



**Euroopan unionin
osarahoittama**



**POHJOIS-
POHJANMAA**
COUNCIL OF OULU REGION



**Haapaveden-Siikalatvan
seutukunnan
kehittämiskeskus**

OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

EKOENERGIATUNTI

Laboratorioanalytiikan rooli ravinnekierron turvallisuudessa

18.2.2026

Marja Määttä, laboratorioasiantuntija OAMK



Taustaa

- Tutkitaan biomassoja ja mädätejäännöksiä osana ravinnekiertoa
- Tavoitteena turvallinen ja kestävä hyödyntäminen
 - Lannoitekäyttö
 - Muut kiertotaloussovellukset
- Painopiste:
 - Ravinteiden hyödynnettävyys
 - Materiaalien laatu ja turvallisuus

Analytiikan rooli hankkeessa

- Materiaalien hyödyntäminen edellyttää tietoa:
 - Mitä materiaaleissa on ei vain ravinteiden, vaan myös haitta-aineiden osalta
- Ilman luotettavia mittausmenetelmiä:
 - Materiaalien soveltuvuutta ei voida arvioida
- Tässä puheenvuorossa keskitytään:
 - Mitä hankkeessa analysoidaan
 - Millaisilla periaatteilla ja menetelmillä
- Ei vielä tutkimustuloksia:
 - Menetelmien soveltuvuus ja analytiikan rajat keskiössä
- Haitta-aineanalytiikan menetelmät kehittyvät jatkuvasti

Tutkittavat materiaalit

- Monimuotoiset näytematriisit
 - Jätevesilietteet
 - Biomassapohjaiset sivuvirrat
 - Biokaasuprosessien mädätejäännökset
- Yhteisiä piirteitä
 - Korkea kosteuspitoisuus
 - Suuri kiintoainemäärä
 - Rakenteellinen heterogeenisyys
- Materiaalit eivät ole tasalaatuisia, vaan koostumus voi vaihdella näytteen sisällä
 - Vaikuttaa suoraan:
 - Näytteenottoon
 - Näytteenkäsittelyyn
 - Analyysimenetelmän valintaan
- Yhteistä yleispätevää analyysimenetelmää ei ole
 - Menetelmä valitaan aina:
 - Materiaalin
 - Tutkimuskysymyksen perusteella

Näytteenkäsittely – analytiikan kriittinen vaihe

- Analytiikan kriittisin vaihe
- Vaikuttaa suoraan:
 - Mittaustulosten luotettavuuteen
 - Tulosten vertailtavuuteen
- Tyypillisiä käsittelyvaiheita:
 - Kuivaus
 - Homogeniointi
 - Suodatus
- Edustava näyte
- Hallittu analyysimatriisi
- Erityisen tärkeää:
 - Biomassoille
 - Jätevesilieteteille
 - Mädätysjäännöksille
- Suuri orgaanisen aineksen ja kiintoaineen määrä asettaa haasteita

Näytteenkäsittely
riippuu
analyysikohteesta

- Liukoiset ravinteet
- Kokonaispitoisuudet
- Kiintoainekseen sitoutuneet yhdisteet
- Näytteenkäsittely vaikuttaa:
 - Mitä osuutta aineista mitataan
 - Miten tuloksia voidaan tulkita ympäristössä
- Yhteys:
 - Maaperään
 - Vesistöihin
 - Ympäristörisktiin




Haitta- ainekohtaiset erityispiirteet

- Metallit
 - Vapautettava hallitusti näytematriisista
 - Tulosten oltava vertailukelpoisia ja tulkittavissa raja-arvoihin
- Lääkeaineet
 - Hyvin matalat pitoisuudet
 - Liuenneina ja/tai kiintoainekseen sitoutuneina
- Mikromuovit
 - Erotettava monimutkaisesta matriisista
 - Vältettävä hävikkiä ja kontaminaatiota
 - Ei saa muuttaa hiukkasten rakennetta



Näytteenkäsittely
osana
kokonaisuutta

- Näytteenkäsittely on silta näytteen ja analyysin välillä
 - Määrittää:
 - Mitä lopulta mitataan
 - Miten tuloksia voidaan käyttää päätöksenteossa
 - Yhdenmukaisuus ja huolellisuus ovat välttämättömiä
 - Ei vain tekninen esivaihe, vaan keskeinen osa tutkimusta
- 

Ravinteet – tärkeä taustakokonaisuus

- Tutkitaan myös
 - Typpi (N)
 - Fosfori (P)
 - Kalium (K)
 - Hivenaineet
- Ravinteiden muodot ratkaisevia:
 - Liukoinen vs. sitoutunut
 - Todellinen saatavuus kasveille
- Ravinneanalyysit:
 - Vakiintuneita menetelmiä
- Ravinnekierto muodostaa tärkeän taustan haitta-ainearvioinneille

Metallit – analytiikan lähtökohdat

- Edellyttää usein märkäkemiallista näytteenkäsittelyä
- Määritykset tehdään:
 - Alkuaineanalyyseilla
- Näytteenkäsittely ratkaisee:
 - Metallien vapautumisen näytematriisista
 - Tulosten vertailtavuuden
- Metallit ovat klassisia laatutekijöitä jätevesilietteissä ja mädätejäännöksissä
- Eivät hajoa ympäristössä
- Voivat:
 - Kertyä kiintoainekseen
 - Siirtyä maaperään lannoitekäytössä
- Keskeisiä materiaalien turvallisuuden arvioinnissa

Raskasmetallit ja ympäristövaikutukset

- Keskeiset tarkasteltavat metallit (mm.)
 - Kadmium
 - Lyijy
 - Kupari
 - Sinkki
- Kaksi näkökulmaa
 - Kupari ja sinkki:
 - Välttämättömiä hivenaineita pieninä pitoisuuksina
 - Liian suuret pitoisuudet:
 - Haittaavat kasvien kasvua
 - Vaikuttavat maaperän mikrobitoimintaan
 - Voivat heikentää ekosysteemin toimintaa

Käyttäytyminen ja riskinarviointi

- Pelkkä pitoisuus ei aina riitä
- Metallit sitoutuvat herkästi lietteeseen
- Sitoutumiseen vaikuttavat:
 - Orgaanisen aineen määrä
 - Kiintoainepitoisuus
 - Prosessiolosuhteet
- Pitoisuudet usein:
 - Korkeampia lietteessä ja mädätysjäännöksessä
 - Matalampia puhdistetussa jätevedessä
- Metallien käyttäytyminen vaihtelee:
 - Liukoisuus
 - Biologinen saatavuus
- Tulokset muodostavat perustan:
 - Riskinarvioinnille
 - Turvalliselle hyödyntämiselle

Lääkeaineanalytiikka

- Lääkeaineet ovat uudempi haitta-ainekokonaisuus
- Jätevedenpuhdistamoja ei ole suunniteltu:
 - Poistamaan lääkaineita
 - Tai muita mikrosaasteita
- Puhdistuksen alkuperäinen tavoite
 - Kiintoaine
 - Orgaaninen kuormitus
 - Ravinteet
 - Terveysriskien hallinta
- Vesi + liete = kokonaiskuva
- Osa lääkaineista poistuu vain osittain
- Osa
 - Siirtyy kiinteään faasiin
 - Rikastuu jätevesilietteeseen
- Siksi tarkastelun tulisi olla
 - Vesifaasi + lietefaasi
 - Ei pelkästään puhdistettu vesi
- Käyttäytymiseen vaikuttavat
 - Ionisoituvuus
 - Hydrofobisuus
 - Sorptiokyky

Lääkeaineanalytiikan haasteet

- Hyvin matalat pitoisuudet
- Monimutkainen näytematriisi
 - Liete
 - Määtysjäännös
- Näytteenkäsittely erityisen tärkeää
- Monivaiheinen analyysiprosessi
- Näytteenkäsittelyyn kuuluu mm.
 - Utto
 - Puhdistus
 - Esikonsentroidi
- Tavoite:
 - Erottaa analyytit matriisista
 - Tuottaa luotettava mittaus
- Määrittys perustuu:
 - Erotusmenetelmiin
 - Herkkään tunnistukseen
- Mahdollistaa useiden lääkeaineiden samanaikaisen määrittymisen
- Analyysimenetelmä määrittää
 - Mitä yhdisteitä havaitaan
 - Millä varmuudella

Tutkittavat lääkeaineryhmät

- Lääkeaineita tarkastellaan ryhmittäin
 - Antibiootit
 - Makrolidit (esim. asitromysiini)
 - Fluorokinolonit (esim. siprofloksasiini)
 - Psykelääkkeet
 - SSRI-lääkkeet (esim. fluoksetiini)
 - Epilepsialääkkeet ja indikaattoriyhdisteet
 - Karbamatsepiini
 - Tulehduskipulääkkeet
 - Ibuprofeeni, diklofenaakki
 - Hormoniyhdisteet
 - Etinyyliestradioli, estradioli
 - Sydän- ja verenkiertoelimistön lääkkeet
 - Metoprololi, propranololi, furosemidi
 - Muut
 - Gemfiprotsiili
 - Biosidit (esim. triklosaani)
 - Eläinlääkinnän loislääkkeet (fenbendatsoli, flubendatsoli)

Ympäristövaikutukset ja rajaus

- Lääkeaineet ovat biologisesti aktiivisia
- Pitkäaikainen altistuminen voi vaikuttaa:
 - Vesieliöiden käyttäytymiseen
 - Kasvuun ja lisääntymiseen
- Erityisiä huolia:
 - Antibiootit → resistenssipaine
 - Hormonit → endokriiniset vaikutukset
- Sitoutuminen kiintoainekseen
 - Rikastuminen lietteeseen
- Tässä hankkeessa tarkastellaan
 - Vain kiintofaasiin (lietteeseen) jääviä lääkeaineita
- Ryhmittely auttaa
 - Tunnistamaan indikaattoryhdisteitä
 - Arvioimaan ympäristöriskejä

Mikromuovit uutena haitta- ainekokonaisuutena

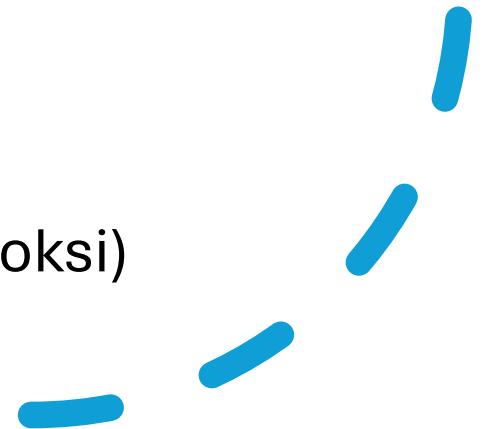
- Uudempi haitta-ainekokonaisuus biomassoissa ja mädätysjäännöksissä
- Tutkimus lisääntynyt viime vuosina
- Analytiikan näkökulmasta:
 - Erytyisen haastava tutkimuskohde
- Keskeinen rooli:
 - Jätevesilietteissä
 - Mädätysjäännöksissä
- Mikromuovit kertyvät tehokkaasti:
 - Puhdistamoprosesseissa
 - Kiinteään faasiin
- Suurin osa poistuu vesivaiheesta
 - Ei kuitenkaan häviä järjestelmästä
- Siirtyy lietteeseen
- Erytyisen relevantteja, kun:
 - Lietettä tai mädätysjäännöstä hyödynnetään maataloudessa

Mikromuovien analytiikka

- Monivaiheinen ja kehittyvä prosessi
- Näytteenkäsittelyyn kuuluu mm.:
 - Orgaanisen aineksen kemiallinen hajotus
 - Tiheyserottelu
 - Muovien tunnistus spektroskooppisilla menetelmillä
- Menetelmät kehittyvät jatkuvasti
- Tutkimusalue vielä osittain vakiintumaton
- Hyvä esimerkki analytiikan mukautumisesta uusiin tutkimustarpeisiin

Mikromuovien materiaalit ja muodot

- Yleisimmät muovilajit
 - Polyeteeni (PE) ja polypropeeni (PP)
 - Muovipussit, pakkaukset ja kalvot
 - Polystyreeni (PS, styroksi)
 - Polyesterit
 - Erityisesti tekstiiliperäiset
 - Synteettiset kumit
- Yleisimmät muodot
 - Fragmentit (sirpaleet)
 - Kuidut (filamentit)
 - Pelletit ja mikropallot
 - Kalvot (vaikeasti havaittavissa)
 - Vaahtomaiset muovit (esim. styroksi)



Mikromuovit ympäristöriskinä

- Mikromuovit eivät ole passiivisia
- Muoto ja pinta ratkaisevat
- Epäsäännöllinen pinta:
 - Sitoo metalleja, orgaanisia haitta-aineita, mikrobeja ja biofilmiä
- Mikromuovit voivat toimia haitta-aineiden kuljettajina (vektoreina)
- Kierrätyslannoitteissa laatukysymys, ei vain määräkysymys
- Eivät hajoa biologisesti → voivat kumuloitua maaperään
- Olennainen osa:
 - Materiaalien turvallisuuden
 - Pitkäaikaisvaikutusten arviointia

Analytiikka kestävän ravinnekierron perustana

- Analytiikan avulla rakennetaan:
 - Luotettava tietopohja
 - Kestävien ravinnekiertoratkaisujen tueksi
- Hankkeessa tarkastellaan kokonaisuutta:
 - Mädätysjäännökset
 - Jätevesilietteet
- Haitta-aineista huomioidaan
 - Raskasmetallit
 - Mikromuovit
 - Lääkeainejäämät



Analytiikan rooli päätöksenteossa

- Luotettavuus ja hyväksyttävyyys
- Analytiikka määrittää pitkälti:
 - Missä materiaaleja voidaan hyödyntää
 - Miten niitä voidaan hyödyntää turvallisesti
- Luotettava ja vertailukelpoinen analytiikka:
 - Mahdollistaa riskien arvioinnin
 - Tukee päätöksentekoa
 - Lisää hyväksyttävyyttä eri käyttökohteissa
- Ilman laadukasta analytiikkaa:
 - Ravinteiden kierrätys ei ole kestävää eikä uskottavaa

Katse tulevaisuuteen – analytiikan kehittäminen

- Katse kokonaisvaltaisempaan tarkasteluun
- Analytiikan kehittämisessä korostuu:
 - Useiden yhdisteiden samanaikainen tunnistaminen
 - Käyttäytymisen ymmärtäminen prosessin eri vaiheissa
 - Pitkän aikavälin vaikutusten arviointi
- Siirtyminen yksittäisistä mittauksista kokonaisvaltaiseen arviointiin



Ennakoiva näkökulma ja luottamus

- Analytiikka ei ole vain mittaamista
- Haitta-aineiden tunnistaminen ajoissa ja luotettavasti
- Analytiikka mahdollistaa
 - Prosessien kehittämisen
 - Syötteiden hallinnan
 - Turvalliset hyödyntämistavat
- Tavoitteena:
 - Tutkittuun tietoon perustuva ravinnekierto
 - Läpinäkyvyys
 - Luottamus kierrätyslannoitteisiin ja mädätysjäännöksiin

Kiitos!

Yhteystiedot:

Marja.L.Maatta@oamk.fi



**Euroopan unionin
osarahoittama**



**POHJOIS-
POHJANMAA**
COUNCIL OF OULU REGION



Haapaveden-Siikalatvan
seutukunnan
kehittämiskeskus

OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU