväälle kasvulle

Synteettisen biologian, eli insinööritieteiden ja biologian kohtaamisen, on ennustettu mullistavan teollisuutta tällä vuosisadalla. Synteettinen biologia mahdollistaa uusien biologisten kokonaisuuksien tai osakokonaisuuksien suunnittelun ja rakentamisen. Sellaisia ovat esimerkiksi entsyymit, geenipiirit ja uudet organismit.

Käytännössä synteettinen biologia rakentuu geenitekniikan, molekyylibiologian ja biokemian perustiedon varaan ja hyödyntää näiden alojen edistysaskeleita optimoidakseen biologisia järjestelmiä niiden luonnollisten kykyjen yli. Solut tai niiden osat voivat suorittaa uusia toimintoja ja tuottaa arvokkaita tuotteita erilaisista kestävästä raaka-aineista kuten maa- ja metsätalouden ja ruokatuotannon sivuvirroista tai jopa hiilidioksidista. Synteettinen biologia tarjoaa siis ratkaisuja molempiin edellä käsiteltyihin suomalaisen teollisuuden uudistamishaasteisiin. Se edistää innovaatioita laajasti eri teollisuudenaloilla luoden samalla uusia mahdollisuuksia talouskasvulle ja kestävyydelle.

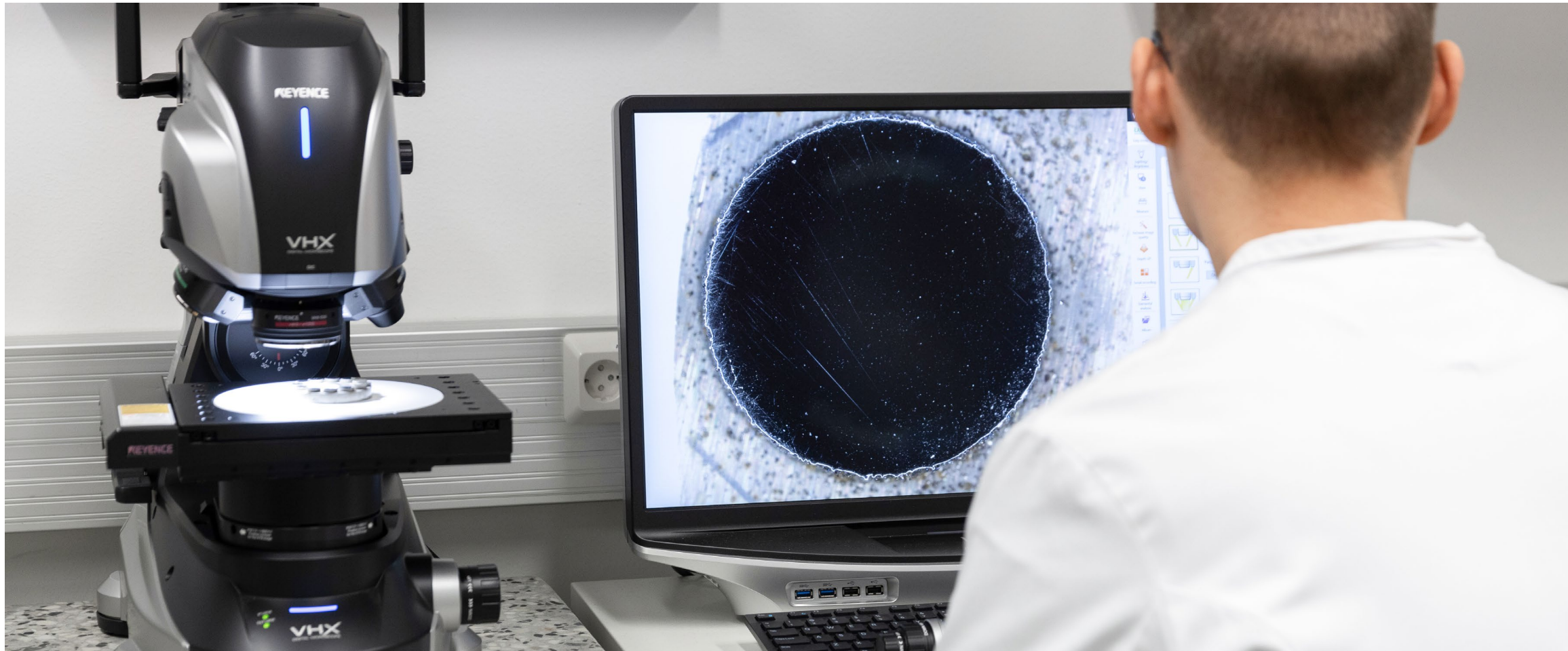
Tulevaisuuden kiertotaloudessa, jossa jätettä minimoidaan ja materiaaleja käytetään uudelleen, synteettisellä biologialla on keskeinen rooli. Sen tarjoamilla menetelmillä muokatut mikro-organismit voivat muuntaa jäteaineet arvokkaiksi resursseiksi ja vauhdittaa materiaalikierron sulkeutumista, sillä muokatut mikro-organismit pystyvät hyödyntämään sivuvirroista löytyviä yhdisteitä laimeinkin pitoisuuksina muiden yhdisteiden joukosta.

Lisäksi synteettinen biologia kehittää hiilensidonta- ja hyödyntämisteknologioita, joissa muokatut mikro-organismit voivat kaapata hiilidioksidia ilmakehästä ja muuttaa sen hyödyllisiksi tuotteiksi, kuten biomateriaaleiksi ja ruokaproteiineiksi. Näillä innovaatioilla on mahdollista vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja lieventää ilmastonmuutoksen vaikutuksia.

Biovalmistus hyödyntää jo nyt synteettistä biologiaa arvokkaiden yhdisteiden tuottamiseen mikro-organismeilla. Tätä lähestymistapaa käytetään kemikaalien, biomuovien ja biopolttoaineiden, sekä lääkeaineiden ja ruokaproteiinien valmistuksessa. Käyttämällä uusiutuvia resursseja ja ympäristöystävällisiä, biologisia prosesseja biovalmistus tarjoaa kestävä vaihtoehdon perinteiselle kemialliselle synteesille. Synteettinen biologia mahdollistaa resurssien tehokkaamman käytön optimoimalla biologisia prosesseja sekä luo mahdollisuuden tuottaa uusia tuotteita, joilla on entistä parempia ominaisuuksia.



Materiaalimallinnus ja bioverstaat ovat biosynteettisten materiaalien kehityksen ydin



VTT Materials Innovation Hub-konseptin mukaisen materiaalimallinnuksen ja synteettisen biologian yhdistäminen luo uusia mahdollisuuksia materiaalien kehitykseen. Se auttaa ymmärtämään ja ennustamaan materiaalien käyttäytymistä ja suorituskykyä eri olosuhteissa. Lisäksi se nopeuttaa tuotantoprosessien kehitystä. Tämä on erityisen hyödyllistä silloin kun tutkittavien uusien materiaalivaihtoehtojen määrä ylittää sen, mitä on järkevässä ajassa mahdollista tuottaa ja tutkia kokeellisesti.

Käytännössä materiaalimallinnus avaa tutkijoille ovet erittäin laajaan valikoimaan erilaisia biosynteettisiä materiaaleja, kuten tuhansiin uusiin proteiini- tai biopolyesterirakenteisiin ja eri materiaalien yhdistelmiin, ilman niiden työlästä ja kallista kokeellista tutkimusta.

Esimerkiksi bakteerien tuottamista polyhydroksialkanoaatti (PHA) -polyestereistä on tutkittu perusteellisesti vain muutamia kymmeniä, vaikka erilaisia versioita tiedetään olevan satoja tuhansia. PHA:t ovat erityisen kiinnostavia biomateriaaleja biohajoavuuksensa ja muovien kaltaisten ominaisuuksiensa vuoksi.

Synteettinen biologia tarjoaa työkalut suunnitella ja tuottaa materiaaleja, joilla on erinomainen suorituskyky ja ainutlaatuisia ominaisuuksia. Materiaalit voivat ominaisuuksiltaan muistuttaa perinteisiä muoveja, tai niillä voi olla aivan uudenlaisia ominaisuuksia, kuten itsekorjautuvuus, kontrolloitu biohajonta tai vaikka hämähäkinverkon tapainen valtava lujuus.

Biosynteettisiä materiaaleja voidaan tulevaisuudessa kehittää tekoälyavusteisella kehitysalustalla jopa kymmenen kertaa nopeammin kuin tänä päivänä. Mallinnusta, tekoälyä ja automaatiota hyödyntävä bioverstaas, ns. biofoundry, on materiaalimallinnuksen ohella kehitysalustan keskeinen ydin, jonka avulla biosynteettisten materiaalien suunnittelu ja tuotanto nopeutuvat merkittävästi.

Bioverstaat yhdistävät synteettisen biologian, automaation ja laskennalliset työkalut biologisten järjestelmien suunnitteluun, rakentamiseen ja optimointiin. Pitkällä aikavälillä bioverstaat muuttavat merkittävästi biotaloutta mahdollistamalla materiaalien valmistuksen monipuolisista raaka-aineista, kuten biomassasta ja hiilidioksidista. VTT kehittää biotuotannon vaatimia laitteita, prosesseja, mikrobikantoja ja datan hallintaa osana USA:n National Science Foundationin (NSF) Global Centers -ohjelmaa. Tavoitteena on kehittää bioverstaskonseptia siten, että tulevaisuudessa biotuotanto toimii kuin mikä tahansa tuotanto, luotettavasti ja standardoidusti.

Bioteknisten prosessien ennustettavuus sekä biotuotannon skaalautuvuuden varmistaminen ovat edelleen suuria haasteita ja edellytys sille, että biotuotanto voi saavuttaa täyden potentiaalinsa. Tuotantoteknologian on otettava kehitysaskelia, ja biotuotannon digitalisaatioastetta on nostettava. Standardoitu tiedon tallennus ja hyvät tiedonhallintakäytännöt luovat rakenteen, jonka avulla metadatta voidaan taltioida standardoidusti ja hyödyntää systemaattisesti biologisten ilmiöiden syvälliseen ymmärtämiseen.

Tekoäly on jo nyt tuonut ennenäkemätöntä ymmärrystä biologisista kysymyksistä, kuten entsyymien ja muiden proteiinien kiderakenteesta. Tekoälyn ja synteettisen biologian integrointi nopeuttaa biologisten järjestelmien suunnittelua ja optimointia. AI-algoritmien avulla voidaan analysoida valtavia määriä dataa, ennustaa tuloksia ja ehdottaa muutoksia tehokkuuden ja suorituskyvyn parantamiseksi. Tämä synergia parantaa uusien bioprosessien ja materiaalien kehittämistä.

Tulevaisuudessa myös kvanttietokoneiden ennustetaan olevan keskeisiä työkaluja biotekniikassa. Kvanttimekaniikkaa voidaan soveltaa kompleksisten biomolekyylien ymmärtämiseen, ja kvanttibiologia, joka tutkii biologisia prosesseja kvanttiteorian avulla, on nouseva tieteenala.

Yhteenveto

Olemme kahden suuren haasteen edessä: geopolitiittinen epävarmuus uhkaa kriittisten raaka-aineiden saatavuutta, ja teollisuuden olisi kiireellisesti löydettävä keinoja, joilla lyhentää siirtymää laboratorion teolliseen käyttöönottoon kasvattaakseen biomassan lisäarvoa. Molemmat haasteet vaikuttavat merkittävästi myös Suomen talouden kehitykseen.

Onneksi haasteisiin on myös vastaus: kehittyneen materiaalitutkimuksen ja uusien teknologioiden hyödyntäminen. Tämä edellyttää investointeja uusiin, kestäviin ja kustannustehokkaisiin prosessointiteknologioihin, mutta samalla avautuu mahdollisuus vahvistaa Suomen teollista pohjaa ja kasvattaa lisäarvoa uusilla materiaaleilla, tuotteilla ja tuotantotavoilla.

Monitasoinen materiaalien suunnittelu- kehitys- ja tuotantoalusta, Materials Innovation Hub, tuo materiaalikehitykseen ennennäkemätöntä nopeutta ja tarkkuutta. Sen avulla uusien designer-materiaalien kehittäminen onnistuu murto-osassa aiemmasta ajasta, ja niitä voidaan skaalata nopeastikin pilotoinnista teolliseen tuotantoon.

VTT Materials Innovation Hub mahdollistaa kestävästi tuotettujen uusiutuvien biologisten raaka-aineiden hyödyntämisen raaka-aineneutraalisti, kehitystä nopeuttaen. Lisäksi VTT Materials Innovation Hub tukee investointeja uusiin läpimurtoteknologioihin, kuten kustannustehokkaisiin ja kestäviin prosessointimenetelmiin, jotka voivat sisältää bioteknologian lisäksi kemiallisia tai mekaanisia raaka-ainemuokkauksia uusien biopohjaisten materiaalien kaupallistamiseksi.

Nyt on aika ryhtyä sanoista tekoihin! Kutsumme suomalaiset yritykset hyödyntämään VTT Materials Innovation Hubin tarjoamia mahdollisuuksia ja rakentamaan yhdessä uusia, kilpailukykyisiä ja kestäviä materiaaliratkaisuja yhteistyössä VTT:n ja johtavien yliopistojen kanssa – niin Suomessa kuin kansainvälisestikin.

Lisätietoja antavat

Heikki Ailisto
puh. +358 40 555 0726
heikki.ailisto@vtt.fi

Ali Harlin
puh. +358 40 533 2179
ali.harlin@vtt.fi

Anssi Laukkanen
puh. +358 40 820 8039
anssi.laukkanen@vtt.fi

Yvonne Nygård
puh. +358 50 303 7619
yvonne.nygard@vtt.fi





beyond the obvious

VTT on yritysten ja yhteiskunnan visionäärinen tutkimus-, kehitys- ja innovaatiokumppani ja yksi Euroopan johtavista teknologian tutkimuslaitoksista.
Lupaamme ajatella kaikessa beyond the obvious.

www.vttresearch.com