

# Innovatiiviset valmistusmenetelmät kiertotalouspohjaisille vedenpuhdistusmateriaaleille – valmistus, testaus ja kaupallistaminen (INNOWATER)/ JTF

MYRS 12.12.2023 § 227

21/04.03.01/2023

## Asian esittely

Vastuuviranomainen: Pohjois-Pohjanmaan liitto

Tavoiteohjelma: Uudistuva ja osaava Suomi alue- ja rakennepolitiikan ohjelma

Toimintalinja ja hallinnonala: TL 7/ TEM

Erityistavoite: 7.1

Hakemusnumero: 900455

Hakija: Oulun yliopisto

Osahakija:

Toteutusaika: 1.1.2024 – 31.12.2025

Toteuttamisalue: Oulu

Hankekuvaus (tarve, tavoitteet, toimenpiteet):

Hankkeen päätavoitteena on kehittää mekaanisesti ja kemiallisesti stabiileja, selektiivisiä, kustannustehokkaita ja regeneroitavia materiaaleja vedenkäsittelyyn teollisuuden sivuvirroista. Kiertotalouspohjaisia materiaaleja käytetään vedenpuhdistuksessa adsorbenttina, katalyyttinä tai saostuskemikaalina epäpuhtauksien poistamiseen. Raaka-aineina vedenpuhdistusmateriaalien valmistamiseksi käytetään mm. terästeollisuuden kuonia, kaivosteollisuuden analsiimia tai kalsinoitua kaoliinia. Lisäksi hankkeessa optimoidaan vedenpuhdistusprosesseja hybridimenetelmien avulla eli yhdistämällä eri vedenpuhdistustekniikoita.

Puhdistusmateriaaleja valmistetaan käyttämällä kahdenlaista uutta valmistusmenetelmää: 1) suoraan kolonniin valettua adsorbenttia, joka on valmistettu esimerkiksi kaoliinisavesta käyttämällä ympäristölle vaarattomia kemikaaleja (myrkyttömiä, vaarattomia, luonnonmukaisia) ja 2) spray-tekniikkaa laminoimalla halutulle pinnalle ohuita huokoisia pastakerroksia, jotka kovetetaan infrapunalämmön avulla kiinteäksi materiaaliksi.

Hankkeessa on tarkoitus hyödyntää adsorbenttimateriaalin automatisoitua valmistusta robotiikan keinoin. Tämä mahdollistaa materiaalin raaka-aineiden tehokkaan hyödyntämisen ja uusien valmistusmenetelmien löytämisen. Esikokeiden perusteella voidaan todeta, että uudet materiaalit voi olla jopa 20 kertaa tehokkaampi kuin yleisesti käytetty aktiivihiliadsorbentti. Lisäksi kehitetyillä materiaalilla ei ole kielteisiä vaikutuksia ympäristöön.

Automatisoidulla spray-tekniikalla pystytään valmistamaan halutulle pinnalle tasalaatuisia ja läpimitaltaan eri paksuisia materiaalikerroksia (laminaatti). Tekniikka mahdollistaa nopean

materiaalien valmistusprosessin, missä voidaan räätälöidä ja jalostaa materiaalin ominaisuuksia sovelluskohteen mukaan.

Kiertotalouden periaatteiden mukaisesti tutkitaan myös zero waste -tyyppistä kokonaisratkaisua eli adsorbenttien regeneroinnissa muodostuvien regenerointiliuosten hyödyntämistä katalyyttien valmistuksessa esim. aktiivisen metallin lähteenä tai kasteluliuoksena lannoitekäytössä. Lisäksi selvitetään käytetyn adsorbenttien ja vedenpuhdistuksessa muodostuneen sakan hyötykäyttöä kierrätyslannoitteena. Lupaavimpien menetelmien ja materiaalien toimivuus varmistetaan pilot-mittakaavan kokein.

Hankkeen teknologiset tavoitteet:

- 1) kehittää kolonniin valetun adsorbenttien käytettävyyttä vedenpuhdistuksessa parantamalla edelleen materiaalin adsorptiokapasiteettia eri tyyppisille epäpuhtauksille ja selvittää erimuotoisten kolonnien vaikutusta adsorptiokapasiteettiin
- 2) selvittää materiaalin adsorptiokapasiteetti usean metallin yhtäaikaiseen selektiiviseen poistoon sekä parantaa käytetyn kolonnin regeneroitavuutta, 3) optimoida kolonnimateriaalin adsorptioregenerointisykliä määrää
- 4) valmistaa uusia huokoisia laminaattimateriaaleja hyödyntämällä automatisoitua spray-teknologiaa
- 5) selvittää valmistettujen materiaalien katalyyttinen aktiivisuus
- 6) optimoida epäpuhtauksien kokonaispoistoa hybridimenetelmien avulla
- 7) selvittää zero waste -konseptin toimivuutta vedenpuhdistuksen kokonaisratkaisussa.

Hankkeen toimenpiteet on jaettu kuuteen työpakettiin seuraavasti:

TP1 Kiertotalouspohjaisten materiaalien valmistaminen uusilla tekniikoilla (Kestävän kemian tutkimusyksikkö)

Valmistetaan kiertotalouspohjaisia vedenpuhdistusmateriaaleja käyttäen lähtöaineena erityisesti alumiinisilikaattipohjaisia teollisuuden sivuvirtoja (esim. erilaiset kuonat ja savimineraalit).

Valmistettujen materiaalien ominaisuuksia tutkitaan mm. pintakemiallisilla menetelmillä (XRD, DRIF, yms).

T1-1: Valmistaminen kolonniin valutekniikalla (M01-M10) Alkali-aktivoidun materiaalin valmistuksen optimointi: Valmistetaan adsorbentit eri lähtöainemateriaaleilla kolonniin valutekniikalla mallintaa laajamittaista pilot-ympäristöä. Optimisuhteet ja valmistusparametrit, kuten kuivauslämpötila, materiaalin valmistamiselle tutkitaan jokaisella lähtöainemateriaalille erikseen.

T1-2: Valmistaminen spray-teknikalla (M01-M06) Alkalinen ja jäädytetty alumiinisilikaattipohjaista raaka-ainetta ja alkaliliuosta sisältävä tahna ruiskutetaan automaattisesti paineistetun ruiskusuuttimen kautta liikkuvalla ja esilämmitetyllä silikonimuottilevyllä, jossa materiaalin kovettumisprosessi tapahtuu välittömästi. Optimiolosuhteet materiaalin valmistamiselle selvitetään.

T1-3: Valmistusmenetelmien automatisointi robotiikkaa hyödyntämällä (M03-M10; M15-M20). Materiaalin automatisoitua valmistusta selvitetään koneälyn hyödyntämisen avulla. Selvitystyössä

huomioidaan taloudellinen näkökulma materiaalivalmistuksessa eli materiaalin raaka-aineiden tehokas hyödyntäminen. Materiaalin karakterisointi on tavoitteena tehdä heti valmistuksen jälkeen

TP2 Epäpuhtauksien talteenoton optimointi laboratoriomittakaavassa (Kestävän kemian tutkimusyksikkö) Toimenpiteet ja aikataulu: Optimoidaan erilaisten epäpuhtauksien poistamista/talteenottoa (jäte)vesistä. Vertaillaan eri vedenpuhdistustekniikoita: adsorptio, katalyyttinen käsittely ja kemiallinen saostus. Selvitetään myös hybridimenetelmien mahdollisuutta, jossa yhdistetään eri tekniikoita optimaalisen puhdistustuloksen aikaansaamiseksi.

T2-1: TP1:ssä valmistettujen materiaalien testaaminen adsorbentteina, (M4-M10) Kolonniin valettuja sekä spray-tekniikalla valmistettuja materiaaleja testataan epäpuhtauksien kuten metallien talteenottamiseen (jäte)vedestä. Tutkittavia muuttujia kokeissa ovat mm. jäteveden sisältämän epäpuhtauden konsentraatio, adsorbentin annostus, sekä virtausnopeus. Puhdistuksen selektiivisyyttä voidaan optimoida myös sarjaan tai rinnan käytettävillä kolonneilla. Regenerointiin käytetään uutta regenerointikemikaalia, jonka toimivuus on esikokeissa varmistettu. Adsorbentin aktiivointia regenerointisykliä välissä selvitetään tarvittaessa, mikäli adsorbentin kapasiteetin parannusta sykliä välissä on tarpeen lisätä.

T2-2: TP1:ssä valmistettujen materiaalien testaaminen katalyytteinä (M4-M10) Spraytekniikalla valmistettuja materiaaleja testataan katalyytteina vaikeasti hajotettavien orgaanisten epäpuhtauksien käsittelyyn jätevesissä. Hapetusreaktiot tehdään laboratoriomittakaavan reaktoreissa. Kokeita tehdään sekä mallivesillä että todellisilla, orgaanisia yhdisteitä sisältävillä jätevesillä. Esikokeiden perusteella spray-tekniikalla valmistetut materiaalit ovat toimineet aktiivisina katalyytteinä orgaanisten yhdisteiden hapetusreaktioissa.

T2-3: Saostusolosuhteiden optimointi (M12-M24) Tutkitaan mm. ravinteiden N, P, K saostamista jätevesistä. Saostuskemikaalina käytetään magnesiumpitoisia sivuvirtoja (esim. tuhka, dolomiitti, kalsiitti tai magnesia). Tarvittaessa sivuvirroille tehdään sopiva esikäsittely reaktiivisuuden lisäämiseksi. Kokeissa optimoidaan saostusolosuhteita erilaisille jätevesille. Optimoinnissa tutkittavia parametreja ovat kemikaalin annostus, saostusaika, pH ja lämpötila.

T2-4: Hybridimenetelmät (M12-M24) Hybridimenetelmien käyttöä selvitetään jätevesien puhdistuksessa. Hybridimenetelmällä tarkoitetaan jätevedestä poistettavien epäpuhtauksien kuten ravinteiden vaiheittaista poistoa hyödyntämällä saostus- ja adsorptiomenetelmiä. Ensimmäisessä vaiheessa jätevettä käsitellään saostamalla, jolloin suuret ravinnepitoisuudet saadaan laskettua jatkokäsittelylle eli adsorptiolle sopivalle tasolle. Adsorption avulla jäteveden ravinnepitoisuutta voidaan edelleen laskea.

TP3 Vedenpuhdistuksessa muodostuvien sivuvirtojen hyötykäyttö (Kestävän kemian tutkimusyksikkö) Toimenpiteet ja aikataulu: Hankkeessa tarkastellaan koko vedenkäsittelyprosessi kokonaisvaltaisesti niin, että yhdenkään käsittelyvaiheen sivuvirtojen jatkokäyttömahdollisuuksia ei jätetä huomiotta (ns. zero-waste). Tässä työpaketissa selvitetään adsorptio-regenerointivaiheen sekundäärivirtojen hyödyntämistä, käytetyn adsorbentin hyödyntämistä sen jälkeen kun sitä ei voida enää regeneroida sekä kemiallisessa saostuksessa muodostuneiden sakkojen hyötykäyttöä.

T3-1: Regenerointiliuoksen hyödyntäminen, (M12-M24) Sekä käytetyn adsorbentin että sen regeneroinnissa muodostuvan metalli- tai ravinnepitoisen regenerointiliuoksen

hyötykäyttömahdollisuuksia selvitetään ja potentiaalisimpia vaihtoehtoja testataan laboratoriomittakaavan kokeilla. Jatkokäyttö riippuu käytettävästä adsorbentista ja poistettavasta epäpuhtaudesta. Selvitetään myös mahdollisuuksia regenerointiliuoksen kierrättämisestä takaisin käytettäväksi prosessiin.

T3-2: Käytetyn adsorbentin hyötykäyttö (M12-M24) Käytettyjä adsorbenttimateriaaleja voidaan hyödyntää esimerkiksi stabiloitujen keramiikkamateriaalien rakennusmateriaaleiksi, maanparannusaineeksi, tukiaineeksi tai lannoitteeksi sen jälkeen, kun materiaalit ovat tulleet käyttöikänsä päähän. Ennen kuin materiaaleja voidaan käyttää edellä mainituissa kohteissa, täytyy ne analysoida esim. ICP-OES ja AAS menetelmillä. Käytetyille adsorbenteille tehdään samoja analyysyjä kuin TP1:ssä.

T3-3: Saostuksessa muodostuneen sakan hyötykäyttöpotentiaali (M12-M24) Saostuksessa muodostuneita ravinnepitoisia saostumia voitaisiin hyödyntää lannoitteena. Tutkitaan ravinteiden pitoisuudet ja liukoisuudet saostumista sekä mahdollisten epäpuhtauksien määrät. Tutkitaan myös sakan rakeistamista ravinnepitoisten sivuvirtojen kanssa, jolloin saadaan optimoituja kierrätyslannoitteen ravinnekoostumus

TP4 Potentiaalisimpien materiaalien ja menetelmien testaaminen pilot-mittakaavassa (Kestävän kemian tutkimusyksikkö) Toimenpiteet ja aikataulu: Pilotointikokeiden toteutus (M12-M24) Pilotointikohde valitaan TP2:ssa saatujen laboratoriomittakaavan tulosten perusteella. Koko prosessin ajoparametridata kerätään ja raakajäteveden syötteen, suodoksen ja metallien talteenoton tehokkuus määritetään analyyseillä. Pilotointi toteutetaan joko alihankintana toiselta toimijalta kilpailutussäädökset huomioiden tai projektitutkijoiden toimesta laitteisto vuokraamalla. Hankkeen aikana selviää lupaavin kokonaisratkaisu, jonka vuoksi pilotoinnin toteutustapa on tämän vuoksi määrittelemättä hankehakemusvaiheessa. Tulos: Raportti pilotoinnin toteutuksesta ja tuloksista. Korkeintaan 3 kpl pilotointeja, josta tulokset analysoituna ja raportoituna.

TP5 Materiaalien kaupallisen potentiaalin selvittäminen ja hyödyntämismahdollisuudet (Tuotantotalouden tutkimusyksikkö) Toimenpiteet ja aikataulu: Työpaketissa selvitetään kiertotalouspohjaisten vedenpuhdistusmateriaalien kaupallinen potentiaali ja hyödyntämismahdollisuudet liiketoimintamallianalyysin avulla. Liiketoimintamallien kehittämisen tarkoituksena on löytää optimaalinen tapa luoda ja toimittaa arvoa (tuotteet / palvelut) asiakkaille ja kerätä niihin liittyvää tuottoa.

T5-1: Liiketoimintamallin karkea analyysi eri materiaaleille/tekniikoille (M13-M18) Karkean tason analyysi liiketoimintamallin avainelementtien pohjalta (potentiaaliset asiakkaat, arvolupaus, toimituskanavat, asiakassuhteet, tulovirrat, avaintoiminnot, avainresurssit, kumppanit sekä kustannusrakenne.

T5-2: Liiketoimintamallin tarkka analyysi potentiaalisimmille materiaaleille/tekniikoille (M19-M24) T5-2 käyttää pohjana tehtävän 5-1 tuloksia. Tarkemmassa analyysissä määritetään ja kuvataan tarkemmin liiketoimintamallin osa-alueet valituille materiaaleille/tekniikoille ja määritetään miten arvolupaus (tuote / palvelu) tuotetaan asiakkaille kustannustehokkaasti.

TP6 Hankkeen koordinointi, tulosten jakaminen ja yhteistyöverkoston kasvattaminen (Kestävän kemian tutkimusyksikkö)

T6-1: Hankkeen koordinointi

T6-2: Hankkeen tiedotus

T6-3: Hankkeen raportointi

T6-4: Seminaarien järjestäminen (puolivälissä ja loppuseminaari)

T6-5: Yhteistyön ja tiedon integroinnin tehostaminen hankkeen sisällä ja ulkopuolella (kansallisesti ja kansainvälisesti) Koordinoinnin tavoitteena on tiedon integroinnin parantaminen eri hankevaiheiden ja hankeosapuolten välillä sekä hankkeesta ja sen tuloksista tiedottaminen eri tiedotusvälineiden ja seminaarien avulla.

Kokonaiskustannusarvio (€):

Henkilöstökustannukset: 470 008

Ostopalvelut:

Matkakustannukset:

Kone- ja laitehankinnat:

Muut kustannukset:

Välilliset kustannukset: 188 003

Kustannukset yhteensä: 658 011

Kokonaisrahoitussuunnitelma (€):

Haettu EAKR- ja valtion rahoitus: 526 409

Kuntien rahoitus:

Muu julkinen rahoitus: 131 602

Yksityinen rahoitus:

Rahoitus yhteensä: 658 011

Hankearviointi, pisteet:28/ 44

Maakuntaohjelman kehittämisteema: KT 5 A

Valmistelija: Aki Lappalainen, 040-502 1851

## Esitys

Pohjois-Pohjanmaan liitto esittää:

Maakunnan yhteistyöryhmän sihteeristö puoltaa hanketta rahoitettavaksi Uudistuva ja osaava Suomi

2021-2027 alue- ja rakennepolitiikan ohjelmasta. MYR:lle esitetään, että se antaa hankkeesta myönteisen lausunnon.

Päätösesityksen perustelut:

Hanke tukee Uudistuva ja osaava Suomi 2021 – 2027 -ohjelmaa toimintalinjan ”Oikeudenmukaisen siirtymän Suomi” ja erityistavoitteen 7.1 ”Turpeesta luopumisen alueellisesti oikeudenmukainen siirtymä” osalta. Hankkeella edistetään PK-yritysten bio- ja kiertotalouskonseptien kehittämistä Pohjois-Pohjanmaan oikeudenmukaista siirtymää koskevan suunnitelman mukaisesti.

Hanke edistää sivuvirtojen hyödyntämistä ja tukee teollisten symbioosien syntymistä sekä vahvistaa bio- ja kiertotalousalan TKI-osaamista maakunnassa.

Hanke on Pohjois-Pohjanmaan maakuntaohjelman 2022 - 2025 mukainen erityisesti kehittämisteeman 5 (Kestävästi kasvava Pohjois-Pohjanmaa) ja painopisteen A (Bio- ja kiertotalouteen perustuva uudistuminen ja innovaatiotoiminta) osalta. Hanke on Pohjois-Pohjanmaan ilmastotiekartan mukainen.

## **Päätös**

Päätösesitys hyväksyttiin.