

PFAS-yhdisteiden levinneisyys ja poistokokeilu Savion jätehuoltoalueella

**Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hanke
2024–2025**

Harri Turtiainen
Heli Vahtera
Antti Seppälä
Heta Ulmanen
Anu Oksanen



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisu 98/2025

PFAS-yhdisteiden levinneisyys ja poistokokeilu Savion jätehuoltoalueella - Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hanke 2024–2025

13.6.2025

Laatijat: Harri Turtiainen, Heli Vahtera, Antti Seppälä, Heta Ulmanen ja Anu Oksanen

Hyväksyjä: Anu Oksanen

Kannen valokuvat: Suotovesien purkupaikka (N), Ylen toimitus tutustumassa hankkeeseen ja näytteitä suodatuslaitteistosta sekä puhdistuskolonnit (takakansi).

Julkaisu 98/2025

PFAS-yhdisteiden levinneisyys ja poistokokeilu Savion jätehuoltoalueella

**Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hanke
2024–2025**

Harri Turtiainen
Heli Vahtera
Antti Seppälä
Heta Ulmanen
Anu Oksanen



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisun nimi	PFAS-yhdisteiden levinneisyys ja poistokokeilu Savion jätehuoltoalueella Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hanke (2024–2025)		
Tekijät	Turtiainen, H., Vahtera, H, Seppälä, A., Ulmanen, H. ja Oksanen, A.		
Sarja	Julkaisu 98/2025	ISSN 2737-2197 ISBN 978-952-7019-30-6	55 sivua
PFAS-yhdisteet (per- ja polyfluoratut alkylyihdisteet) ovat synteettisiä, pysyviä kemikaaleja, joita on käytetty laajasti eri teollisuudenaloilla ja kuluttajatuotteissa. Niiden kestävyys ja bioakkumuloituvuus tekevät niistä erityisen haitallisia ympäristölle ja terveydelle. Tämän hankkeen taustalla on kasvava huoli PFAS-yhdisteiden aiheuttamasta ympäristökuormituksesta erityisesti jätehuoltoalueilta purkautuvien suoto- ja hulevesien kautta. Suomen mittakaavassa Vantaanjoen vesistön PFAS-pitoisuudet ovat poikkeuksellisen suuria. Hankkeessa selvitettiin mahdollisuuksia PFAS-yhdisteiden tehokkaaseen poistamiseen suotovesistä kenttäolosuhteissa ja niiden levinneisyyttä jätehuoltoalueen ympäristössä. Lisäksi pyrittiin edistämään vesienhoitotyötä ja lisäämään tietoisuutta PFAS-yhdisteistä yleisesti, sekä tuottamaan tietoa kunnille sekä viranomaisille päätöksenteon tueksi. Hankkeen toteutti Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys yhteistyössä Keravan ja Vantaan kaupunkien kanssa. Poistokokeiluun valittiin kaupallisesti saatavilla oleva käsittelymenetelmä, jossa hyödynnettiin rakeista aktiivihiltä ja modifioitua bentoniittia. Suodatuslaitteisto rakennettiin merikonttiin, joka sisälsi neljä erilaista suodatuskolonnia. Kenttäkokeessa käsiteltiin 97 m³ vettä noin kolmen kuukauden ajanjaksolla, jonka aikana laitteiston läpi ei päässyt haitallisimmiksi arvioituja yhdisteitä. Näytteitä otettiin säännöllisesti PFAS-pitoisuuksien ja poistotehokkuuden arvioimiseksi. Lisäksi käytettiin TOP Assay -analyysiä tuntemattomien PFAS-prekursorien pitoisuuden arvioimiseksi. Tulosten perusteella suodatusjärjestelmä poisti alkuvaiheessa PFAS-yhdisteet tehokkaasti puhdistetun veden pitoisuuksien alittaessa määritysrajat. Suodatusmassan kapasiteetin heikennyttyä lyhytkestoisia PFAS-yhdisteitä alkoi tulla vähäisessä määrin läpi, mutta kaikkein haitallisimmiksi yhdisteiksi tiedettyjen osalta suodatusteho säilyi kokeen loppuun asti hyvänä. Tulokset osoittavat, että käsittelyratkaisu on käyttökelpoinen, mutta edellyttää huolellista mitoitus- ja säännöllistä ylläpitoa. Kenttäkokeen perusteella saatu oppi tukee suuremman mittakaavan käsittelyratkaisujen suunnittelua. Levinneisyyskartoituksessa taustapisteistä saatujen tulosten perusteella kaupunkiympäristöstä huuhtoutui joitain PFAS-yhdisteitä vesistöön, ja valunnan kasvaessa pitoisuudet kohosivat liittyen todennäköisesti maaperästä huuhtoutuvaan kuormitukseen. Savion jätehuoltoalueen vaikutusalueella todettiin vertailu-alueita useampia PFAS-yhdisteitä ja pitoisuudet moninkertaistuivat. Jätehuoltoalueen pohjoispuolen pohjavesissä PFAS-yhdisteitä oli paljon, ja näytti siltä, että myös maaperästä huuhtoutui PFAS-kuormaa pintavesiin. Hankkeen johtopäätöksenä todetaan, että kaupallisesti saatavilla olevilla materiaaleilla voidaan toteuttaa tehokkaita ja skaalautuvia PFAS-poistoratkaisuja. Samalla tunnistettiin tarve lisätutkimukselle erityisesti lyhytkestuisten yhdisteiden poistosta vedestä, ja poistomenetelmästä riippumatta PFAS-yhdisteillä kyllästyneen suodatusmateriaalin tai muun vastaavan jättemateriaalin, esim. kasviaineksen, lopullisen hävittämisen käytännöistä. Hankkeen viestintä tavoitti laajasti päättäjiä, asiantuntijoita ja tavallisia ihmisiä, ja sen tulokset tukevat jatkohankkeita ja myös kansallisen PFAS-strategian kehittämistä.			
Asiasanat	PFAS, ikuisuuskemikaalit, kaatopaikan suotovesi, poistokokeilu, hulevesi, pohjavesi, vedenpuhdistus, aktiivihili, ympäristökuormitus, TOP Assay		

Publication	PFAS Distribution and treatment Pilot at the Savio Waste Management Site - Phasing out forever chemicals project (2024–2025)		
Authors	Turtiainen, H., Vahtera, H, Seppälä, A., Ulmanen, H. ja Oksanen, A.		
Series	VHVSY publications 98/2025	ISSN 2737-2197 ISBN 978-952-7019-30-6	55 pages
PFAS compounds (per- and polyfluoroalkyl substances) are synthetic, persistent chemicals that have been widely used across various industries and in consumer products. Due to their durability and bioaccumulative properties, they pose significant risks to both the environment and human health. This project was driven by growing concerns over the environmental load caused by PFAS compounds, especially through leachate and stormwater runoff from waste management areas. PFAS concentrations in the Vantaanjoki River catchment area are thus far the highest reported in Finland. The aim of the project was to explore the feasibility of removing PFAS compounds from landfill leachate under field conditions and to assess the distribution of PFAS in the environment surrounding a waste management site. In addition, the project sought to promote water management efforts and raise awareness of PFAS among the general public, as well as provide municipalities and authorities with new information to support decision-making. The project was carried out by Water Protection Association of the River Vantaa and Helsinki Region in cooperation with the cities of Kerava and Vantaa. A commercially available treatment method was selected for the removal pilot, utilizing granular activated carbon and modified bentonite. The filtration unit was built in a shipping container, housing four filtration columns. The field trial lasted approximately three months, during which 97 m³ of water was treated, and no PFAS compounds considered to be the most harmful were detected in the treated water. Regular sampling was done to monitor PFAS concentrations and removal efficiency. Additionally, TOP-Assay analysis was used to estimate the concentrations of unknown PFAS precursors. According to the results, the filtration system initially removed all PFAS compounds effectively, with concentrations falling below detection limits. As the filter media's capacity declined, short-chain PFAS compounds began to break through. However, the removal efficiency for the most harmful compounds remained good throughout the trial. These findings indicate that the treatment solution is feasible but requires careful design and regular maintenance. The field pilot supports the development of larger-scale treatment solutions. Based on results from background sampling points in the PFAS distribution investigations, some compounds were washed into water bodies from urban environments, with concentrations increasing during higher runoff—likely linked to leaching from soil. In the vicinity of the waste management site, both the variety and concentrations of PFAS compounds were much higher than in the reference areas. Highly elevated PFAS levels were also found in groundwater north of the Savio waste treatment site, suggesting that PFAS could also be leaching into nearby surface waters from contaminated soil. In conclusion, the project demonstrates that effective and scalable PFAS removal solutions can be implemented using commercially available materials. However, there remains a need for further research, particularly on the removal of short-chain compounds from water and on the practices for the terminal disposal of filter material or other similar waste material, e.g. plant material, saturated with PFAS compounds, regardless of the removal method. The project's communication successfully reached a broad audience including decision-makers, experts, and the general public, and its results support follow-up projects as well as the development of a national PFAS strategy.			
Keywords	PFAS, forever chemicals, landfill leachate, water treatment, experiment, urban runoff, groundwater, granulated activated carbon, environmental load, TOP Assay		

Sisällysluettelo

1	Hankkeen tausta ja tavoitteet.....	8
1.1	Rahoitus ja toimijat	9
2	PFAS-yhdisteet Savion jätehuoltoalueella	10
2.1	Savion kaatopaikka-alueen vesien johtaminen ja alueen toiminta.....	10
2.2.	Suotovesien PFAS-kuorma Karhuntassunojaan	13
3	PFAS-poistokokeilu	16
3.1.	Poistomenetelmän kuvaus	17
3.2.	Poistomenetelmän toteutus ja tulokset.....	18
4	Levinneisyyskartoitus	20
4.1	Näytteenotto ja PFAS-yhdisteiden analysointi.....	24
4.2	Pintavesien PFAS-kartoitus.....	25
4.3.	PFAS-yhdisteet alueen pohjavesissä	33
4.4.	PFAS-yhdisteiden levinneisyys Savion alueella	37
4.5.	TOP Assay -analyysien tulokset	38
5	Ikuisuuskemikaalien poisto vedestä.....	41
5.1	Erilaisia puhdistusmenetelmiä	41
5.2	Uusien menetelmien kehitystyö Suomessa	42
5.3	Kasvipohjaiset ratkaisut.....	43
5.4	PFAS-yhdisteiden tuhoaminen ja hävittäminen	44
5.5	Savion kohteen kokonaiskunnostusvaihtoehto	45
6	Hankkeen johtopäätökset.....	46
7	Hankkeen viestintä	50
8	Lähteet	54
9	Liitteet.....	57

1 Hankkeen tausta ja tavoitteet

Per- ja polyfluoratut alkyyliyhdisteet (PFAS) ovat synteettisesti valmistettuja orgaanisia aineita, joissa hiilivetyketjujen vetyatomit on korvattu osin (poly-) tai kokonaan (per-) fluoriatomeilla. Hiilen ja fluorin välinen kemiallinen sidos on erittäin vahva, minkä vuoksi yhdisteet eivät hajoa luonnollisissa ympäristöissä, ja niitä kutsutaankin ikuisuuskemikaaleiksi. Kestävyyssominaisuuksiensa lisäksi yhdisteillä on mm. vettä, likaa ja rasvoja hylkiviä ominaisuuksia. Veteen liuetessaan niillä on pinta-aktiivisia ominaisuuksia, ja ne alentavat huomattavasti veden pintajännitystä. Ensimmäinen perfluorattu yhdiste kehitettiin Yhdysvalloissa jo 1930-luvun lopulla (Teflon®). Laajemmin PFAS-kemiaan perustuvia tuotteita otettiin käyttöön 1950-luvulta lähtien.

Sittemmin yhdisteitä on kehitetty jo useita tuhansia, satoihin erilaisiin käyttötarkoituksiin. PFAS-yhdisteitä on käytetty erittäin laajasti eri teollisuuden aloilla ja kuluttajatuotteissa. Useissa sovelluksissa yhdisteiden tarjoama tehovaikutus saavutetaan jo pienillä määrillä. PFAS-yhdisteitä ei ole useimmin merkitty tuotteiden ainesosaluetteluihin, minkä vuoksi tavaroiden toimittajilla tai valmistajilla ei ole tietoa PFAS-yhdisteitä sisältävien ainesosien käytöstä. Tunnettuja käyttökohteita yhdisteille on mm. kotitalous- ja vaatetekstiilien kyllästys- ja pintakäsittelyaineet, elintarvikepakkaukset, paperien pinnoitteet, vahat, maalit, tulostusmusteet, ruoanvalmistusastiat, kosmetiikka, palonsammutusvaahdot, metallien pinnoitus, valokuvien kehittäminen ja suksivoiteet. Näiden lisäksi PFAS-yhdisteitä on käytetty mm. puolijohdeteollisuudessa ja piirilevyjen tuotannossa, hydraulikkaneesteissä, tuuliturbiinien lavoissa, aurinkokennoissa, kosketusnäyttöjen pinnoitteissa ja erilaisissa akuissa (Glüge ym. 2020).

Suomessa ei ole valmistettu PFAS-yhdisteitä. Niiden päästölähteet liittyvät toimintoihin, joissa PFAS-yhdisteitä sisältäviä tuotteita on käsitelty, varastoitu tai hävitetty. Merkittäviksi päästölähteiksi Suomessa on tunnistettu mm. paloharjoitusalueita, joissa on käytetty PFAS-yhdisteitä sisältäneitä sammutusvaahdoja suoraan maastossa (Reinikainen ym. 2019). Vanhoille kaatopaikoille on sijoitettu jätteitä, joissa on mukana PFAS-yhdisteitä. Jätevedenpuhdistamot päästävät PFAS-yhdisteitä ympäristöönsä, koska nykyisellään ei ole käytössä menetelmiä, jotka poistaisivat PFAS-yhdisteitä jätevesistä. Tietty PFAS-yhdisteet ovat myös helposti haihtuvia ja niiden on havaittu kulkeutuvan ilmakehässä (Johansson ym. 2018). Kaukokulkeutumisen merkityksestä kertoo se, että PFAS-yhdisteitä on havaittu ympäri maapallon, jopa napa-alueilla.

PFAS-yhdisteistä PFOS:in haitallisuus koe-eläimillä havaittiin sen ensimmäisten valmistajien omissa toksikologisissa tutkimuksissa jo 1960- ja 1970-luvuilla (the intercept <https://theintercept.com/2015/08/11/duPont-chemistry-deception/>). Viimeaikaisten epidemiologisten tutkimusten mukaan tunnistettuja haittavaikutuksia on mm. alentunut rokotevaste vastasyntyneillä, lisääntynyt tiettyjen syöpien riski, kilpirauhasen toiminnan häiriintyminen, maksa- ja munuais-sairauksien lisääntyminen, veren kolesterolipitoisuuden kasvu ja kehitykselliset- sekä lisääntymishäiriöt (Fenton ym. 2021). Osa PFAS-yhdisteistä valmistavista kemikaaliyhtiöistä lopetti PFOS:in valmistamisen heti 2000-luvun alussa. EU:ssa PFOS:in markkinoille saattamista ja käyttöä rajoitettiin voimakkaasti vuonna 2008, kun se lisättiin REACH-rajoitusluetteloon ja edelleen Tukholman sopimuksen pysyvien orgaanisten ympäristömyrkkyjen listalle (POP) vuonna 2009. Sammutusvaahdoissa PFOS on kielletty EU:ssa vuodesta 2011 alkaen, jonka jälkeen vaahdoissa siirryttiin muihin PFAS-yhdisteisiin, mm. fluoritelomeereihin perustuviin vaahtoihin. PFOA-yhdisteiden käyttöä, valmistusta ja maahantuontia on rajoitettu EU:ssa vuodesta 2020. Vuonna

2021 pitkäketjuisten PFCAA-yhdisteiden käyttöä ja maahantuontia rajoitettiin ja vuonna 2022 PFHxS lisättiin Tukholman sopimuksen POP-yhdisteluetteloon. Useita muitakin PFAS-yhdisteitä on edellä mainittujen lisäksi lisätty Euroopan kemikaaliviraston erityistä huolta aiheuttavien aineiden listalle (SVHC) ehdokkaiksi tulevia rajoituksia varten. Ongelmallisena yksittäisten yhdisteiden rajoittamisen kannalta on uusien, lähes samankaltaisten yhdisteiden valmistamisen helppous ja siten rajoitusten kiertäminen haittavaikutuksiltaan tuntemattomilla yhdisteillä. Ihmisten altistumisen kannalta merkittävin PFAS-yhdisteiden lähde on ravinto, mutta yhdisteiden kulkeututtua pohjaveteen voi juomaveden osuus altistumisessa olla merkittävä (Reinikainen ym. 2019).

Vantaanjoen eri osavaluma-alueilta Itämereen päätyvää PFAS-kuormitusta tutkittiin vuosina 2020–2021 Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen (VHVSY) Vantaanjoen PFAS -hankkeessa. Tutkimuksissa esiin nousi mm. Keravalla ja Vantaalla sijaitseva Rekolanojan valuma-alue, jossa PFAS-pitoisuudet olivat kaikkein korkeimpia (Junttila ym. 2021). Vantaanjoki toimii pääkaupunkiseudun vararaakavesilähteenä, ja vesistön yläjuoksun kunnat saavat talousvetensä alueen pohjavesivarannoista. Keravanjoen ja Rekolanojan varrella sijaitsee kaksi pohjavedenottamoa, jotka toimivat alueen varavesilähteinä. PFAS kuormitus aiheuttaa ihmisen lisäksi haittaa myös vesiekosysteemille, esimerkiksi kaloilla lisääntymis- ja kehityshäiriöitä sekä aineenvaihdunnan ja hormonitoiminnan häiriöitä.

Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hankkeen yhtenä tavoitteena oli yrittää löytää toimiva kaupallisesti saatavilla oleva ratkaisu paikkakohtaiseksi käsittelyinfrastruktuuriksi tunnetusti haitallisilla ja vaarallisilla aineilla likaantuneen suoto-/huleveden käsittelemiseksi. Samalla tavoitteena oli luonnollisesti vähentää muodostuvia haitallisten aineiden päästöjä vastaanottavaan vesistöön ja pohjavesiin, sekä vähentää kuormittuneen alueen valumavesistä aiheutuvaa ympäristökuormitusta ja edesauttaa vesistöjen biologista monimuotoisuutta.

Vuoden 2025 alussa voimaan tullut yhdyskuntajätevesidirektiivi tiukentaa yleisesti yhdyskuntien jätevesien puhdistusvaatimuksia ja jatkossa jätevesistä tulee poistaa myös mikroepäpuhtauksia. Jätevesien tarkkailua tulee tehostaa mm. PFAS-yhdisteiden osalta. Tällä hetkellä puhdistamoilla ei ole ratkaisuja niiden poistamiseksi ja on ilmeistä, että puhdistusta tullaan kohdentamaan myös päästölähteisiin. Myös talousveteen liittyen voi päivitettyyn EU:n juomavesidirektiiviin liittyvä STM:n talousvesiasetus ja sen toimeenpano aiheuttaa paikoin investointitarpeita vesilaitoksilla, mikäli PFAS-yhdisteitä todetaan vesilaitosten raakavesissä. Vesilaitosyhdistyksen teettämässä tuoreessa selvityksessä talousvettä tuottavien laitosten raakavesissä havaittiin muutamia huomattavia PFAS-pitoisuuksia, vaikka talousvesiasetuksen raja-arvo ei ylittynytkään (Paukasalo ym. 2025).

1.1 Rahoitus ja toimijat

Hankkeen toteutuksesta vastasi Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Hankkeen osatoteuttajina olivat Keravan kaupunki (vesihuolto) sekä Vantaan kaupunki (kaupunkiympäristön toimiala). Ympäristöministeriö myönsi hankkeelle avustusta noin 102 500 euroa, mikä vastasi noin 60 % hankkeen kustannuksista. Lopuista kustannuksista vastasivat osatoteuttajina toimineet Keravan ja Vantaan kaupungit sekä vesiensuojeluyhdistyksen jäsenistö myöntämällä hankeavustuksilla.

2 PFAS-yhdisteet Savion jätehuoltoalueella

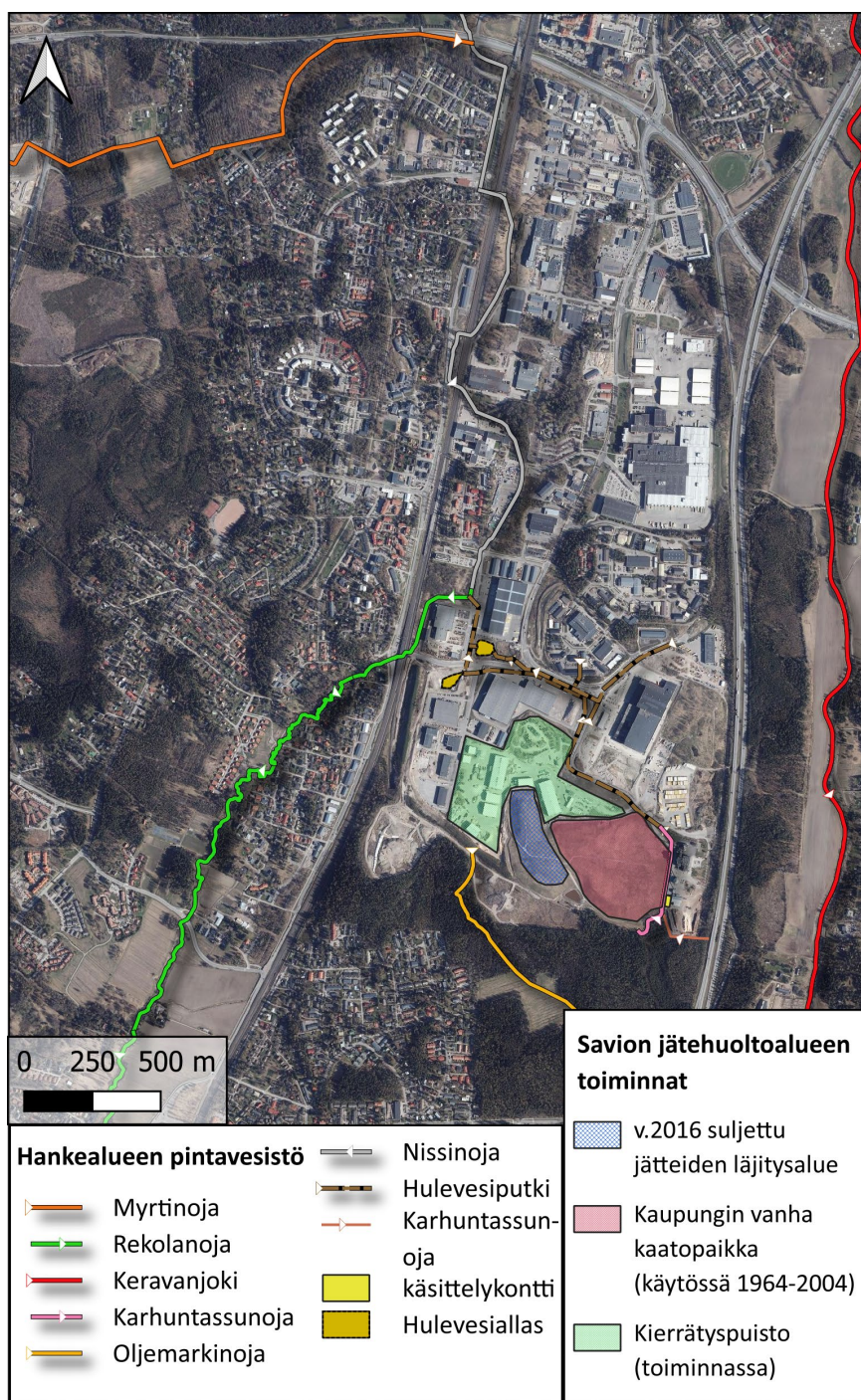
Vuosina 2020–2021 toteutetun Vantaanjoen PFAS-hankkeen (Junttila ym. 2021) tulokset osoittivat hulevesien muodostaman hajakuormituksen olevan myös merkittävä PFAS-yhdisteiden lähde tietyillä alueilla. Keravanjokeen laskevan Rekolanajan alueelle esitettiin kohdistettavaksi lisäselvityksiä valuma-alueen pinta-alaan suhteutetun huomattavan suuren PFAS-kuorman selvittämiseksi sekä alueella sijaitsevien lukuisten potentiaalisten päästölähteiden arvioimiseksi.

Rekolanajan valuma-alueella sijaitsevalla Savion jätehuoltoalueella sijaitsee mm. Keravan kaupungin suljettu kaatopaikka, joka arvioitiin merkittäväksi PFAS-lähteeksi sekä alueen vesien kuormitustarkkailussa saatujen että VHVS:n vuonna 2022–2023 toteuttaman PFAS-yhdisteiden esiintyminen taajama-alueiden pohjavesissä -hankkeen (FCG Oy 2023, Turtiainen 2023) tulosten perusteella. Alueelta otetuissa ojavesinäytteissä sekä pohjavesinäytteissä tavattiin poikkeuksellisen korkeita PFAS-yhdisteiden pitoisuuksia.

2.1 Savion kaatopaikka-alueen vesien johtaminen ja alueen toiminta

Savion jätehuoltoalueen vesiä tarkkaillaan Keravan kaupungin Savion suljetun kaatopaikan, L&T Oyj:n Keravan kierrätyspuiston ja L&T Oyj:n Keravan suljetun läjitysalueen yhteistarkkailuna. Tarkkailua on toteuttanut lupavelvollisten tilauksesta FCG Finnish Consulting Group Oy. Uudenmaan ympäristökeskus on antanut Lassila & Tikanoja Oyj:lle päätöksen No YS 674/17.6.2004 Savion alueen vesien yhteistarkkailun suorittamisesta Keravan kaupungin kanssa (Dnrot 0195Y0107-111, 0195Y0117-111, UUS-2003-Y-235-111).

Vuonna 2022 alueen vesitarkkailuissa havaittiin huomattavan suuria PFAS-pitoisuuksia ojavesissä (FCG Oy 2023), sekä myös erillisessä hankkeessa lähialueen pohjavedessä (Turtiainen 2023). Kaatopaikka- ja läjitysalueella muodostuvat hule- ja pintakerroksen valumavedet kerääntyvät osittain läjitysalueen kaakkoispuolelta alkunsa saavaan ojaan (Karhuntassunoja), josta ne virtaavat kohti Nissinojaa pääosin putkitettuna ja kosteikon kautta. Karhuntassunoja muuttuu avouomasta putkitetuksi tullessaan Myllykorventien kohdalle suljetun kaupungin kaatopaikan koilliskulmalla ja putkitettuun osuuteen laskee myös muita alueen hulevesiä. Hulevedet Savion jätehuoltoalueelta kerääntyvät osittain Karhuntassuntien eteläpuoleiseen altaaseen ennen purkautumistaan Nissinojaan. Myös Karhuntassuntien pohjoispuolella sijaitsee hulevesiallas, joka kerää vetensä Myllynummen ja Alikervantien alueelta, jätehuoltoalueen koillispuolelta (kuva 1).



Kuva 1. Hankealueen pintavesistö ja Savion jätehuoltoalueen toimintoja.

Jätetäyttöjen sisäisille vesille on olemassa viemäröinnit, jotka johtavat osan suotovesistä Viikimäen jätevedenpuhdistamolle. Jätteiden käsittelyalueilta muodostuvien hule- ja suotovesien johtaminen yhdyskuntajätevesienpuhdistamolle tällä hetkellä käytössä olevin puhdistusmenetelmin aiheuttaa PFAS-ongelman siirtymistä vesistöalueen muihin osiin, eikä näin ollen toteuta Euroopan parlamentin ja neuvoston uutta yhdyskuntajätevesien käsittelyä koskevaa direktiiviä, jossa ei-kotitalousperäisen saastuman vähentämisen toimenpiteet pitäisi ennemmin kohdentaa niiden lähdealueisiin.

Kaatopaikka-alueen eteläpuolelta saa alkunsa myös Oljemarkinoja, joka virtaa Vantaan Leppäkorven alueelta Keravanjokeen Rekolanojan haaran yläpuolella, eikä tämän ojan kuormittuneisuudesta ole aiempaa tietoa. Keravanjoessa on havaittu haitallisia määriä PFAS-yhdisteitä kuitenkin myös Rekolanojan haaran ylävirran puolelta otetuissa näytteissä.

Alikeravan alueella on ollut tai on edelleen toimintaa (mm. muovi- ja kumiteollisuutta), jonka osuutta Nissinojan PFAS-kuormitukseen ei ole selvitetty. Myöskään alueen pohjavesissä esiintyvien PFAS-yhdisteiden levinneisyydestä ei tiedetä tarkemmin.

Keravan Savion suljettu kaatopaikka

Savion jätehuoltoalueen kaatopaikkatoiminnan historia ulottuu 1960-luvulle asti. Jätehuoltoalue sijaitsee kaupungin eteläosassa Keravan ja Vantaan rajan tuntumassa. Keravan kaupungin Savion yhdyskuntajätteen kaatopaikka oli toiminnassa 1964–2004. Savion kaatopaikalle on läjitetty kiinteää yhdyskuntajätettä, teollisuusjätettä, nestemäistä teollisuusjätettä ja kuivaamattontaa lietettä. Kaatopaikalle on läjitetty myös ongelmajätettä, mm. kumi-, metalli-, liuotin-, ja öljyjätettä (Assmuth ym. 1990). Savion kaatopaikan todettiin valtakunnallisessa tutkimuksessa olevan riskikaatopaikka ja viitteitä kaatopaikan ympäristöään kuormittavista vaikutuksista oli jo olemassa sen ollessa toiminnassa 1980-luvulla (Assmuth ym. 1990). Kaatopaikan pohjaa ei ole vesieristetty.

Keravan kaupungin yhdyskuntajätteen kaatopaikan suoto- ja valumavedet ja muut likaiset vedet on johdettu viemäriin lokakuusta 2000 lähtien. Aikaisemmin ne käsiteltiin selkeytys- ja suodatusaltaissa ja johdettiin Karhuntassunojaan. Likaisten vesien johtamisesta huolimatta kaatopaikan kuormitusvaikutusta on havaittu Karhuntassunojassa edelleen (Uudenmaan ympäristökeskus 2007), ja viitteitä suotovesien virtaamisesta mm. viereisen läjitysalueen vesieristysten alapuolisiin kerroksiin on saatu alueen tarkkailuissa.

Lassila & Tikanoja Oyj:n suljettu läjitysalue

Savion jätehuoltoalueen etelä-länsireunalla sijaitsee suljettu tavanomaisen jätteen kaatopaikka (Savion läjitysalue), joka on täytetty siten, että se yhdistyy pystyrakenteella Keravan kaupungin suljettuun kaatopaikkaan sen itäpuolella. Kaatopaikalle on sijoitettu alueen pohjoispuolella edelleen toiminnassa olevalla kierrätyslaitoksella hyötykäyttöön sopimattomia jättejakeita, kuten erilaisia puuaineksia, kiviainesta, betonia, paperia, pahvia, metalleja, kumia, muoveja, lasia, tekstiilejä ym. Myös hiekanerotuskaivojen hiekkokaivoja ja voimalaitoksilta peräisin olevaa tuhkaa on läjitetty. Kaatopaikalla vastaanotettiin jätettä vuosina 2001–2012 ja se on perustettu pääosin louhitun kallion päälle. Kaatopaikka ylitäytettiin jätteistä, ja vuoden 2012 jälkeen sen alaa hiekan laajennettiin vuosina 2016–2017. Läjitysalue peitettiin ja suljettiin lopullisesti vuonna 2019, vesien- ja kaasunjohtamisjärjestelmien valmistumisen jälkeen. Läjitysalueen pohja on vesieristetty bentoniitti ja HPDE-kerroksilla ja varustettu rengasrouheesta valmistetulla kuivatuserroksella, jonka kautta siinä muodostuvat suotovedet kerääntyvät tasausaltaaseen, josta ne pumpataan jätevesiviemäriin. Läjitysalueen suotovesien tasausaltaan tiiveyttä on tutkittu mm. vuonna 2017, koska jo 2000-luvun alussa on saatu viitteitä vieressä sijaitsevan kaupungin kaatopaikan

suotovesien vuotamisesta läjitysalueen vesieristyksen alle mm. nostaen pohjarakenteiden alapuolisen veden sähkönjohtavuutta ja hapenkulutusta (Uudenmaan ympäristökeskus 2007).

Jätemateriaalien kierrätyspuisto

Savion jätemateriaalien kierrätyspuisto sijaitsee kaatopaikka-alueiden pohjois-luoteispuolella ja jätehuoltotoimintaa on alueella harjoitettu ensin Keravan kaupungin toimesta jo 2000-luvun alussa. Kierrätyspuiston kierrätykseen kelpaamattomia materiaaleja sijoitettiin aiemmin alueen kaatopaikoille. Nykyisin kierrätyspuistossa jätteidenkäsittelytoimintaa harjoittaa alueella L&T ympäristöpalvelut Oy ja alueella käsitellään ainoastaan kierrätettäviä materiaaleja, kuten kuituja, keräysmetallia, paperia ja muovia, ja näiden lisäksi myös energiajätettä, rakennusjätettä, puujätettä sekä sähkö- ja elektroniikkalaiteromua. Voimassa olevan ympäristöluvan mukaisesti kierrätyspuisto saa ottaa vastaan ja käsitellä yhteensä 460 000 tonnia jätettä vuodessa. Puisto saa varastoida jätteitä kerrallaan enintään 62 250 tonnia (Etelä-Suomen Aluehallintoviraston päätös, 2017). Kierrätyspuiston kolme hulevesiviemäriä johdetaan läheiseen Karhuntassunojaan putkitetulle osuudelle, josta hulevedet lopulta purkavat Nissinojaan (FCG, 2023).

Keravan kaupungin maanlajitysalue

Varsinaisen Savion jätehuoltoalueen lounaispuolella on Keravan kaupungin pilaantumattoman maa- ja kiviainesjätteen läjitysalue, joka on otettu käyttöön vuonna 2020. Maankaatopaikka saa vastaanottaa ainoastaan Keravan kaupungin alueelta tulevaa puhdasta maa- ja kiviaineista enintään 49 000 tonnia vuodessa (Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristölupapäätös, 2019). Maankaatopaikalle kertyvät kuivatusvedet kerätään suunnitelman mukaan ympärysojiin ja johdetaan hallitusti neljän laskeutusaltaan kautta purkuojiin (Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristölupapäätös, 2019). Kaupungin maanlajitysalueella on erillinen Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen 21.2.2020 myöntämä ympäristölupa nro TUUDno-2019-265 (FCG, 2023). Maanlajitysalueella on myös erillinen ympäristöluvan velvoittama pinta- ja pohjavesitarkkailu.

2.2. Suotovesien PFAS-kuorma Karhuntassunojaan

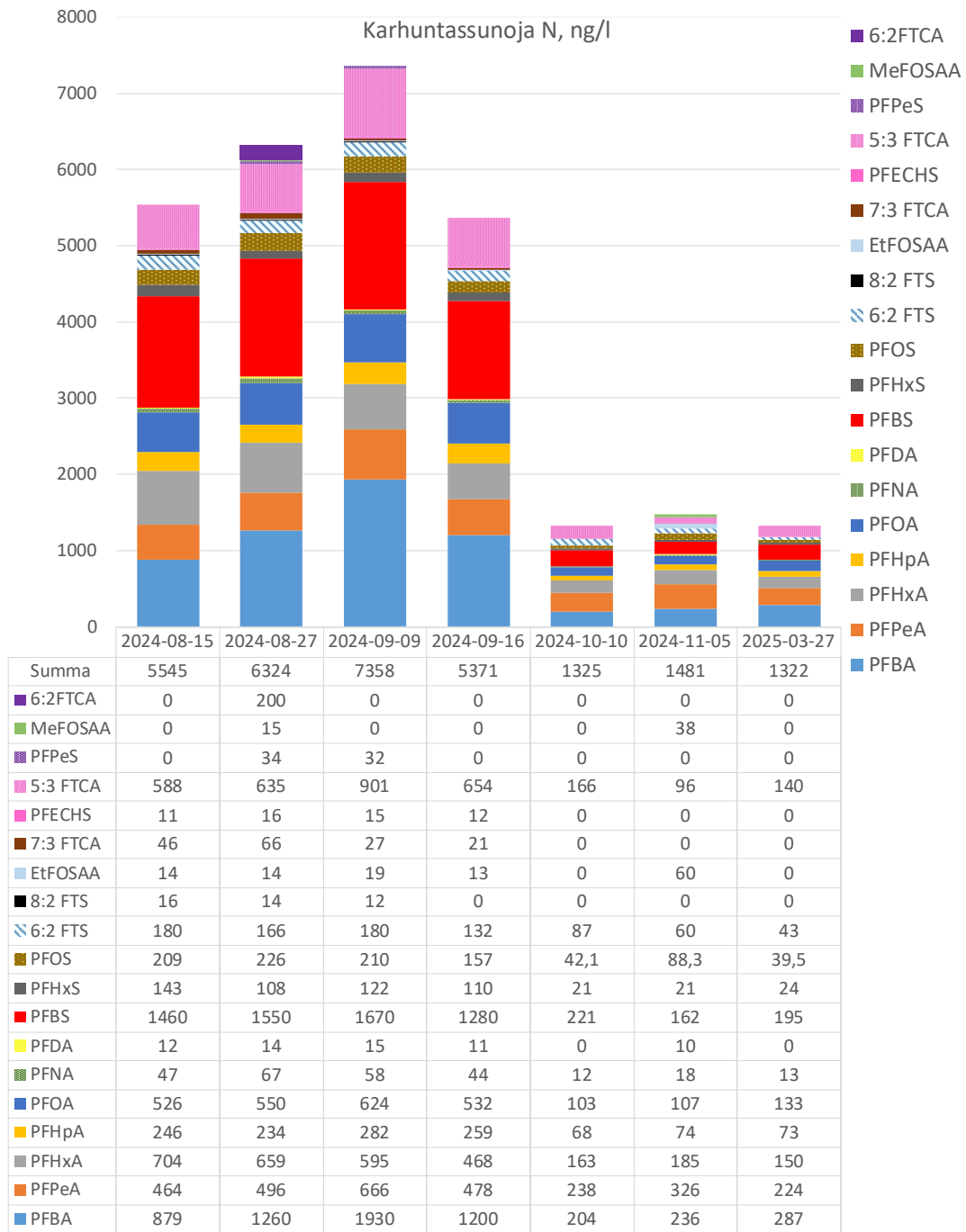
Savion läjitysalueen pohjan vesieristysrakenteiden alta tuleva vesi johdetaan maanalaista putkea pitkin kaatopaikan eteläpuolisen ojan alkuun, jossa sijaitsee havaintopaikka N. Tästä alkaa Karhuntassunoja. Ennen vuotta 2017 putken pää on ollut näkyvissä, mutta vuonna 2017 se jäi maamassojen alle ja putkesta purkautuvat vedet näkyvät nyt maan pinnalla ajoittain lähdemäisenä muodostumana (kuva 2). Läjitysalueen viereisen Keravan kaupungin suljetun kaatopaikan pohjassa ei ole vesieristystä ja viitteitä Keravan kaupungin kaatopaikan suotovesien vuotamisesta läjitysalueen vesieristyksen alapuolisiin vesiin on saatu jo 2000-luvun alkupuolen vesitarkkailuissa. Myös pisteestä N otetuissa näytteissä on havaittu kaatopaikkavaikutusta alueen vesitarkkailuissa.



Kuva 2. Lähdemäinen muodostuma, johon kaatopaikan suotovedet purkautuvat. Lähdemäinen piste toimi hankkeessa näytepisteenä N, johon myös asennettiin uppopumppu.

Havaintopaikan N veden laatua seurataan osana jätehuoltoalueen vesien tarkkailua. Vuosina 2022–2023 tarkkailunäytteistä analysoitiin laaja PFAS-yhdisteiden paketti sekä VNa 1022/2006, liitteen 1A-aineet.

Tässä hankkeessa PFAS-yhdisteiden pitoisuuksia havaintopaikan N näytteistä tutkittiin aikavälillä elokuu 2024–maaliskuu 2025 välisenä aikana yhdeksän kertaa, joista kahdelle tehtiin nk. TOP Assay -analyysi. Hankkeen kaikille näytteille käytössä ollut analyysipaketti oli PFAS₅₁. PFAS-yhdisteiden summapitoisuus pisteen N näytteissä vaihteli välillä 1322–7576 ng/l. PFAS-yhdisteiden lukumäärä vaihteli välillä 11–19 pisteestä N otetuissa näytteissä (kuva 3). Kesän alivesikauden ja alkusyksyn näytteissä suurimmat pitoisuudet todettiin lyhyestä hiiliketjusta koostuvista PFBA-, PFBS- ja 5:3 FTCA-yhdisteitä. Loppusyksyn ja talven näytteissä PFBA- ja PFBS-pitoisuudet olivat laskeneet selvästi ja kesällä pienempinä pitoisuuksina havaittuja prekursoriyhdisteitä ei enää havaittu. Loka- ja marraskuun näytteenottoja edelsi rankat sateet ja Karhuntutassunajan laskeavasta putkesta virtasi vesiä, mutta ojaan tuli myös runsaasti pintavaluntaa. Maaliskuussa osa valumavesistä oli myös lumensulamisvesiä.



Kuva 3. Savion läjitysalueen ja Keravan suljetun kaatopaikan suotovesien kerääntymisalueen vedessä (Karhuntassunojan havaintopaikka N) havaitut PFAS-yhdisteet.

Kaatopaikka-alueita PFAS-yhdisteiden lähteenä on tutkittu melko laajalti sekä käytössä olevien että vanhojen kaatopaikkojen osalta. Jätetäyttöistä PFAS-yhdisteitä päätyy sekä valumavesiin että kaatopaikkakaasujen kautta ilmaan. Useissa tutkimuksissa 5:3 FTCA on ollut hallitseva yhdiste suotovedessä (Capozzi ym. 2023, Sabba ym. 2024, Lu ym. 2023). Se on 6:2 fluorotelomeerin hajoamisen välituote, joka on ominainen kaatopaikkojen suotovedelle. Myös Karhuntassunojan vedessä 5:3 FTCA-pitoisuudet olivat koholla. Yhdessä näytteessä todettiin myös yhdistettä 6:2 FTCA, jonka hajoamistuote 5:3 FTCA on. Osa FTCA-yhdisteistä voi hajota edelleen, jolloin loppu- tuotteet voivat olla lyhytketjuisia PFCA-yhdisteitä, kuten PFHxA, PFPeA ja PFBA, joita kaikkia

todettiin Karhuntassunojassa ja ne ovat kaikki yhdisteen 5:3 FTCA mahdollisia lopputuotteita. FTCA-yhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä ja biokertyviä.

PFOS- yhdistettä oli Karhuntassuojan vedessä kaikilla näytekeroilla ja PFHxS-yhdistettä kaikilla muilla, paitsi marraskuun alussa. PFOS-yhdisteen pitoisuuskeskiarvo (ka. 139 ng/l, vv.42–226 ng/l) oli yli 200-kertainen vesieliöiden suojaksi asetettua raja-arvoa (0,65 ng/l) korkeampi.

Karhuntassunojassa runsaimpina havaittujen PFAS-yhdisteiden lajikirjo on yhdenmukainen kirjallisuudessa esitettyjen, yhdyskuntakaatopaikkojen suotovesissä havaittujen yhdisteiden kanssa. Pitoisuudet ovat myös samaa suuruusluokkaa, kuin yhdysvaltalaisessa aineistossa (ref. Singh ym. 2025: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100458>).

Tutkimuksissa on tunnistettu, että PFAS-yhdisteiden esiintyminen kaatopaikkojen suotovedessä on merkittävä uhka pohjavedelle ja pintaveden laadulle. Ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi likaantuneille alueille tarvitaan tehokkaita käsittelymenetelmiä niiden valumavesien sisältämien haitallisten ja vaarallisten aineiden ympäristöön pääsyn hillitsemiseksi. Perinteiset kaatopaikkojen suotoveden käsittelymenetelmät eivät riitä vastaamaan PFAS-kuormituksen aiheuttamiin haasteisiin, jotka johtuvat PFAS-yhdisteiden kemiallisesta pysyvyydestä ja hajoamiskestävyydestä.

3 PFAS-poistokokeilu

PFAS-yhdisteitä on mahdollista poistaa vedestä jo aiemmin tunnettuja vedenkäsittelytekniikoita käyttäen. Esimerkiksi ioninvaihtohartseja ja käänteisosoosia on käytetty tehokkaasti PFAS-adsorptioon suotovedestä ja jätevedestä. Myös fotokatalyyttisiä prosesseja on tutkittu yhtenä tehokkaimmista PFAS-poistotekniikoista. PFAS-yhdisteiden poistaminen vedestä perustuukin useimmiten niiden konsentroimiseen huomattavan suuriksi pitoisuuksiksi, jotta niiden lopullinen hävittäminen olisi mahdollisimman tehokasta.

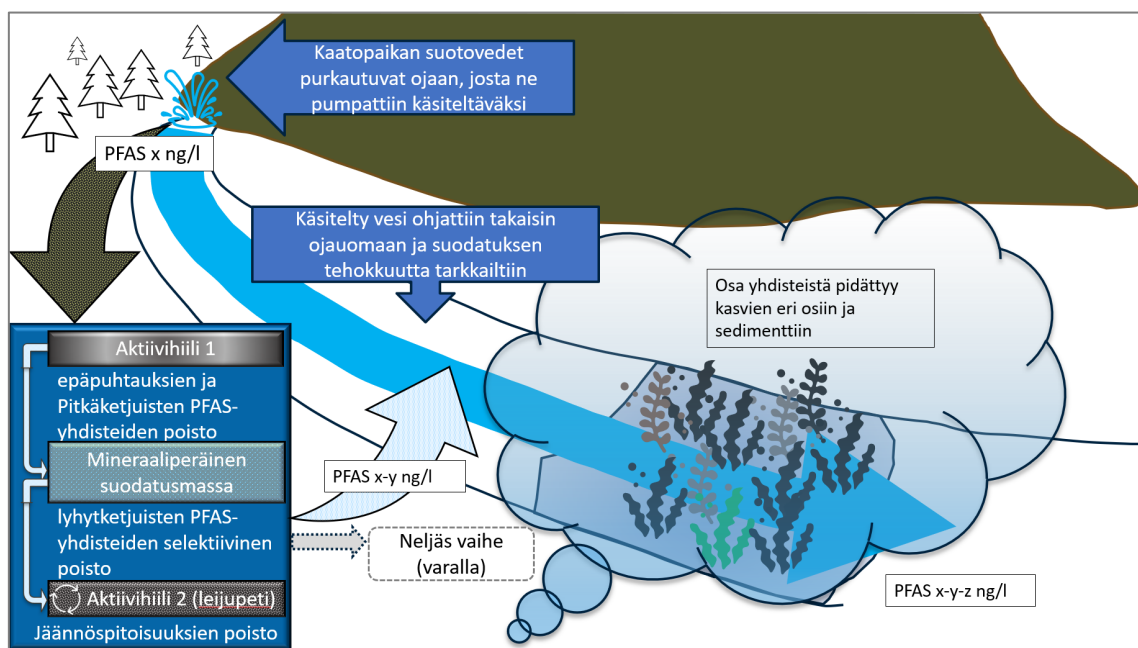
Verrattain korkean tehokkuuden ja hyvän saatavuuden vuoksi rakeiseen aktiivihiileen perustuva käsittely on ollut laajimmin käytössä. Aktiivihiiltä on käytetty veden ja ilman käsittelyssä sekä lääkinällisissä sovelluksissa 1700-luvulta lähtien ja sen toiminta perustuu huomattavan suureen huokoisuuteen, joka mahdollistaa epäpuhtauksien tarttumisen (adsorption) huokostiloihin (Bubanale ja Shivashankar 2017). Aktiivihiili ei pysty valikoidusti pidättämään tiettyjä epäpuhtauksia, vaan se pidättää laajasti erilaisia epäpuhtauksia esimerkiksi vedestä. PFAS-yhdisteiden osalta myös hydrofobiset ominaisuudet vaikuttavat yhdisteiden sorptioon aktiivihiilessä (Du ym. 2014). Viime aikoina on kehitetty useita erilaisia muihin materiaaleihin perustuvia ratkaisuja, joilla pystytään käsittelemään/pidättämään nimenomaan PFAS-yhdisteitä.

Yhdysvaltain ympäristöviraston (EPA) PFAS-tiekartassa (2021–2024) aineiden tutkimuksen ja rajoitusten rinnalle nostettiin likaantuneiden alueiden puhdistaminen suojaamaan ihmisten terveyttä ja luontoympäristöjä. Maassa, jossa PFAS-yhdisteitä valmistetaan, on kuormitushaasteet Suomea mittavammat. Suomessa kansallisen PFAS-tiekartan laatiminen on aloitettu vuonna 2025 Suomen ympäristökeskuksessa ympäristöministeriön tilauksesta.

3.1. Poistomenetelmän kuvaus

Hankkeeseen poistokokeilumenetelmäksi valikoitui rakeinen aktiivihili, jonka lisäksi käytössä oli myös modifioitunut bentoniittiin (savi) perustuva suodatusmateriaali. Nämä materiaalit ovat molemmat kaupallisesti saatavilla ja etenkin aktiivihilen osalta valikoitavana on useita toimittajia ja valmistajia myös Euroopassa. Materiaalien käyttäminen perinteisissä suodatuskolonneissa on myös yksinkertaista eikä prosessi poikkea tavanomaisista suodatusprosesseista. Valikoitua menetelmää oli onnistuneesti käytetty toisenlaisissa kohteissa Suomessa aiemmin.

Lämpöeristettyyn merikonttiin asennettu koelaitteisto koostui neljästä suodatuskolonnista, joista suodatussarjan kaksi ensimmäistä olivat perinteisiä ns. up-flow-suodatuskolonneja. Sarjan kolmas kolonni oli leijupeti-periaatteella toimiva suodatin ja neljäs puolestaan ns. down-flow-suodatuskolonni (kuva 4). Käsittelylaitteistokokonaisuus mahdollistaa useiden eri suodatusmassojen käyttämisen optimoiden kullekin massalle oikean virtaussuunnan. Leijupetisuodattimessa maksimoidaan suodatusmassan kontakti veden ja poistettavien haitta-aineiden kanssa sekä ehkäistään oikovirtauksia ja kiintoaineiden aiheuttamaa tukkeutumista. Käsittely vesimäärä mitattiin virtausmittarilla.



Kuva 4. Kaatopaikan suotovesien puhdistamiskokeiluun liittyvä periaatepiirros.

Käsittelykokeessa suodatuskolonneihin ladattiin kolmea eri suodatusmassaa. Kolonnissa 1 käytettiin regeneroitua aktiivihiliä (Jacobi Carbons, Resorb™), jonka tarkoituksena oli poistaa vedestä pääasiassa muita orgaanisia haitta-aineita kuin pysyviä orgaanisia haitta-aineita. Kolonnissa 2 käytettiin mineraalipohjaista suodatusmassaa (CETCO, FLUORO-SORB® 200 ja 400 suhteessa 50:50), joka on hyvin selektiivinen sekä lyhyt- että pitkäketjuisille PFAS-yhdisteille, ja kolonnissa 3 aktiivihiliä (Jacobi Carbons Aquasorb 6300™), joka adsorboi erityisen hyvin pitkäketjuisia PFAS-yhdisteitä. Käsittely mitoitettiin pitkälle viipymäajalle, minkä tarkoituksena oli erityisesti ensimmäisen suodatuskolonnin osalta varmistaa muiden kuin PFAS-yhdisteiden kuormituksen poistaminen. Suodatusmassaa käytettiin yhteensä 205 kg ja massatilavuus oli 330 l.

Kokeen yhtenä tavoitteena oli ajaa suodatusmassan kapasiteetti loppuun, että päästään arvioimaan kokonaispoistotehokkuutta sekä saadaan tulosaineistoa läpi suotautuvien PFAS-yhdisteiden komponenttijakaumasta suodatusmassan suodatuskapasiteetin ehdyttyä. Tavoitteena oli, että saatua tietoa voidaan hyödyntää suuremman mittakaavan käsittelyn mitoituksessa.

3.2. Poistomenetelmän toteutus ja tulokset

Puhdistuskokeen aikana käsiteltiin yhteensä 97,211 m³ vettä ja virtaama suodatuksessa vaihteli välillä 30–100 l/h. Käsittelyyn tulevan veden (N) PFAS-kokonaispitoisuus pysytteli kokeen alusta syyskuun puoliväliin asti tasolla yli 5 000 ng/l, mikä jälkeen se laski tasolle 1 300–1 500 ng/l. COD_{Mn} pitoisuus käsiteltäväksi pumpatussa vedessä oli n. tasolla 150 mg/l ja TOC 35 mg/l. Veden virtaama pumppauspisteessä vaihteli kokeen aikana luonnollisesti sadannan ja valunnan seurauksena sekä pumppauspisteeseen N kaatopaikan suunnasta jaksoittain purkautuvan veden virtauksen mukaan, ja vain osa pisteessä N virranneesta vedestä saatiin käsiteltyä. Samoin veden sameus ja kiintoainepitoisuus vaihtelivat voimakkaasti ja kiintoainepitoisuus lisääntyi kokeen edetessä mm. ojaan pumppauspisteeseen päätyneen hajoavan kasvillisuuden määrän lisääntyessä.

Kenttäkokeessa käytettävien virtausnopeuksien ja suodatusmassojen toimintakyvyn optimointia varten tehtiin ensin mitoituskoe laboratorio-olosuhteissa. Laboratoriomitoituskoea varten otettiin 50 litraa käsittelyyn johdettavaksi tarkoitettua vettä kohteesta (oja, näytepiste N) 18.6.2025, joka toimitettiin Envitop Oy:n laboratorioon Ouluun. Laboratoriomitoituskokeen tulokset valmistuivat 29.7.2025. Laboratoriomitoituskokeessa kohteesta otetulle näytteelle tehtiin dynaamisena diffuusiotestauksena suodatuskoe suodatuskolonnissa pintakuormalla 0,5 m/h. Laboratoriokoea varten otetun veden PFAS-yhdisteiden kokonaispitoisuus oli 1 142 ng/l. Laboratoriokokeessa testattiin kahta suodatusmateriaalia ja molemmat poistivat kaikki PFAS-yhdisteet alle määrittämysrajan L/S 70 suhteeseen asti. Laboratoriomitoituskokeen tietoa hyödynnettiin kenttäkokeen mitoituksessa käytettävien suodatusmassojen, massamäärien, viipymän ja virtaaman määrittämiseksi.

Kenttäkokeessa kaatopaikan suotovesien purkupisteeltä (tarkkailupiste N) pumpattiin vettä aktiiviseen suodatuskäsittelyyn n. 100 metrin päässä sijainneelle käsittelylaitteistolle. Puhdistettu vesi pumpattiin takaisin saman ojan uomaan alavirran puolella (tarkkailupiste M). Käsittelylaitteisto oli sijoitettu Keravan Energia Oy:n Myllykorventien voimalaitoksen kiinteistölle (kuva 5). Pumppaus pisteestä N toteutettiin pintakytkimellä varustetulla uppopumpulla käsittelylaitteistolle. Uppopumppua varten ojaan rakennettiin pieni pumppauspotero riittävän vedenvirtauksen varmistamiseksi ja kiintoaineksen virtauksen hallitsemiseksi. Piste N sijaitsee Keravan kaupungin vanhan suljetun kaatopaikan itäpäässä, Karhuntassunojan alussa. Pumppauskohdassa on ajoittain voimakasta veden virtausta, joka purkautuu ojaan kaatopaikan suunnasta. Kenttäkokeen toteutuksesta vastasi Engwater Oy.



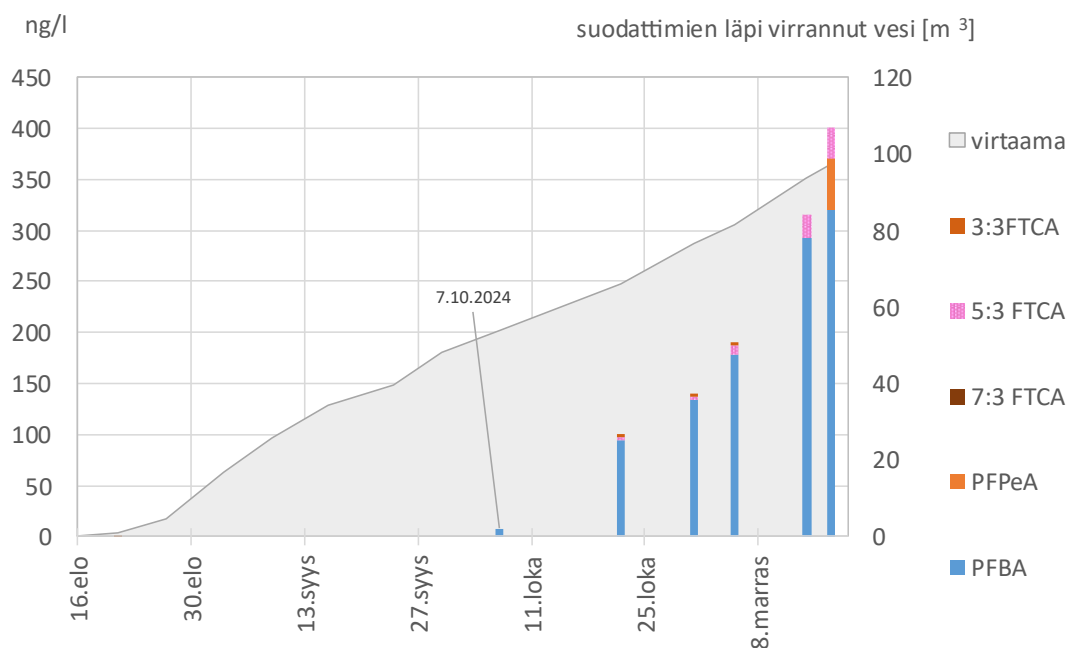
Kuva 5. Vasemmalla kuva pumppauspoterosta, johon uppopumppu oli asennettuna ja oikealla kuva veden suodatuslaitteistosta.

Käsittelylaitteisto asennettiin kohteeseen 8.–16.8.2024 välisenä aikana ja käsittely aloitettiin 16.8.2024. Käsittely oli käynnissä muutamia huoltotaukoja lukuun ottamatta keskeytyksettä 17.11.2024 asti. Aktiivisen käsittelyn kesto oli noin 90 vuorokautta. Kenttäkokeen aikana laitteistoa tarkkailtiin aluksi viikoittaisilla kenttäkäynneillä ja 14.10. alkaen jokaisena arkipäivänä. Tarkkailukäynneillä tarkastettiin laitteiston toiminta, kirjattiin ylös käsitellyn veden virtaama, kirjattiin ylös kenttähavainnot, tehtiin pieniä huoltoja ja otettiin seuranta- tai omavalvontanäytteet erillisen näytteenotto-ohjelman mukaan.

Kokeen tulosten perusteella on mahdollista suunnitella ja mitoittaa suuremman mittakaavan käsittely, jolla olisi mahdollista käsitellä kaikki kohteesta ojaan purkautuva PFAS-yhdisteillä pilaantunut vesi ennen sen päätymistä muihin pintavesistöihin. Käsittelyprosessin suunnittelussa tulee ottaa huomioon pumpkaus- ja vedenjohtamisrakenteet, veden esikäsittely ja lopullisen suodatuksen mitoitus. Suodatuksen mitoitus ja käyttö- ja ylläpitokustannusten laskentaa varten tulee olla tiedossa käsitellyn veden PFAS-yhdisteiden tavoitepitoisuustaso. Kokeen havaintojen perusteella voidaan myös arvioida yleisesti vastaavanlaisen kohteen aktiivisen käsittelyn toteuttamiskelpoisuutta ja kustannuksia.

Suodattamalla käsitellystä vedestä (M) otettiin näytteet PFAS-määrittämisä varten 27.8.2024 ja 9.9.2024, joissa kaikkien tutkittujen PFAS-yhdisteiden pitoisuudet alittivat yhdistekohtaiset määrittämisrajat. Laitteistolla käytäessä otettiin viikoittain näytteet suodatuksen menevästä sekä suodattimilta lähtevästä vedestä, mahdollisia jälkianalyyskejä varten. Ensimmäinen näyte, jossa havaittiin määrittämisrajan ylittäviä pitoisuuksia PFAS-yhdisteitä, otettiin lokakuun 7. päivänä, jolloin havaittiin ainoastaan yhdistettä PFBA (8,2 ng/l). Suodattimien läpi oli näytteenottoon mennessä virrannut 53,67 m³ vettä. Kaikissa tämän jälkeen otetuissa näytteissä havaittiin kasvava pitoisuus PFBA:ta, aina suodatuskäsittelyn päättymiseen 17.11. asti, jolloin yhdisteen pitoisuus oli jo 320 ng/l (Kuva 6). Muista havaituista yhdisteistä 5:3 FTCA sekä 3:3 FTCA olivat seuraavaksi yleisimmin havaitut. 5:3 FTCA:n pitoisuus kasvoi jokaisessa näytteessä PFBA:n tavoin. Marraskuun viimeisessä näytteessä havaittiin myös PFPeA:ta (50 ng/l).

Lähes kaikki yhdisteet, joita suodatuksen läpi tullessa vedessä havaittiin, olivat lyhytketjuisia ja pienimolekyylisiä. Ainoastaan 7:3 FTCA on kymmenestä hiiliatomista koostuvan rungon omaava pitkäketjuiseksi luokiteltava PFAS-yhdiste ja sitä havaittiin yhdessä suodatetussa näytteessä (22.10.2024 0,51 ng/l). Lyhytketjuisten yhdisteiden osuus suodatukseseen tulevassa vedessä oli myös hyvin suuri ja esimerkiksi PFBA:n ja PFBS:n yhteenlaskettu osuus käsittelyyn tulevan veden PFAS-summapitoisuudesta oli n. 30–50 %. Suodatinlaitteiston läpi virranneesta vedestä yhdistettä PFBS ei havaittu ollenkaan, vaikka sen pitoisuus useimmissa käsittelyyn tulevista näytteistä oli suurempi kuin PFBA:n. Sen sijaan PFBA alkoi pääsemään läpi kasvavissa määrin kohti puhdistuskokeilun loppua. Käsittelystä vedestä havaittiin myös pieniä määriä yhdistettä 3:3 FTCA, jota ei havaittu käsittelyyn tulevasta vedestä.



Kuva 6. Suodatuslaitteiston läpi virranneen veden määrä sekä siinä havaitut PFAS-pitoisuudet 7.10.2024 jälkeen otetuissa näytteissä.

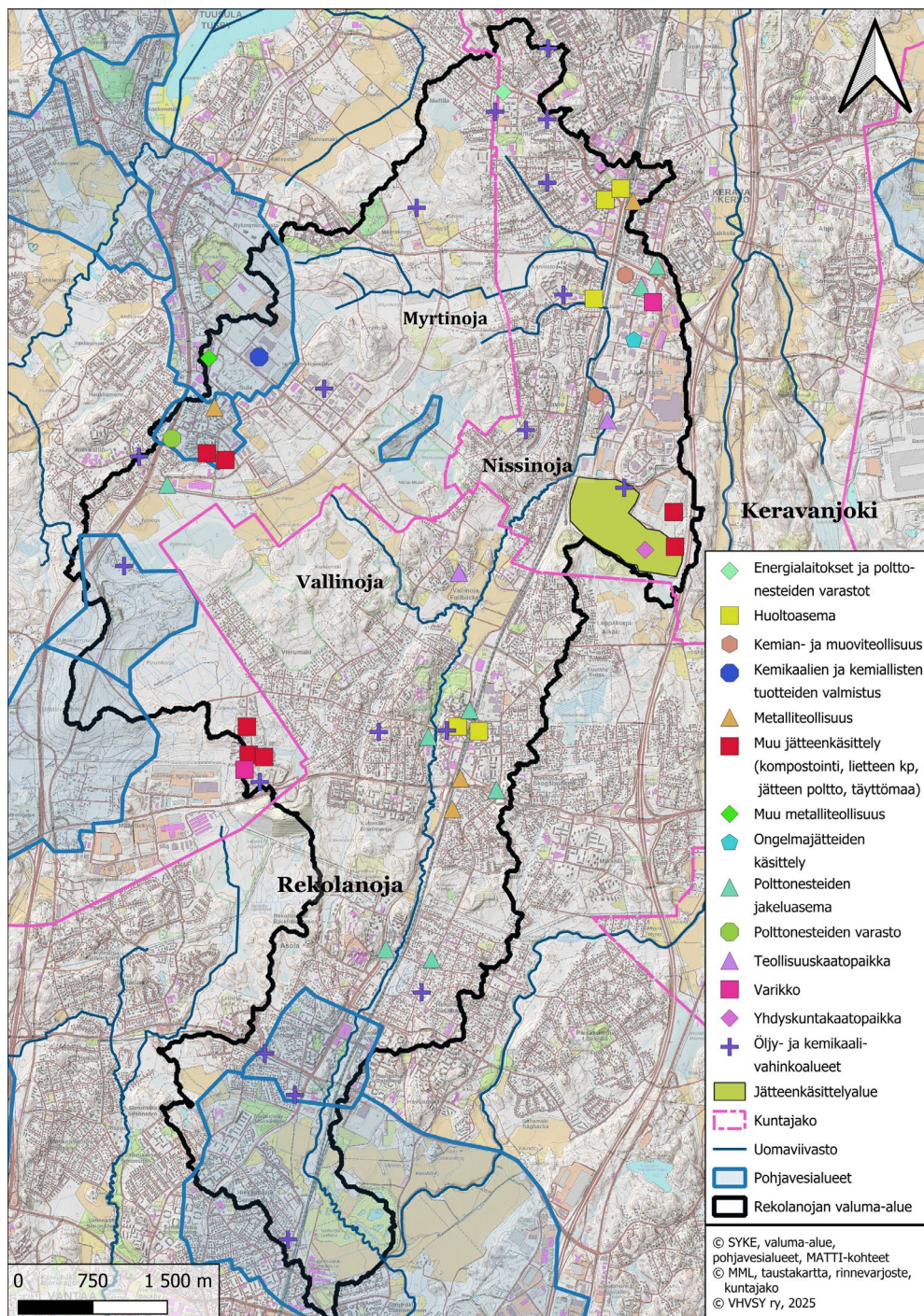
Mahdollinen syy yhdisteiden pidähtymisen heikentymiselle on suodattimien tukkeutuminen orgaanisella aineksella. Lyhytketjuisten PFAS-yhdisteet pääsevät kokonsa ja heikomman hydrofobisuutensa takia helpommin läpi suodattimista kuin pitkäketjuiset yhdisteet. Massojen pidätyskyky jatkui kuitenkin kokeen loppuun asti useimpien yhdisteiden osalta, joiden pitoisuudet pysyivät alle määrittäysrajan. Kokeen aikana otettiin talteen noin 400 000 000 ng (0,4 g) PFAS-yhdisteitä.

4 Levinneisyyskartoitus

Rekolanojan valuma-alueella on 198 kpl tunnistettuja maaperän tilan tietojärjestelmän (MATTI) kohteita, joista 57 kpl on arvioitu potentiaalisiksi PFAS-päästölähteiksi Vantaanjoen PFAS-hanketyön yhteydessä (kuva 7). Valuma-alueella on useita jätteenkäsittelyalueita, öljy- ja

kemikaalivahinkoalueita, huoltoasemia ja polttoaineen jakeluasemia. Nissinojan läheisyydessä on sijainnut kaksi teollisuuskaatopaikkaa sekä kemian- ja muoviteollisuuden yritystä. Savion jätteenkäsittelyalueella (kuvassa kellanvihreällä) on kolme MATTI-kohdetta.

PFAS-yhdisteiden levinneisyyttä ja ajallista vaihtelua tutkittiin Savion jätehuoltoalueen lähiojissa ja puroissa. Näytteitä otettiin eri vuodenaikoina ja valuntaolosuhteissa. Alueen pohjavesistä otettiin kertanäytteet syksyllä 2024.



Kuva 7. Rekolan valuma-alueella sijaitsevat pohjavesialueet ja potentiaaliset PFAS-lähteet MATTI-järjestelmästä. Savion jätteidenkäsittelyalueella on merkitty kuvaan vihreällä.

Pintavesien reitit

Tuusulan ja Keravan pienistä latvavesistä alkavalla Rekolanojalla on pituutta runsaat 11 km ja sen valuma-alueen pinta-ala on 40 km². Rekolanoja on puro, ja siten vesilain suojaama vesistö. Rekolanojan valuma-alue on oma vesimuodostumansa, jonka vesistötyyppi on pieni savimaiden joki. Sen ekologinen tila on tyydyttävä. Puroon kohdistuva kuormitus on haja- ja hulevesikuormaa ja sateisina aikoina puron vesi on sameaa. Rekolanoja on merivaelteisen, uhanalaisen tai menen lisääntymisalueita.

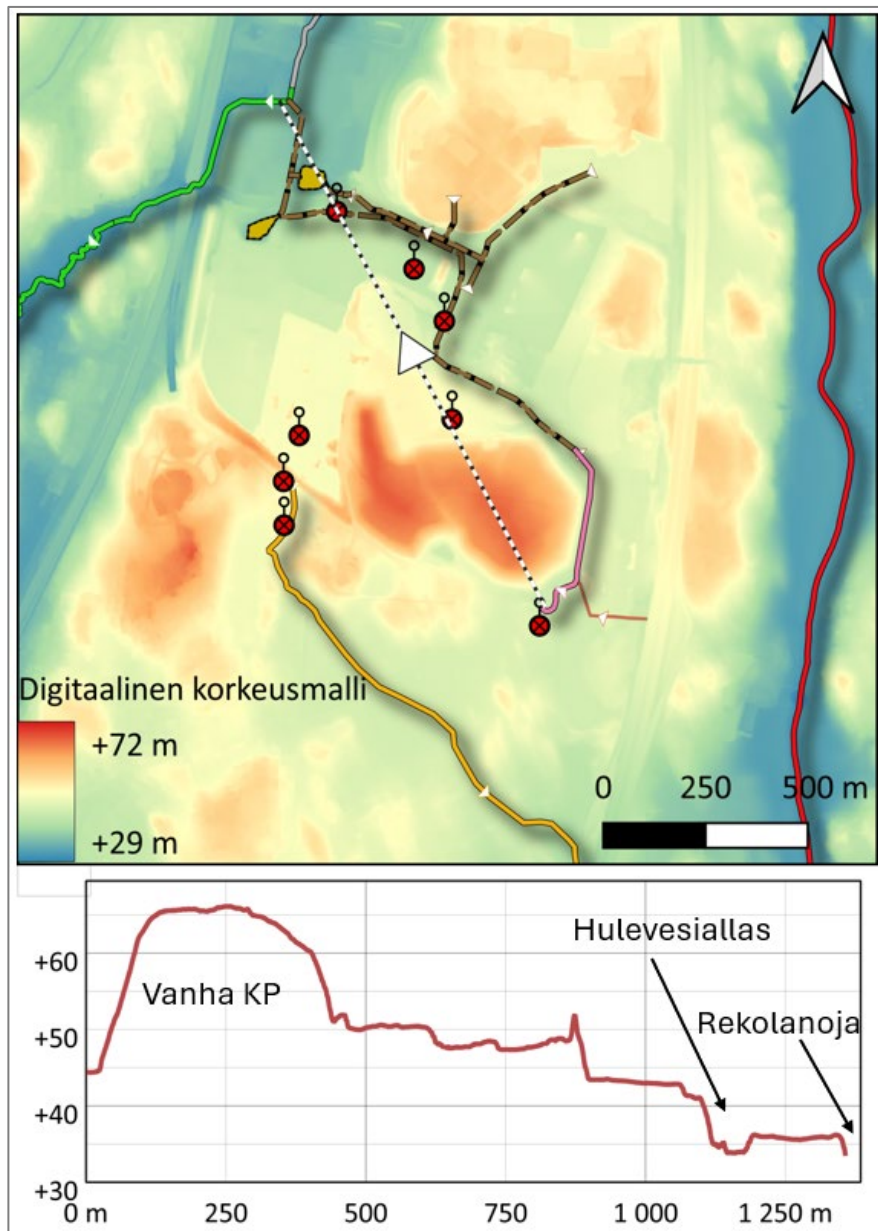
Rekolanoja kerää vetensä Nissinojan ja Myllyniitynojan (Vallinojan) latvapuroista, laskien lopulta Keravanjokeen Vantaalla. Rekolanojan valuma-alue ulottuu kolmen kunnan alueelle, latvapurojen laskiessa Tuusulasta Keravan Saviolle ja Vantaalle.

Savion jätehuoltoalueelta vedet laskevat Nissinojaan Karhuntassunojana. Jätehuoltoalueen eteläpuoleiselta metsäalueelta saa alkunsa Oljemarkinoja, joka virtaa Vantaan Leppäkorven alueelta Keravanjokeen ennen Rekolanojan yhtymäkohtaa. Kesän 2024 aikana Oljemarkinojassa virranneen veden määrä on usein erittäin vähäinen. Ojan näytepiste sijaitsi metsäalueen ja peltoaukean rajakohdassa, jossa uomassa oli virtausta kaikilla näytekerroilla. Ojaan ei kohdistunut hulevesikuormaa.

Jätehuoltoalueen pohjavedet

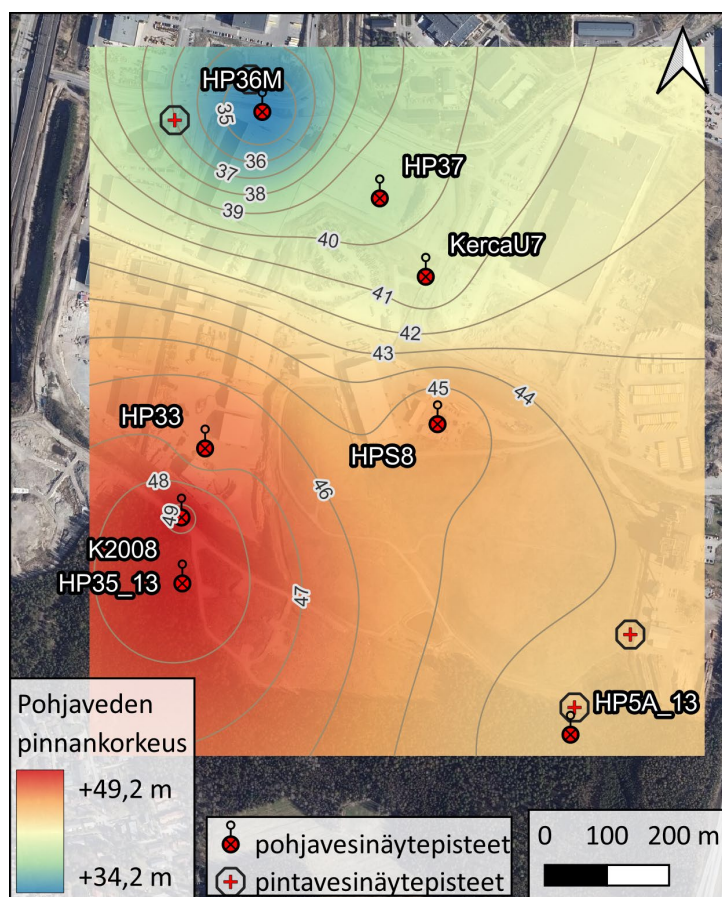
Rekolanojan valuma-alueella on neljä pohjavesialuetta; Vähä-Muorin ja Mätäkiven pohjavesialueet Tuusulassa ja Koivukylän sekä Valkealähteen pohjavesialueet Vantaalla. Rekolanojan yläosissa valuma-alue osuu osittain Hyrylän pohjavesialueen kanssa päällekkäin. Valkealähteen, Koivukylän, Mätäkiven ja Hyrylän pohjavesialueet ovat 1-luokan pohjavesialueita, ja Vähä-Muorin pohjavesialue on 2-luokan pohjavesialue. Määrälliseltä tilaltaan kaikki pohjavesialueet on luokiteltu hyvässä tilassa oleviksi, ja kemiallisen tilan osalta hyvässä tilassa ovat Vähä-Muori, Koivukylä ja Mätäkivi A. Hyrylän pohjavesialueen B-osa-alue on luokiteltu kemialliseen riskitilaan.

Jätehuoltoalue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella ja paikoin pohjavettä ei varastoidu maaperään lainkaan, koska kallionpinta on joko paljastuneena tai hyvin lähellä maanpintaa. Näin on etenkin välittömästi jätehuoltoalueen etelä- ja lounaispuolella. Alueen pohjaveden havaintoputkiverkosto on hyvin kattava, koostuen pääosin nimenomaan kalliopohjavesiputkista maakerrosten ollessa kovin ohuita. Pohjaveden virtaus noudattelee suurelta osin kallion ja maanpinnan korkokuvaa alueella ja suuntautuu pohjoiseen kohti Rekolanojaa (kuvat 8 ja 9). Maanpinta on alueella korkeimmillaan suljetuilla jätetäyttömäillä n. + 65 m, ja laskee luoteeseen kohti Nissinojaa n. tasolle 35 m.



Kuva 8. Jätehuoltoalueen maaston korkeusprofiili vanhan kaatopaikka-alueen ja Rekolanajan välillä osoittaa pintavesien virtaussuunnan olevan kohti Rekolanajan uoma.

Alueen eteläpuolen kalliopaljastumat toimivat pohjavedenjakajina. Pohjaveden laadun tutkimista varten otettiin näytteitä kahdeksasta pohjaveden havaintoputkesta eri puolilta jätehuoltoaluetta ja näytteenottojen yhteydessä tehtyjen pinnankorkeusmittausten perusteella pohjavesi oli korkeimmillaan jätehuoltoalueen lounaisosassa sekä heti Keravan suljetun kaatopaikan pohjoispuolella (+ 47–49 m), josta pohjaveden pinta laski pohjoiseen päin huomattavasti (+ 34 m). Putken HP36M kohdalla pohjaveden pinnankorkeus oli lähellä Nissinojan korkeustasoa.



Kuva 9. Hankkeen aikana pohjavesinäytteenoton yhteydessä mitattujen pohjaveden pinnankorkeuksien perusteella laadittu pohjaveden pintamalli.

4.1 Näytteenotto ja PFAS-yhdisteiden analysointi

Hankkeen näytteenottosuunnitelman ja näytteenoton tekivät Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry:n hankkeen tutkijat, jotka ovat myös vesi- ja vesistönäytteenottoon henkilösertifioituja näytteenottajia, joilla on aikaisempaa kokemusta PFAS-näytteiden ottamisesta. Savion alueen uomat olivat pieniä ja pintavesinäytteet voitiin ottaa suoraan pulloihin, joka vähensi mahdollista kontaminaatiota. Pohjavesinäytteenottomenetelmän kuvaus on esitelty kappaleessa 4.3.

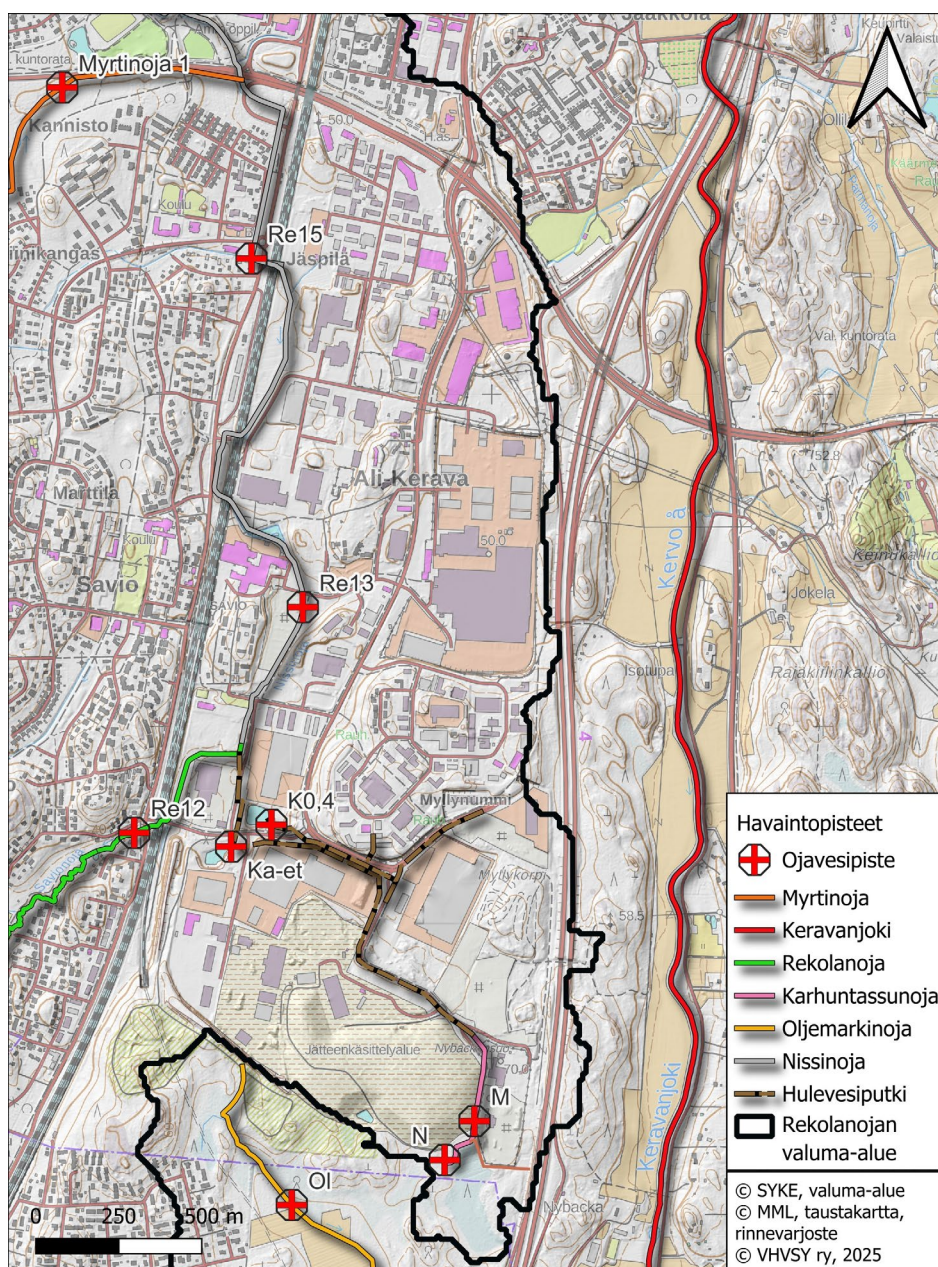
Näytteet analysoitiin ALS-konsernin laboratoriossa, jotka kaikki ovat ISO 17025 standardin mukaisesti akkreditoitu. Näytteiden PFAS-analyysipaketti oli laaja sisältäen 51 yhdistettä (Liite 1). Näytteiden analyysimenetelmät olivat LC-MS/MS/US EPA 537 tai CSN P CEN/TS 15968. Näytteiden analysoinnista vastasi ALS Czech Republic ja menetelmä oli akkreditoitu (Akkreditointinumero: 1163, CSN EN ISO/IEC 17025:2018). Analyysissa yhdistekohtainen PFAS-pitoisuus saa olla korkeintaan 20 ng/l. Osaa otetuista PFAS-näytteistä jouduttiin laboratoriossa laimentamaan analyysin onnistumiseksi. Puhtaimmissa vesistönäytteissä analyysien määritysrajat ovat siten alempia kuin kuormittuneimpien alueiden vesissä. Havaintokertojen välillä oli myös eroja.

Myrtinojan, Nissinojan havaintopaikkojen Re13 ja Re12 sekä Karhuntassunoja (K0,4) PFAS-tulokset on viety Syke/Avoin tieto -palvelun Hertta-tietokantaan.

4.2 Pintavesien PFAS-kartoitus

Savion ja Ali-Keravan alueet ovat olleet jo pitkään monipuolisessa teollisuuskäytössä, ja alueella on ollut tai on edelleen toimintaa, joilla voi olla vaikutusta Rekolanojassa havaittuihin PFAS-pitoisuuksiin. Savion jätehuoltoalueelta vedet laskevat Karhuntassunojana Nissinojaan, jonka jälkeen uoma on nimetty Rekolanojaksi.

Rekolanojan valuma-alueen yläosan tilanteen kartoittamiseksi otettiin PFAS-näytteitä Myrtinojasta (My1), Oljemarkinojasta (OI) sekä Nissinojan tarkkailupaikoilta (Re15 ja Re13). Syksyllä kartoitukseen lisättiin Nissinojan havaintopaikka Re15. Pintavesinäytteiden havaintopaikat on esitelty taulukossa 1 ja kuvassa 10.



Kuva 10. Hankkeen pintaveden havaintopisteet Savion jätteenkäsittelyalueella, Rekolanojassa, sekä Myrtinojassa.

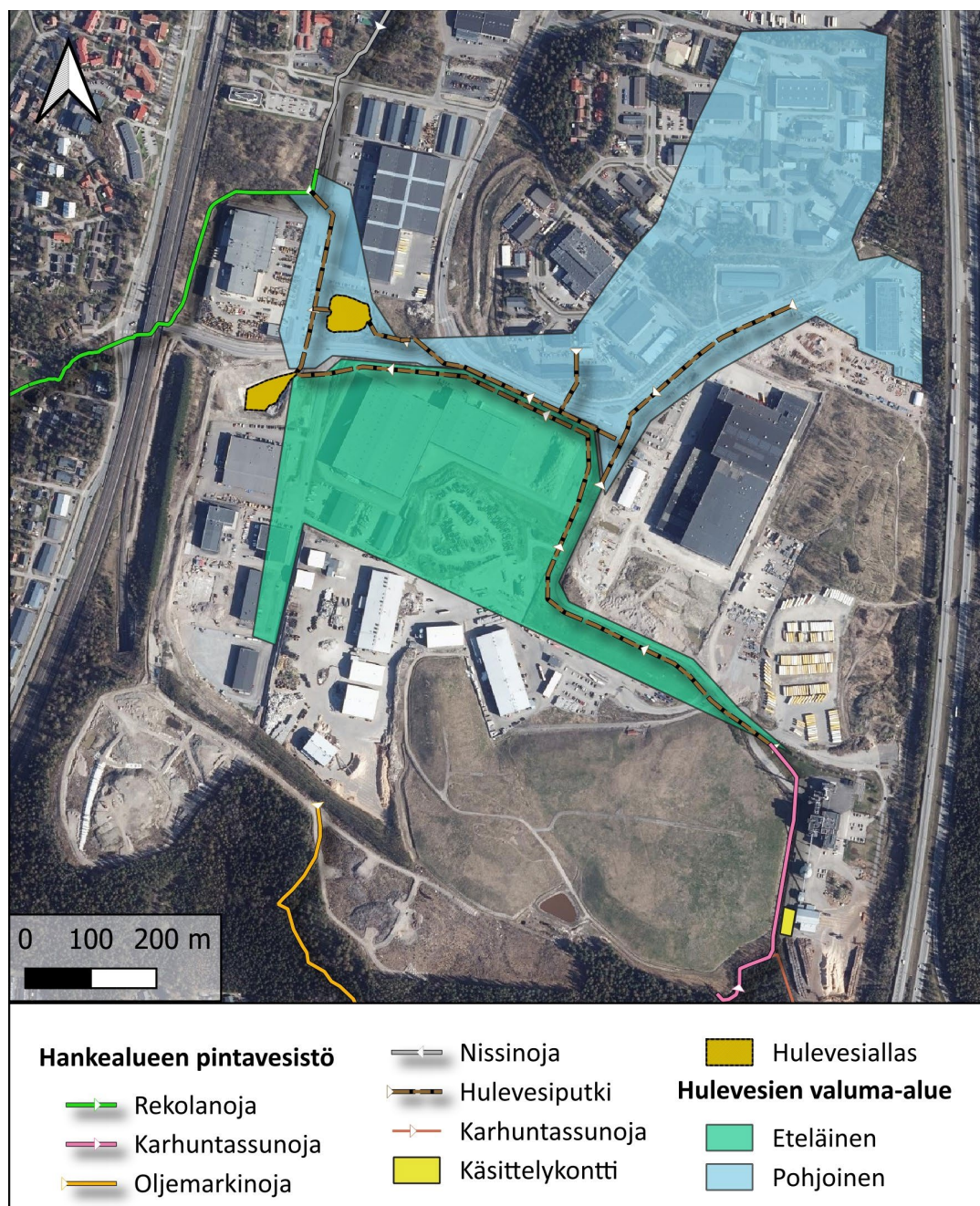
Taulukko 1. Levinneisyyskartoituksen pintavesihavaintopaikat.

Havaintopaikka	Näytteiden lukumäärä	Näytteenottoajan- kohdat
N (Karhuntassunojan alkupiste)	7 näytettä ja 2 TOP-analyysia	15.8.2024, 27.8.2024, 9.9.2024, 16.9.2024, 10.10.2024, 31.10.2024 (TOP), 5.11.2024, 17.1.2025 (TOP), 27.3.2025
M (Karhuntassunoja itäisen haaran liittymän jälkeen)	1 näyte	27.3.2025
Ka-et (Karhuntassuntien eteläpuoleinen hulevesiallas)	2 näytettä ja TOP-analyysi	14.11.2024, 17.1.2025 (TOP), 27.3.2025
Karhuntassunoja 0,4 (K0,4)* ETRS-TM35FIN 6694660–395353 (Karhuntassuntien pohjoispuoleinen hulevesialtaan tulo)	4 näytettä ja TOP-analyysi	15.8.2024, 16.9.2024, 10.10.2024, 17.1.2025 (TOP), 27.3.2025
Myrtinoja 0,5 (Myrtti 1)* ETRS-TM35FIN 6696881–394562 Tuusulan puroseurannan havaintopaikka	3 näytettä	27.8.2024, 10.10.2024, 27.3.2025
Re15 (Nissinoja) ETRS-TM35FIN 6696400-395314 (Nissinoja, ennen Ali-Keravan alueen vesiä)	3 näytettä	9.9.2024, 10.10.2024, 27.3.2024
Rekolanoja 13,4 (Re13)* ETRS-TM35FIN 6695113–395303 (Savion jätehuoltoalueen kuormituksen tarkkailun taustahavaintopaikka Nissinojassa)	4 näytettä ja TOP-analyysi	15.8.2024, 16.9.2024, 10.10.2024, 17.1.2025 (TOP), 27.3.2025
Rekolanoja 12,9 (Re12)* ETRS-TM35FIN 6694698 - 394954 (Savion jätehuoltoalueen kuormituksen tarkkailun havaintopaikka Savionojassa)	4 näytettä ja TOP-analyysi	15.8.2024, 16.9.2024, 10.10.2024, 17.1.2025 (TOP), 27.3.2025
Oljemarkinoja (OI) ETRS-TM35FIN xxx Jätehuoltoalueen eteläpuolella, laskee Keravanjokeen	3 näytettä	15.8.2024, 16.9.2024, 10.10.2024

*havaintopaikka Syke / Avoin tieto -palvelussa

Nissinojaan laskevan Karhuntassunojan alue muuttui Keravan Kercan teollisuusalueen tonttien rakentamisen yhteydessä. Alueen kunnallistekniikka laajeni ja samalla pääosa (1,1 km) Karhuntassunojaa putkitettiin. Savion jätehuoltoalueen hulevedet virtaavat avouoman jälkeen hulevesiverkostossa Myllykorventien ja Karhuntassuntien suuntaisesti ja laskevat Sortilantien ali sen länsipuolella olevaan hulevesialtaaseen. Samaan hulevesilinjaan puretaan lähes koko Kercakorttelin vedet (kuva 11). Karhuntassuntien pohjoisreunassa on myös toinen hulevesilinja, johon johdetaan alueen poispuolen alueen, mm. Myllynummen alueen vedet. Nämä vedet laskevat Karhuntassuntien pohjoispuolen viivytysaltaaseen, joka oli ennen verkoston rakentamista Karhuntassunojan päävirtausreitti. Molemmista kosteikoista vedet ohjataan yhteisessä putkilinjassa, joka laskee Nissinojaan. Eteläpuoleisen hulevesialtaan valuma-alueen pinta ala on noin

127 ha ja pohjoisemman altaan noin 220 ha. Näytteenottokerroilla pohjoisen altaan tulovirtaama on ollut myös selvästi eteläistä allasta suurempi.



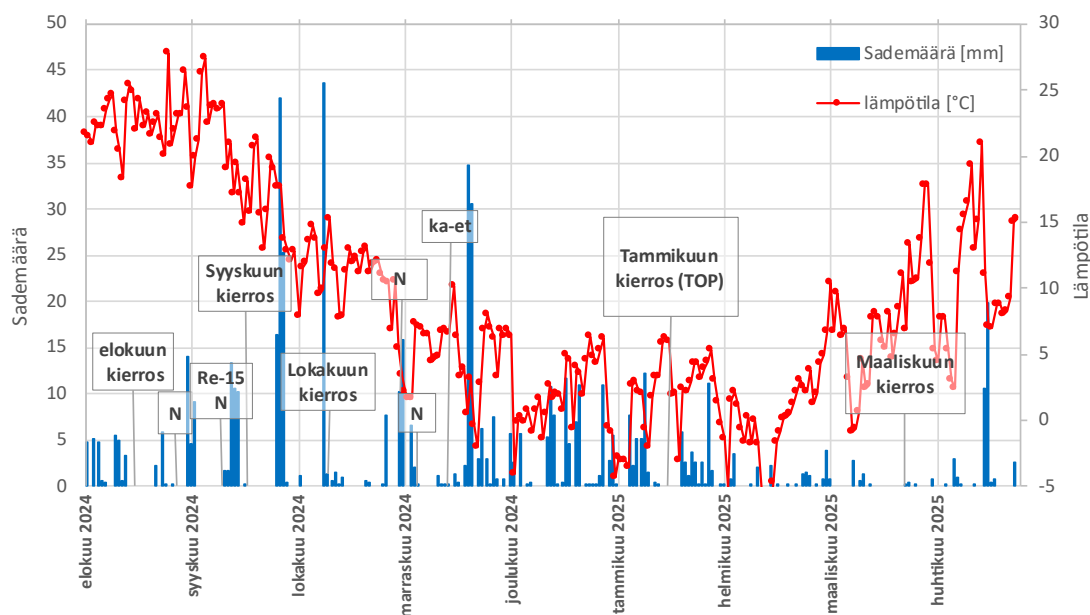
Kuva 11. Karhuntassuntien pohjois- ja eteläpuoleisten hulevesialtaiden hulevesiverkoston valuma-alueet ja lähialueen pintavesistö.

Karhuntassunojan näytteenottopiste (N) sijaitsee heti ojan alussa, johon purkautuu lähialueen valumavesiä sekä suotovesiä jätetäyttöjen alta. Nämä suotovedet tulevat putkessa, joka on nykyisin näkymättömissä. Putkesta virranneen veden voima sai aikaan runsasta poreilua pisteellä N ajoittain. Maaliskuussa 2025 otettiin näyte myös noin 450 m Karhuntassunojan alkupisteestä alavirtaan päin kohdasta, jossa ojaan on liittynyt toinen vastaavankokoinen oja idän suunnalta. Havaintopaikka oli Karhuntassunoja M. Tästä eteenpäin uoma virtaa putkitettuna

Myllykorventien alla, ja edelleen hulevesiviemärinä luoteeseen purkautuen Karhuntassuntien eteläpuoleiseen hulevesialtaaseen (K-et).

Hankkeen alussa oletettiin, että kaikki Karhuntassunojan vedet virtaavat Karhuntassuntien pohjoispuolen hulevesialtaan kautta ja kosteikkoon laskevista vesistä, vanhalta tarkkailun havaintopaikalta K 0,4, otettiin näytteet neljä kertaa. Hulevesiverkoston linjausten tarkentuessa, mm. kahden rinnakkaisen hulevesilinjan osalta, näytteenottoon lisättiin marraskuusta alkaen nk. eteläisen altaan tuloputki.

Pintavesien näytteenottoajanjakso alkoi elokuussa 2024 alivesikaudella. Syys- ja lokakuun näytteet otettiin runsassateisen ajanjakson jälkeen. Tammikuussa ennen näytteenottoajankohtaa sademäärät pysyivät maltillisina, mutta lauhalla sääjaksolla oli valuntaa. Viimeiset näytteet otettiin maaliskuun lopulla 2025, jolloin ajankohdasta huolimatta oli kuivaa ja uomissa virtasi sade- ja roudan sulamisvettä (Kuva 12).



Kuva 12. Hankejakson lämpötila ja sademäärä (tiedot: Ilmatieteen laitos 30.4.2025).

PFAS-yhdisteet Rekolanojan latvapuroissa

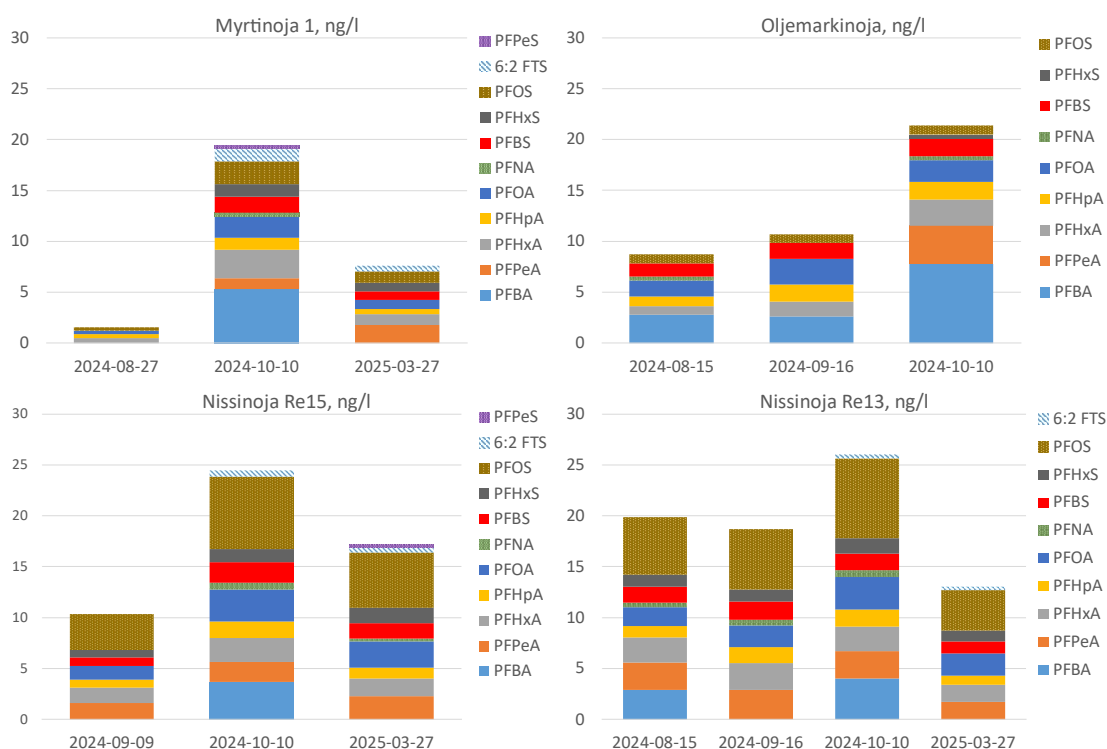
Elokuussa Myrtilinjassa 51 PFAS-yhdisteestä havaittiin neljää yhdistettä, joiden yhteispitoisuus oli 1,56 ng/l. Lokakuun sateiden jälkeen uomaan oli huuhtoutunut 11 yhdistettä, yhteensä 19,5 ng/l. Näytteessä oli runsaasti mm. PFBA-, PFHxA-, PFOA- ja PFOS-yhdisteitä. Maaliskuussa 2025 näytteessä PFOS-pitoisuus oli selvästi koholla (1,1 ng/l), mutta tässä näytteessä PFBA jäi alle analyysin määrittämissärajat 2 ng/l (kuva 13).

Nissinojan yläjuoksulla (Re15) todetut PFAS-yhdisteet olivat samoja kuin Myrtilinjassa, mutta pitoisuudet olivat selvästi korkeampia. Selvää nousua oli etenkin PFOS-pitoisuudessa. PFBA-yhdistettä esiintyi vain lokakuun näytteessä. Nissinojan alajuoksun tarkkailupaikalla (Re13) todetut yhdisteet olivat samoja kuin yläjuoksulla todetut, ja pitoisuudet olivat samaa tasoa havaintopaikan Re15 kanssa.

Oljemarkinojan vertailualue

Keravanjokeen laskevassa Oljemarkinojassa PFAS₅₁-yhdisteitä todettiin 8,7–21,38 ng/l, selvästi eniten lokakuussa, jolloin sateiden jälkeinen valunta oli voimistunut. Kesän näytteissä todettiin seitsemää yhdistettä, lokakuussa yhdeksää. Tällöin näytteessä todettiin uusina yhdisteinä melko runsaana PFPeA ja vähän PFHxS-yhdistettä (kuva 13). Oljemarkinojassa PFOS-yhdisteen pitoisuudet (0,82–0,88 ng/l) olivat tasaisia ja ylittivät AA-EQS-raja-arvon 0,65 ng/l.

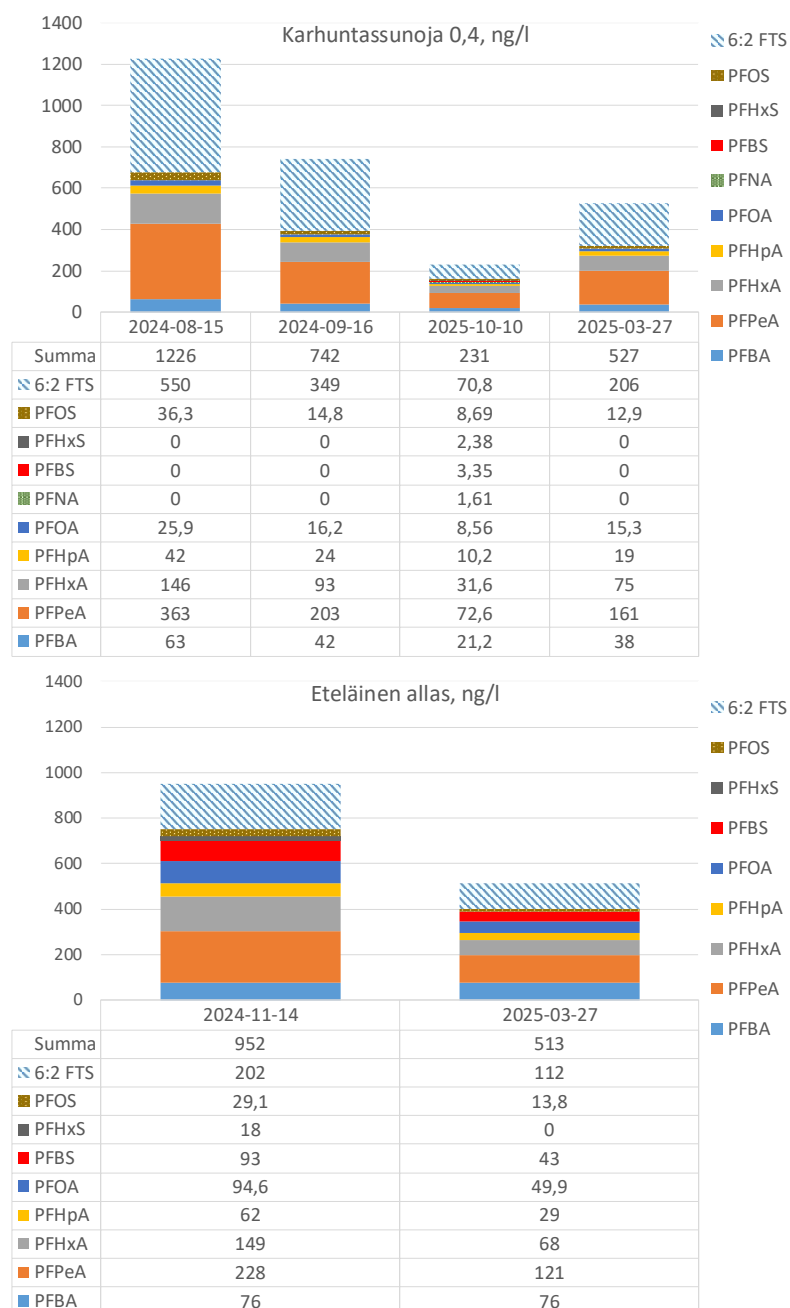
Oljemarkinojan PFAS-pitoisuudet olivat hieman Myrtinojaa korkeampia, mutta PFOS-pitoisuudet keskimäärin alempia. Myrtinojaan ja Nissinojan yläjuoksuun verrattuna Oljemarkinojassa ei todettu PFPeS- ja 6:2 FTS-yhdisteitä.



Kuva 13. PFAS₅₁-analyysissä todetut yhdisteet havaintopaikoittain Myrtinojassa, Nissinojassa ja Oljemarkinojassa. Näytteenottopäivät vaihtelevat hieman havaintopaikkojen välillä.

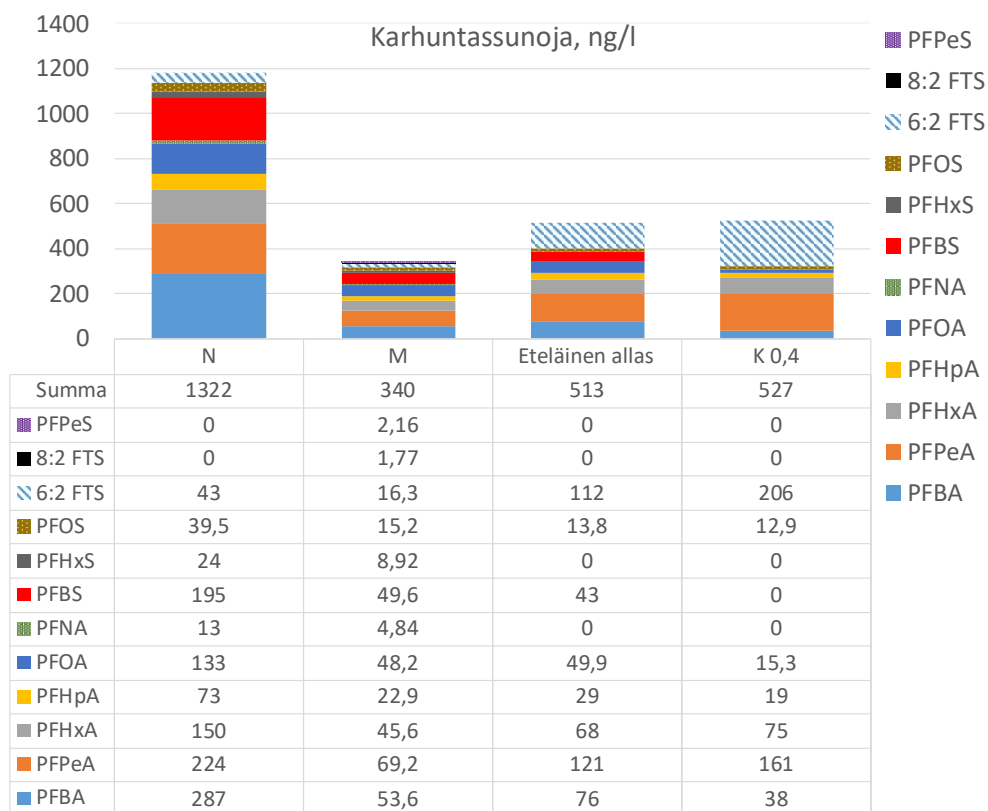
Karhuntassunojan alue

Karhuntassuntien hulevesialtaiden havaintopaikoilla K0,4 ja Eteläinen allas analyysien määrittämisraja oli pääosin < 10 ng/l, lukuun ottamatta lokakuun K0,4 näytettä, jossa se oli alempi. Tässä näytteessä PFAS₅₁-yhdisteitä todettiin kymmenen, muissa näytteissä havaintopaikalla K0,4 seitsemän ja Eteläisessä altaassa yhdeksän, myös PFHxS ja PFBS. PFBS-yhdistettä Eteläisessä altaassa oli 43–93 ng/l ja havaintopaikalla K0,4 kaikissa näytteissä alle analyysin määrittämisrajan (10 ng/l), paitsi lokakuussa 3,35 ng/l (Kuva 14).



Kuva 14. PFAS₅₁-analyysissä todetut yhdisteet havaintopaikoittain Karhuntassunojan hulevesialtaisiin tulevissa vesissä. Karhuntassunoja 0,4 = pohjoisen puoleiseen hulevesialtaaseen tulevan veden näytepiste.

Havaintopaikkojen näytteenottoajankohdat poikkesivat toisistaan maaliskuun 2025 näytekertaa lukuun ottamatta. Havaintopaikalla K0,4 PFAS-yhdisteiden summapitoisuus (231–1226 ng/l), ka. 682 ng/l oli lähes Eteläisen altaan pitoisuuksia (513–952 ng/l) vastaava. Karhuntassunojan yläjuoksun keskipitoisuuksiin (piste N: ka. 4413 ng/l) verrattuna vedet olivat laimentuneet 6–7-kertaisesti. Maaliskuussa 2025 otettiin näyte myös Karhuntassunojasta Myllykorventien kohdalta. Virtaama oli pieni ja pitoisuudet selvästi havaintopaikkaa N alempia ilmeisesti laimentavien pintavaluntavesien vaikutuksesta (Kuva 15). Vaikka ojaan oli yhtynyt sivu-uoma, virtaus oli vähäinen. Ainakin osin tämä johtui ojan tukkeutumisesta mm. umpeenkasvun ja siihen talvella kasatun lumen mukana tulleesta kuorikkeesta. On ilmeistä, että alueen vesiä virtasi pintakerrosvaluntana ympäristöön.



Kuva 15. PFAS₅₁-analyysissä todetut yhdisteet havaintopaikoittain Karhuntassunojassa (N ja M), sekä hulevesialtasiin tulevissa vesissä 27.3.2025.

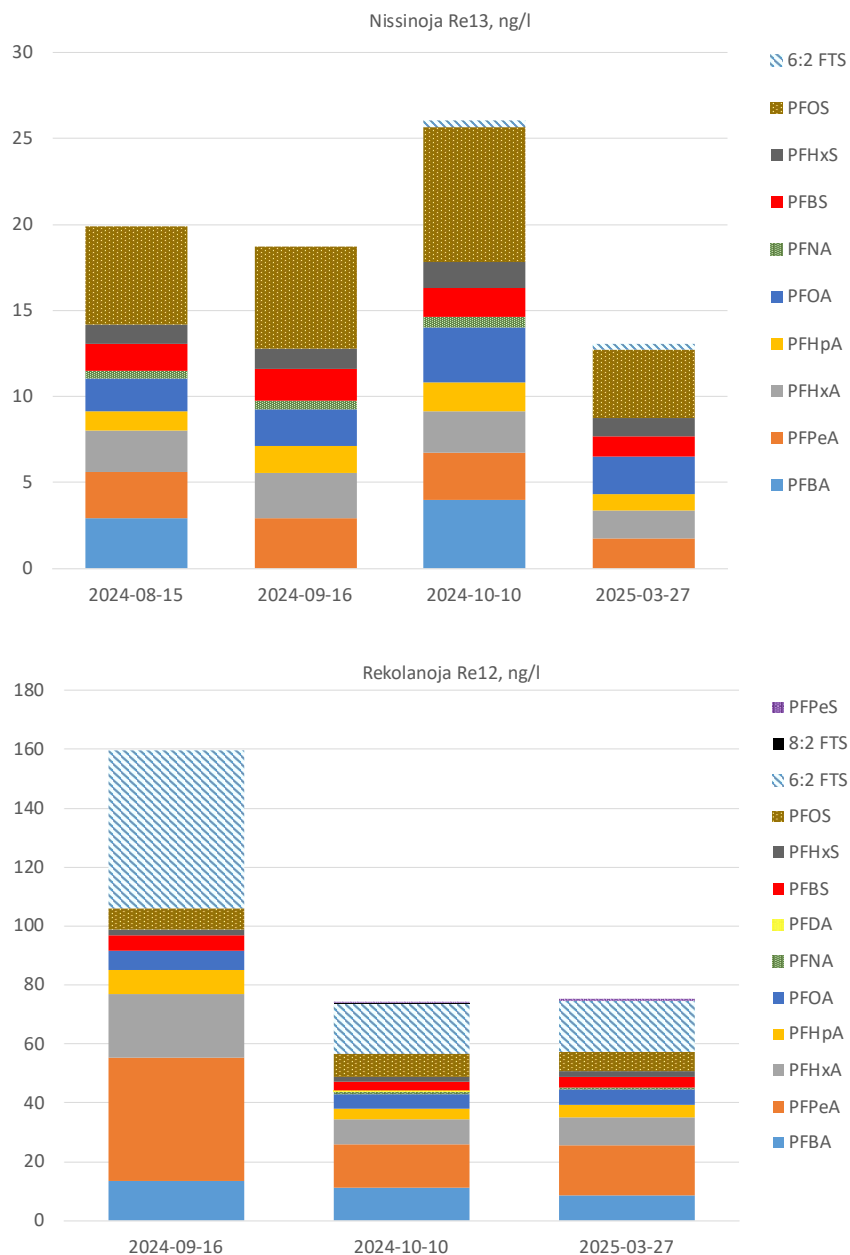
Karhuntassuntien varressa oleviin hulevesialtasiin tulevien vesien PFAS-pitoisuudet olivat erittäin korkeita ja yhdistejakauma molemmissa altaissa lähes samankaltainen. Eteläpuolen hulevesialtaan näytteissä esiintyi kuitenkin huomattavan suuria pitoisuuksia yhdistettä PFBS, joka oli myös merkittävä komponentti kaatopaikan suotovedessä. PFBS ei sen sijaan havaittu yhtä näytettä lukuun ottamatta Karhuntassuntien pohjoispuolen altaassa ollenkaan. Hulevesiverkostokarttojen perusteella Savion jätehuoltoalueen vedet johdetaan nykyään nk. eteläiseen hulevesialtaaseen. Eteläpuolen vesiä kokoavan hulevesiverkoston ala on teoriassa pohjoista allasta pienempi, mutta jätehuoltoalueen itäpuolen vedet keräävä Karhuntassunoja valuma-alueineen ei ole laskettu mukaan hulevesiverkostoon. Syy havaintopaikan K0,4 korkeisiin PFAS-pitoisuuksiin on epäselvä, sillä Karhuntassunojan pohjoispuolen Myllynummen alueella ei ole tunnistettua PFAS-kuormituslähdettä. Kosteikkoon tuleva virtaama oli näytekerroilla huomattavan vuolas, verrattuna myös eteläisen altaan tulovirtaamaan. Ehkä jäteaseman alueelta tulee vesiä myös pohjoiseen altaaseen, joka oli Karhuntassunojan vanha purkureitti ennen hulevesiverkoston rakentamista.

Karhuntassunojan vaikutus Nissinojassa

Karhuntassunojaa pitkin Savion jätehuoltoalueelta tulevien vesien vaikutusta Nissinojan tilaan tarkkaillaan havaintopaikoilla Re13 (yläpuoli) ja Re12 (alapuoli). Tässä hankkeessa vertailukelpoisilla määritysrajoilla analysoituja saman näytekerroksen näytteitä oli kolme (kuva 16).

Nissinojan havaintopaikalla Re13 PFAS-yhdisteitä todettiin 10, todettujen yhdisteiden yhteispitoisuuden ollessa 12,7–25,6 ng/l. Runsain yhdiste näytteissä oli PFOS. Karhuntassunojan vaikutusalueen alapuolella Nissinojassa (Re12) todettujen PFAS-yhdisteiden määrä kasvoi, ollen enimmillään 13. Yhdisteiden yhteispitoisuudet (75–160 ng/l) olivat moninkertaisia havaintopaikkaan Re13 verrattuna (kuva 16). Runsaimpina yhdisteinä havaintopaikalla Re12 todettiin PFPeA ja 6:2 FTS.

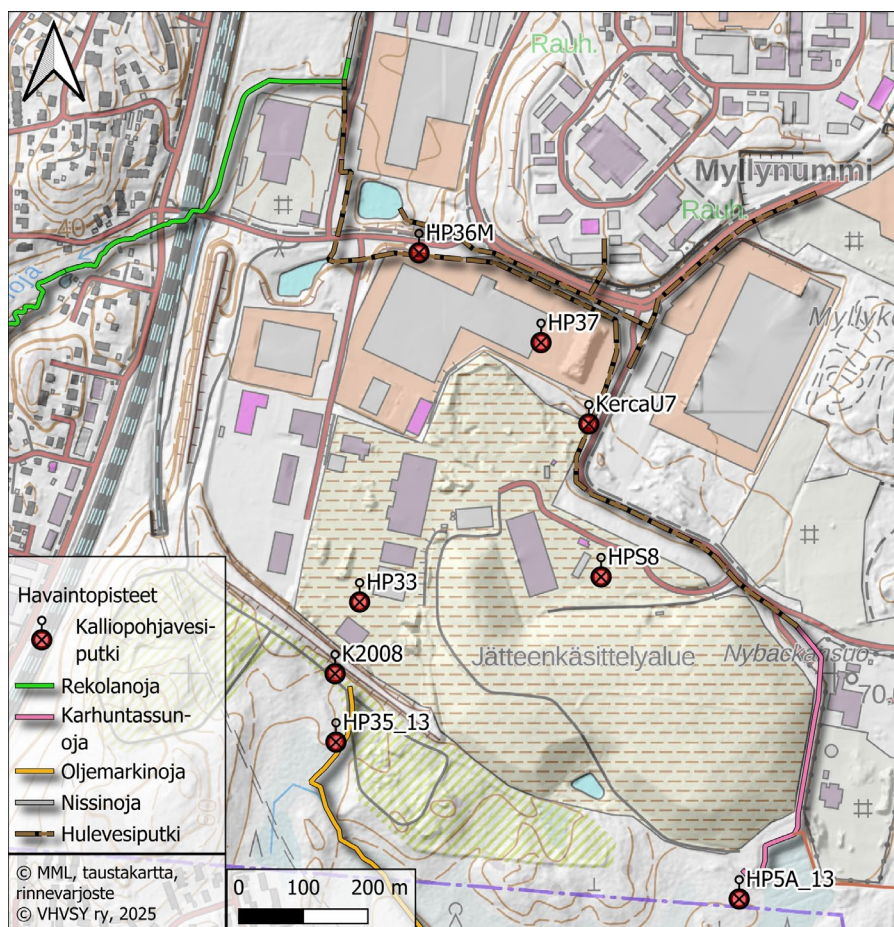
Elokuussa havaintopaikan Re12 näyte analysoitiin muita kertoja korkeimmilla määrittämissä rajoilla, ja näytteessä havaittiin vain kuutta yhdistettä, mutta summapitoisuus (291 ng/l) oli korkea. Eniten oli PFPeA (117 ng/l) ja 6:2 FTS (95 ng/l). Vastaavalla näytekerralla otetussa K0,4-havaintopaikalla olleessa vedessä PFAS-yhdisteiden yhteispitoisuus (1226 ng) oli havaintopaikan korkein. Näytteessä oli paljon PFPeA- (363 ng/l) ja 6:2 FTS- yhdisteitä (550 ng/l).



Kuva 16. PFAS₅₁-analyysissä todetut yhdisteet Nissinojan / Rekolanojan havaintopaikoilla. Näiden välissä uomaan laskevat Karhuntassunojan vedet. Huom! Y-akselit eri mittakaavassa.

4.3. PFAS-yhdisteet alueen pohjavesissä

Savion jätteenkäsittelyalueen pohjaveden PFAS-pitoisuuksia tutkittiin kahdeksasta pohjaveden havaintoputkesta (8 näytettä) loka-marraskuun aikana (Kuva 17). Putket, joista näytteitä otettiin, valittiin sijainnin ja käyttökelpoisuuden sekä saatavilla olleiden esitietojen, kuten kairauskorttien ja aiempien vedenlaatutulosten perusteella. Kaikki hankkeessa käytetyt näytteenotto-putket ovat mukana Savion jätehuoltoalueen pohjaveden laadun ja pinnankorkeuden säännöllisessä tarkkailussa. Näytteiden edustavuus varmistettiin tekemällä esipumppaus (vähintään kolme kertaa havaintoputken vesitilavuus) ennen varsinaisen näytteenoton aloittamista. Näytteet otettiin käyttäen kertakäyttöisiä PE-näytteenottoletkuja. Pohjavesinäytteiden pumppausjärjestyksessä huomioitiin aiemmat tiedot, joiden perusteella PFAS-yhdisteitä tiedettiin esiintyvän erityisesti alueen pohjoispuolella, havaintoputkessa KERCA U7, ja näytteenotot aloitettiin eteläpuolen havaintoputkista. Näytteet otettiin käyttäen Proactive Environmental Productsin valmistamaa Hurricane XL® uppopumppua, jossa pumpun runko on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Pumppu huuhdeltiin vesijohtovedellä jokaisen näytteenottopisteen välillä kontaminaation riskin minimoimiseksi. Kaikille näytteenottoputkille oli saatavilla putkikortit, joiden mukaan näytteet pyrittiin ottamaan putken siiviläosasta. Kaikissa näytteenottoputkissa siivilät ulotuivat havaintoputken pohjalle asti.



Kuva 17. Pohjavesinäytteiden havaintopaikat

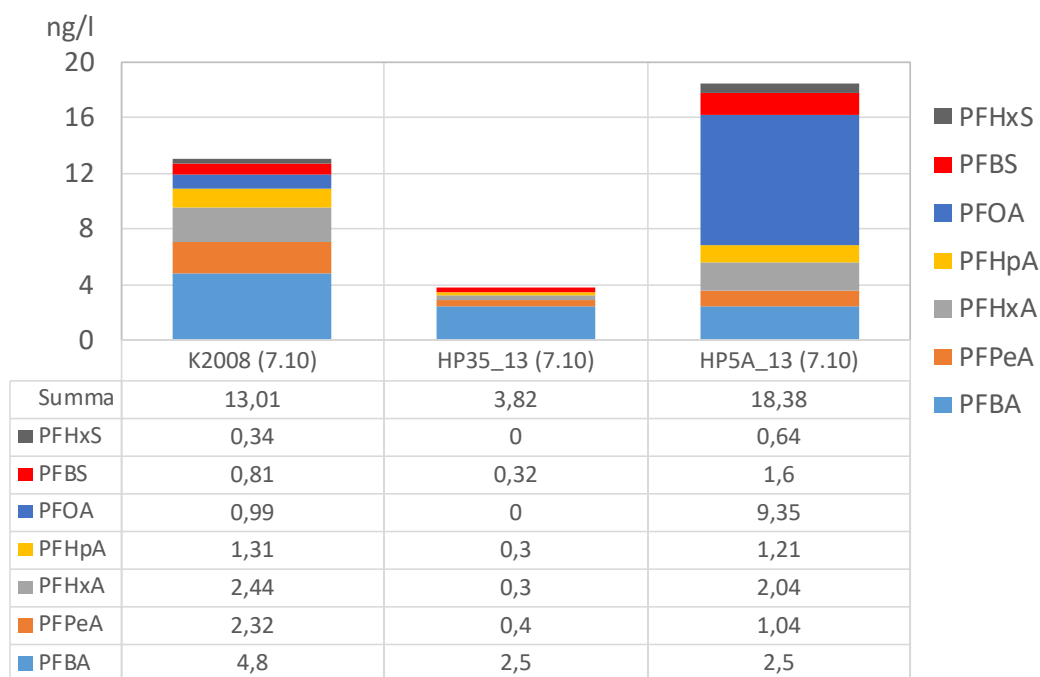
Näytteenoton aikana mitattiin kenttämittarilla (YSI ProQuatro) pohjaveden laatua (lämpötila, pH, ORP, sähkönjohtavuus), millä varmistettiin veden laadun tasaantuminen pumppauksen edetessä. Kenttämittausten tulokset, aistinvaraiset havainnot (haju, sameus ja ulkonäkö), sekä pohjaveden pinnankorkeus kirjattiin näytteenoton havaintolomakkeisiin (liite 2). Näytteenottoajan kohtana loka-marraskuussa useissa putkissa pohjaveden pinta oli tavallisen vaihteluvälin puitteissa lähellä vuoden keskimääräistä vedenkorkeutta. Lokakuun näytteenottoajankohtaa (7.10.) ennen oli satanut runsaasti 10 päivää aiemmin. marraskuun näytteenottopäivää (19.11.) edelsi parin viikon hyvin vähäsateinen kausi. Pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa pohjaveden pinnat vaihtelevat putkissa noin puolesta metristä metriin vuodenajan mukaan. Havaintoputkessa HP35_13, joka sijaitsee metsässä jätehuoltoalueen lounaispuolella, pohjaveden pinta vaihtelee muita pisteitä voimakkaammin, jopa 1,5 metriä vuodessa (FCG 2022).

Kahdeksasta näytepisteestä otettujen näytteiden PFAS-summapitoisuudet vaihtelivat välillä 3,82–2749 ng/l. Jätehuoltoalueen pohjoispuolelta ja eteläpuolelta otettujen näytteiden välisissä PFAS-pitoisuuksissa on havaittavissa huomattava ero. Pohjoispuolelta otetuissa näytteissä esiintyi hyvin korkeita PFAS-pitoisuuksia, kun eteläpuoleisissa näytteissä yhdisteiden pitoisuudet olivat merkittävästi matalampia. Σ_{51} -PFAS pitoisuus oli suurin jätetäytön (vanhan kaatopaikan) pohjoispuolella sijaitsevassa pohjavesiputkessa HPS8 (2749 ng/l), mitä kohti myös alueen pohjavedet virtaavat. Eniten eri PFAS-yhdisteitä (10 kpl) sen sijaan havaittiin havaintoputkessa KERCA U7. PFAS-pitoisuudet olivat korkeita myös havaintoputkissa HP37, HP36M ja HP33 (943–2554 ng/l).

Jätehuoltoalueen eteläpuolen pohjavedet

Jätehuoltoalueen eteläpuolella kallion pinta on hyvin lähellä maanpintaa, eikä alueella sijaitse näytteenottoon soveltuvaa maapohjavesiputkea. Putki HP5A_13 sijaitsee vain n. 50 metrin päästä Karhuntassunojan alkupisteestä, missä suljetun kaatopaikan suotovedet purkautuvat ojauomaan. Alueen säännöllisessä pohjavesitarkkailussa putkessa ei ole havaittu kaatopaikkavaikutusta. Putki K2008 on sijoitettu suljettujen jätteidenläjitysalueiden lounaispuolella kulkevan mursketien viereen ja alueen pohjavesitarkkailussa on esiintynyt kaatopaikkavaikutusta mm. kohonneina sinkin, VOC-yhdisteiden, fenolien ja öljyjen pitoisuuksina. Putki HP35_13 sijaitsee jätehuoltoalueen eteläpuolella sijaitsevan metsäalueen reunamilla, aivan Oljemarkinojan alkupisteen läheisyydessä. Putkessa ei ole havaittu kaatopaikkavaikutusta.

Kaatopaikan eteläpuolen pohjavesinäytteissä havaitut PFAS-yhdisteet olivat enimmäkseen lyhytketjuisia PFCA-ryhmään kuuluvia yhdisteitä, mutta myös PFBS ja PFHxS tavattiin. Suurimpina pitoisuuksina tavattiin PFBA ja summapitoisuudeltaan putken HP5A_13 näyte oli suurin (Kuva 18). Kyseisessä putkessa havaittiin selkeästi suurempi pitoisuus PFOA:a kuin kahdessa muussa eteläpuolen näytteessä. Eteläpuolen pohjavesinäytteissä ei tavattu vesiympäristössä yleisimmin esiintyvää yhdistettä PFOS eikä kaatopaikkatoimintaan tavallisesti liittyviä PFAS-prekursoriyhdisteitä kuten 6:2 FTS ja Savion tapauksessa myöskään 5:3 FTCA.



Kuva 18. Jätehuoltoalueen eteläpuoleisten pohjavesinäytteiden PFAS-pitoisuudet.

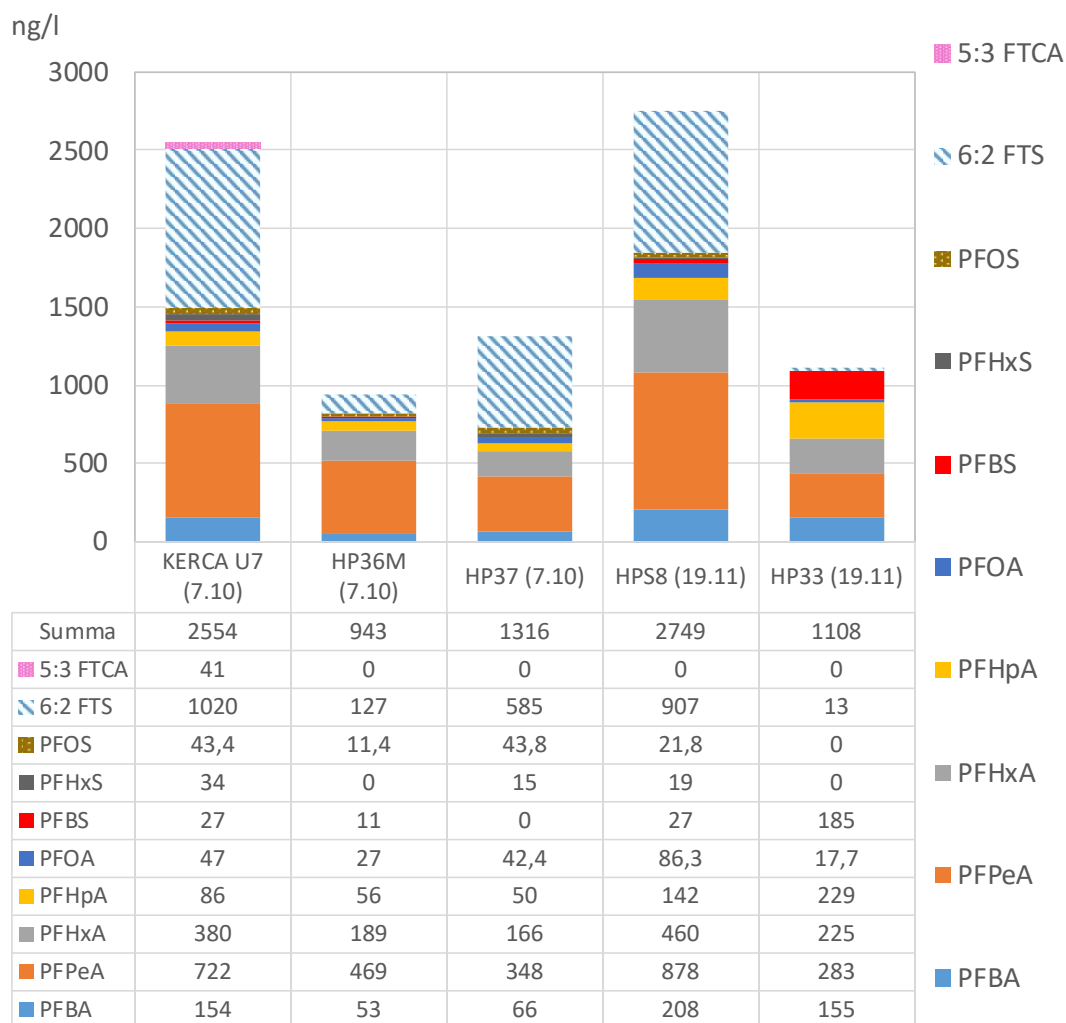
Jätehuoltoalueen pohjoispuolen pohjavedet

Havaintoputket KERCA U7, HP37 sekä HP36M sijaitsevat Karhuntassunojaan ja Karhuntassuntien liittyen hulevesirakenteiden lähellä jätehuoltoalueen pohjoispuolella. Putken KERCA U7 kohdalla on historiallisten ilmakuviin perusteella sijainnut 1960-luvulla pelto-oja ja sittemmin 1990-luvulta 2010-luvun alkuun alueen hulevesien purkuojana toiminut uoma, eli alkuperäinen Karhuntassunojan uoma. 2010-luvulla putken viereen perustettiin alueen hulevesien käsittelyyn liittyvät viivytysallas, joka oli toiminnassa ainakin vuoteen 2015 asti. Sittemmin hulevedet on johdettu putkeen ja viivytettäväksi lähempänä Nissinojaa ja aikaisemman avouoman ja hulevesialtaan kohdalle on rakennettu logistiikkaan liittyviä rakennuksia. Alueella nykyisin sijainneiden logistiikkarakennuksien kohdalla sijaitsi asemakaavavaiheen pohjavesiselvityksen mukaan suuri kalliokynnys, joka osittain padotti pinta- ja pohjavesiä ennen kynnyksen louhintaa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2014). Putkien HP37 ja HP36M kohdalla on aiemmin sijainnut lähinnä joutomaata, mutta putken HP36M länsipuolella 20 metrin päässä on sijainnut myös hule- tai työmaa-vesien viivytysallas ainakin vuosina 2009–2013. Havaintoputken KERCA U7 siiviläosa on asennettuna silttikerrokseen, sijoittuen osin alla olevaan ohueen sorakerrokseen ennen kalliota ja putken HP37 siiviläosa sijoittuu pääosin kallioon, mutta sen yläosassa on silttiä ja pinnassa täytömaata. Havaintopiste HP36M on nimestään huolimatta kairauskortin perusteella kalliopohjavesiputki, kuten myös sen vieressä sijaitseva putkipari HP36K.

Havaintopiste HP33 sijaitsee jätetäytön länsipuolella, edelleen aktiivisessa käytössä olevalla jätehuoltoalueella asfalttipinnan alla ja putki HPS8 sijaitsee Keravan kaupungin suljetun kaatopaikan pohjoispuolella n. 70 metrin päässä, myös pinnoitetulla alueella. Molempien putkien siiviläosat ovat kalliolla.

PFAS-pitoisuudet jätehuoltoalueen pohjoispuolen havaintoputkissa olivat useita kertaluokkia eteläpuolella havaittuja korkeampia, ja lisäksi niissä havaitut yhdisteet olivat erilaisia kuin etelän puolella (kuva 19). Suurin PFAS-summapitoisuus tavattiin Keravan suljetun kaatopaikan pohjoisreunan lähellä sijaitsevassa putkessa HPS8, josta edelleen pohjoiseen päin siirryttäessä myös putkissa KERCA U7, HP37 ja HP36M havaittiin korkeita PFAS-pitoisuuksia. Suurimpina pitoisuuksina tavattiin yhdisteitä 6:2 FTS, PFPeA ja PFHxA (Kuva 20). Kaikissa näytteissä havaittiin myös suuria pitoisuuksia PFBA, PFHpA, PFOA, ja PFOS. Vain putken KERCA U7 näytteessä havaittiin yhdistettä 5:3 FTCA, jota tavattiin kaatopaikan suotovedessä säännöllisesti suurinakin pitoisuuksina. Pohjoispuolelta otettujen pohjavesinäytteiden PFAS-koostumukset vastasivat läheisesti alueen hulevesinäytteiden PFAS-koostumuksia. Suotovesinäytteisiin verrattuna pohjavesinäytteissä esiintyi selkeästi vähemmän mm. PFBS ja 5:3FTCA ja yhdisteen 6:2 FTS osuudet olivat huomattavasti suurempia.

Suljetun kaatopaikan länsipuolelta, käytössä olevalta jätehuoltoalueelta otetussa näytteessä (HP33) PFAS-summapitoisuus oli myös suuri, mutta yhdistejakauma poikkesi hieman muista pohjavesinäytteistä sisältäen huomattavasti enemmän PFBS-yhdistettä, eikä niinkään PFAS-prekursoriyhdistettä 6:2 FTS eikä myöskään PFOS:a.



Kuva 19. Jätehuoltoalueen pohjoispuoleisten pohjavesinäytteiden PFAS-pitoisuudet.

4.4. PFAS-yhdisteiden levinneisyys Savion alueella

Analysoiduista vesistö-, ja pohjavesinäytteistä havaittiin yhteensä yhdeksäätoista PFAS-yhdistettä (taulukko 2). Lisäksi suodatusprosessin jälkeen kolmessa peräkkäisessä näytteessä havaittiin yhdistettä 3:3 FTCA. Levinneisyyskartoituksessa runsaimmin havaitut PFAS-yhdisteet olivat PFBA (perfluoributaanihappo), PFPeA (perfluoripentaanihappo) sekä PFBS (perfluoributaanisulfonihappo), jotka ovat lyhytketjuisia PFAS-yhdisteitä ja myös hyvin vesiliukoisia.

Taulukko 2. Levinneisyyskartoituksessa pinta- ja pohjavesistä havaitut PFAS₅₁-yhdisteet.

*Poistokokeilussa suodatetun veden näytteissä

PFAS	Lyhenne	Ryhmä	Havaintojen lukumäärä (N 38)	hiili-ketjun pituus
Perfluoributaanihappo	PFBA	PFCA	31	4
Perfluoripentaanihappo	PFPeA	PFCA	35	5
Perfluoriheksaanihappo	PFHxA	PFCA	38	6
Perfluoriheptaanihappo	PFHpA	PFCA	38	7
Perfluorioktaanihappo	PFOA	PFCA	37	8
Perfluorinonaanihappo	PFNA	PFCA	18	9
Perfluoridekaanihappo	PFDA	PFAA	6	10
Perfluoributaanisulfonihappo	PFBS	PFSA	32	4
Perfluoriheksaanisulfonihappo	PFHxS	PFSA	27	6
Perfluorioktaanisulfonihappo	PFOS	PFSA	34	8
6:2 fluoritelomeerisulfonihappo	6:2 FTS	FTS	28	8
8:2 fluoritelomeerisulfonihappo	8:2 FTS	FTS	4	10
N-etyyliperfluorioktaanisulfonamidietikka-happo	EtFOSAA	FASA	5	8
2H, 2H, 3H, 3H-perfluoridekaanihappo	7:3 FTCA	FTCA	4	10
Perfluoro-4-etyylisykloheksaanisulfonaatti	PFECHS	OFSA	4	8
2H, 2H, 3H, 3H-perfluorioktaanihappo	5:3 FTCA	FTCA	8	8
Perfluoripentaanisulfonihappo	PFPeS	PFSA	6	5
N-metyyliperfluorioktaanisulfonamidietikkahappo	MeFOSAA	FASA	2	8
2H, 2H-perfluorioktaanihappo	6:2 FTCA	FTCA	1	8
2H, 2H, 3H, 3H-perfluoriheksaanihappo	3:3 FTCA	FTCA	3*	6

Vesistönäytteissä PFAS-yhdisteitä havaittiin 1,56–291 ng/l. Matalin yhteispitoisuus oli Rekolanojan latvoilla Myrtilinojassa ja korkein Rekolanojassa (Re12) jätehuoltoalueelta laskevan Karhuntutassunojan liittyttyä siihen. Vesiluonnolle haitalliseksi todetun PFOS-yhdisteen pitoisuus oli alin Oljemarkinojassa (ka. 0,85 ng/l) ja Myrtilinojassa (0,32–2,24 ng/l), mutta pitoisuuskeskiarvo ylitti molemmissa yhdisteen ympäristölaatusnormin (AA-EQS 0,65 ng/l) tason. Nissinojassa ja Rekolanojassa, ennen Karhuntutassunojaa, PFOS-pitoisuuksien keskiarvot olivat jo lähes kymmenkertaisia AA-EQS-arvoon verrattuna ja kohosivat edelleen Karhuntutassunojan tuoman

kuormituksen vaikutuksesta. Karhuntassunojan purkualueella Rekolanojassa (Re12) uusina yhdisteinä todettiin PFDA, PFPeS ja 8:2 FTS.

Kahdeksasta pohjaveden näytepisteestä otettujen näytteiden PFAS-summapitoisuudet vaihtelivat välillä 3,82–2749 ng/l. PFAS-pitoisuudet jätehuoltoalueen pohjoispuolen vesien havaintoputkissa olivat useita kertaluokkia eteläpuolella havaittuja korkeampia, ja lisäksi niissä havaitut yhdisteet olivat erilaisia kuin etelän puolella. Suurin PFAS-summapitoisuus tavattiin Keravan suljetun kaatopaikan pohjoisreunan lähellä sijaitsevassa putkessa HPS8, josta edelleen pohjoiseen päin siirryttäessä myös putkissa KERCA U7, HP37 ja HP36M havaittiin korkeita PFAS-pitoisuuksia.

Puhdistuslaitteistolle tulevassa kaatopaikan suotovedessä (N) PFAS-yhdisteiden yhteispitoisuus (1322–7576 ng/l) oli korkea ja näytteissä havaittiin yhdeksäätoista eri PFAS-yhdistettä, joista kahta (MeFOSAA ja 6:2 FTCA) ei oja- ja pohjavesistä todettu. Voimakkaasti kaatopaikkojen suotovesiin yhdistettävissä olevaa yhdistettä 5:3 FTCA havaittiin jätehuoltoalueen ympäristössä ainoastaan yhdessä pisteessä; kaatopaikka-alueen pohjoispuolella sijaitsevassa pohjavesiputkessa KERCA U7. Puhdistusprosessin läpikäyneessä vedessä (M lähtevä) sen sijaan, havaittiin yhdistettä 3:3 FTCA, jota ei esiintynyt puhdistusprosessiin tulevassa vedessä, eikä oja- tai pohjavedessä.

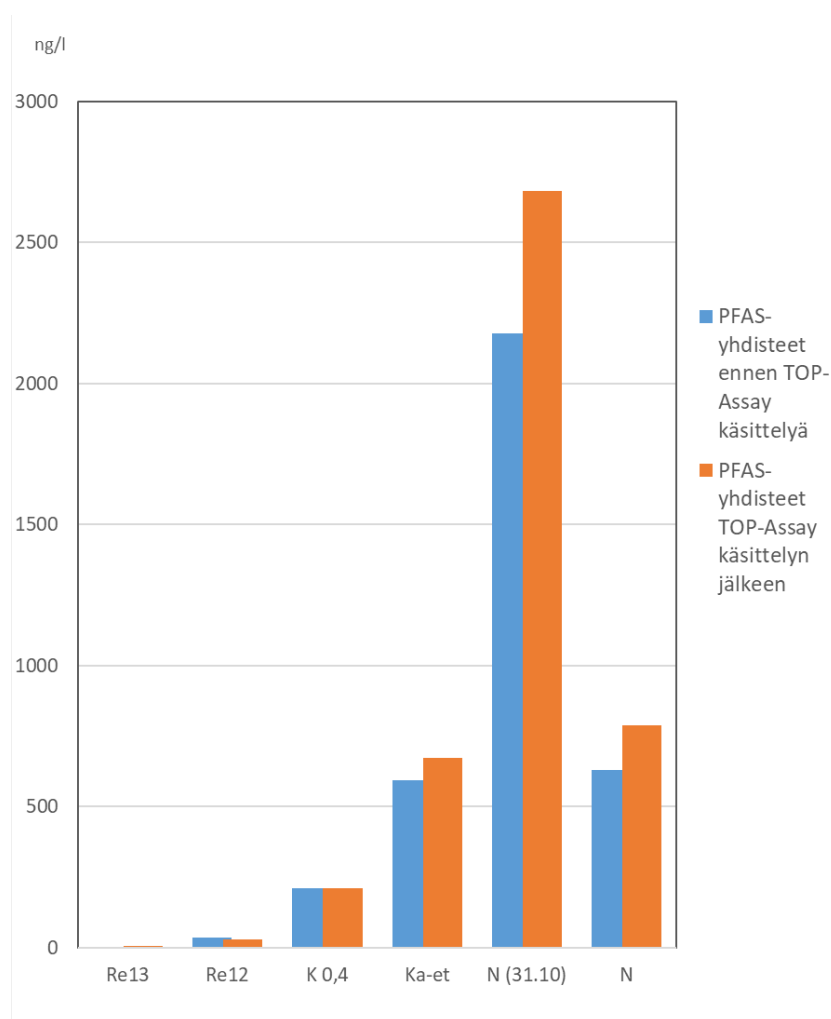
4.5. TOP Assay -analyysien tulokset

PFAS-yhdisteitä, joita tiedetään olleen erilaisissa käyttötarkoituksissa, on tuhansia erilaisia. Tiettyjen yhdisteiden käytölle asetettujen rajoitusten myötä on niitä korvaaviksi tehoaineiksi otettu käyttöön monia uusia yhdisteitä, joiden kirjo on huomattavan laaja. Suurimmalle osalle näistä ei ole olemassa luotettavia analyysimenetelmiä, jotka olisivat kaupallisesti saatavilla. Tiettyjen PFAS-ryhmien on kemiallisten ominaisuuksiensa myötä mahdollista muuttua toisiksi PFAS-yhdisteiksi esimerkiksi hapettumalla. Yhdisteiden muuttuminen voi jatkua niin kauan, kunnes ne saavuttavat kaikkein pysyvimmat rakenteet, joita ovat perfluorialkyylihapot (PFAA). Näitä pysyvimpien yhdisteiden esiasteita kutsutaan PFAS-prekursoreiksi. Toisilla prekursoriyhdisteryhmillä muutokset voivat tapahtua luonnollisissakin olosuhteissa, mutta joillakin muuttuminen vaatii erityisiä olosuhteita. Tuntemattomien PFAS-prekursorien pitoisuuden selvittämiseksi on olemassa ns. TOP Assay -menetelmä (Total Oxidisable Precursors), missä näyte altistetaan erittäin voimakkaalle hapettimelle, joka hapettaa useimmat tuntemattomatkin prekursoriyhdisteet helpommin analysoitaviksi PFAA-ryhmän yhdisteiksi. TOP Assay -menetelmää ei ole standardoitu eikä sille ole vielä laajasti hyväksyttyjä menettelyohjeita. Siitäkin huolimatta menetelmää on käytetty monissa eri ympäristötutkimuksissa, koska se on toistaiseksi käytännöllisin menetelmä, jolla saadaan tietoa myös analyysipakettien ulkopuolisten PFAS-yhdisteiden pitoisuuksista (Ateia ym. 2023).

Hankkeessa käytetyssä PFAS₅₁-analyysipaketissa oli mukana useita prekursoriyhdisteitä ja niistä merkittävimpinä pitoisuuksina näytteissä havaittiin 6:2 FTS ja 5:3 FTCA. Kaatopaikan suotovedessä havaittiin enimmillään 19:tä eri PFAS-yhdistettä. Kaatopaikan suotovedessä mahdollisesti esiintyvien tuntemattomien prekursoriyhdisteiden selvittämiseksi tehtiin lokakuussa otetulle suotovesinäytteelle TOP Assay -analyysi. TOP Assay -analyysi tehtiin lisäksi vielä tammikuussa 2025 neljässä muussakin pisteessä: Rekolanojasta (Re12) ja Nissinojasta (Re13) otetuille

näytteille, kahdelle hulevesinäytteelle (K 0,4, ka-et), sekä kaatopaikan suotovedestä otetulle näytteelle uudestaan (N 17.1.).

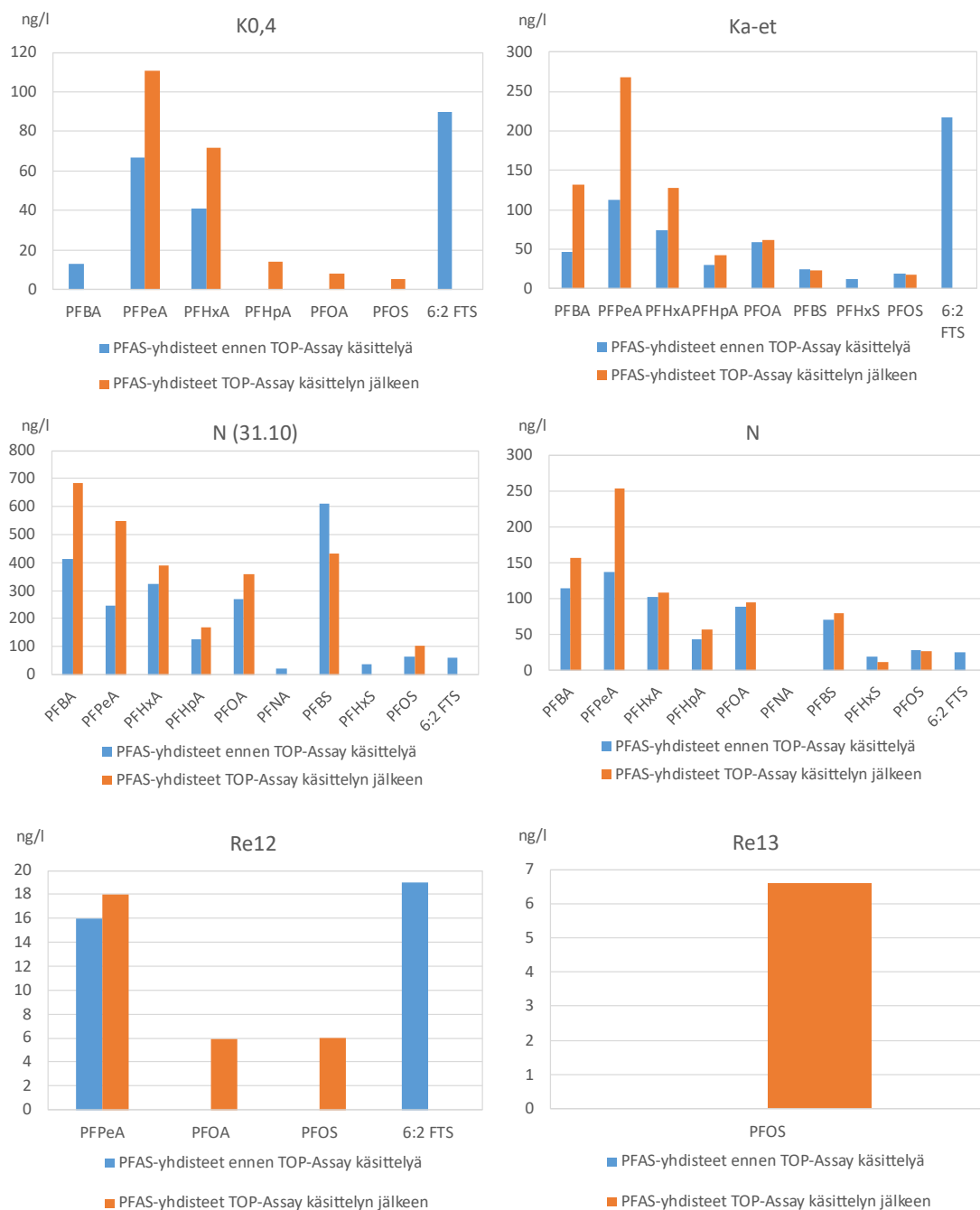
Näytteessä olevien hapettuvien prekursorien kokonaispitoisuus arvioidaan vähentämällä TOP Assay -käsittelyä edeltävän näytteen PFAS-summapitoisuus TOP Assay -menetelmän hapetusvaiheen jälkeisen näytteen PFAS-summapitoisuuksista (Ateia ym. 2023). TOP Assay -menetelmällä ei pystytä kuitenkaan yksilöimään mahdollisia prekursoriyhdisteitä, joita menetelmällä saadaan mitattua. Menetelmä antaa kuitenkin lisätietoa siitä, että onko vesinäytteissä esimerkiksi tuntemattomia prekursoreita kaikista haitallisimmiksi tunnetuille PFAS-yhdisteille, kuten PFOS:ille ja PFOA:lle, jotka eivät tavanomaisissa analyysipaketeissa tule esiin. TOP Assayn perusteella PFAS-prekursoreita esiintyi erityisesti kaatopaikan suotovettä edustaneissa näytteissä (N), sekä kaatopaikka-alueen pohjoispuolelta otetuissa hulevesiverkoston näytteissä (K0,4 ja Ka-et) (Kuva 20).



Kuva 20. TOP-assay analyysin tulokset 31.10.2024 (N) ja 17.1.2025 otetuissa näytteissä PFAS₂₅-summapitoisuutena.

Hankkeessa käytetyn TOP Assay -menetelmän analysoitavat yhdisteet koostuivat 25 tavallisimman PFAS-yhdisteen paketista, mutta mukana oli myös PFAS-prekursoreiksi laskettavat fluoretelomeerisulfonihapot 6:2 FTS ja 8:2 FTS sekä muutamia perfluorisulfonamideja. Lokakuun suotovesinäytteen (N) PFAS₂₅-summapitoisuus ennen TOP-assay käsittelyä oli 2178 ng/l ja TOP

Assay -käsittelyn jälkeen PFAS₂₅-summapitoisuus oli 2683 ng/l. Kasvanut PFAS₂₅-pitoisuus johtuu näytteessä olleiden PFAS-prekursoriyhdisteiden hapettumisesta pysyvimmiksi, helposti mitattaviksi yhdisteiksi. Hapetusprosessi pilkkoo joitain suurempimolekyyllisiä polyfluorattuja yhdisteitä pienemmiksi yhdisteiksi. Yksittäisten yhdisteiden kohdalla suurimmat muutokset havaittiinkin erityisesti lyhytketjuisilla PFCA-ryhmän yhdisteillä, kuten PFBA, PFPeA ja PFHxA. Tuloksissa myös näkyy yleisimmän havaitun PFAS-prekursorin 6:2 FTS:n häviäminen TOP-assay käsittelyssä, jossa yhdiste hajoaa pysyvämmiksi yhdisteiksi kuten PFHxA ja PFPeA. Lyhytketjuisten PFBA:n, PFPeA:n ja PFHxA:n kasvuun TOP-assay käsittelyssä vaikuttanee etenkin pisteen N kohdalla myös 5:3 FTCA:n pilkkoutuminen pienemmiksi PFCAA-yhdisteiksi (Kuva 21).



Kuva 21. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuuden muuttuminen TOP Assay -analyysissa.

Huomionarvoista on, ettei alle neljä hiiltä omaavien perfluorikarboksylihappojen (PFPrA ja TFA) pitoisuuksille ole validoitua menetelmää ja nämä puuttuvat useimmista analyysipaketeista ja näin ollen kaikkein pienimpien PFAS-yhdisteiden syntymistä TOP-käsittelyprosessissa ei voitu arvioida. Ateian ym. (2023) mukaan nämä ovat tietyillä yhdisteillä hyvinkin merkittäviä hajoamistuotteita TOP-käsittelyprosessissa, ja olisi tärkeä sisällyttää niiden pitoisuudet analysoitavaksi.

Hankkeeseen valitussa TOP Assay -menetelmässä käytössä olleet määritysrajat olivat tavanomaiseen PFAS-analyysipakettiin nähden jopa 5–83-kertaisesti korkeammat tietyille yhdisteille. Yleisimmin tavatuillakin yhdisteillä käytetyn TOP Assay -menetelmän määritysraja oli 33-kertainen, ja tällä lienee ollut vaikutusta esimerkiksi Nissinojan näytteiden tuloksissa, joissa TOP-menetelmällä tutkittujen näytteiden tulokset poikkeasivat huomattavimmin herkkään menetelmään verrattuna. Pisteissä, jossa tavallisimpien PFAS-yhdisteiden pitoisuudet olivat hankkeen aikana pienimpiä, ei TOP Assay -menetelmän perusteella esiintynyt myöskään merkittäviä pitoisuuksia tuntemattomia PFAS-prekursoreja.

5 Ikuisuuskemikaalien poisto vedestä

PFAS-yhdisteillä pilaantuneesta maaperästä ja vedestä on tullut merkittävä ongelma maailmanlaajuisesti. Yhdisteiden kemiallisen ja fysikaalisen stabiiliuden vuoksi niitä on erityisen vaikea poistaa ympäristöstä, saati tuhota perinteisiä menetelmiä käyttäen. Kiinnostus PFAS-yhdisteiden poistamiseksi kuormituslähteillä on noussut kiinnostavaksi puhdistusteknologioiden kehityskohteeksi.

5.1 Erilaisia puhdistusmenetelmiä

Viime aikoina on kehitetty useita tekniikoita PFAS-yhdisteiden poistamiseksi vedestä. Tyypillisesti eri käsittelytekniikoissa yhdisteet konsentroidaan joko veteen liuenneena tai sidottuna suodatusmassoihin hajottamisen sijaan (Kavusi ym. 2023). Useimmat menetelmät ovat myös energiantensiivisiä ja niiden käytöstä sekä jätteiden loppukäsittelystä aiheutuvat kustannukset ovat huomattavan suuria. Perinteisemmistä menetelmistä käänteisosmoosi, aktiivihiihluosuodatus ja ioninvaihtomassojen käyttö toimivat vaihtelevalla tehokkuudella PFAS-yhdisteiden poistamiseksi vedestä. Käänteisosmoosi on suodatusmekanismi, jossa hyödynnetään huokoisen kalvon erilaista läpäisevyyttä liuottimen ja liuenneiden aineiden suhteen. Käänteisosmoosin etuna muihin puhdistusmenetelmiin verrattuna on korkea poistokapasiteetti, mutta korkeat kustannukset sekä alttius likaantumiselle ovat menetelmän merkittäviä haittoja (MacKeown ym. 2024). Aktiivihiihluosuodatus perustuu mikrohuokoiseen adsorbenttiin. Menetelmässä absorptiota säätelevät pääasiassa fysikaaliset ja kemialliset vuorovaikutukset. Hydrofobisen vuorovaikutuksen on arvioitu olevan menetelmän tärkein sorptiomekanismi, mikä selittää menetelmässä pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden parempaa pidättymistä lyhytketjuisiin verrattuna (mm. Du ym. 2014). Ioninvaihtomassoissa käytetyt hartsit ovat polymeerimateriaaleja, joissa aktiivisten ioninvaihtoryhmien avulla veteen liuenneita ioneja voidaan korvata hartsissa olevilla ioneilla (Dixit ym. 2021). PFAS-yhdisteiden poistoon vedestä käytetään tavallisesti anioninvaihtohartseja yhdisteiden esiintyessä vedessä pääosin anionimuodossa (negatiivisina ioneina). PFAS-yhdisteiden pinta-aktiivisia ominaisuuksia hyväksikäyttävässä SAFF®-menetelmässä (Surface Active Foam

Fractionation) PFAS-aineet konsentroituvat nesteen ja kaasun rajapinnoille, eli kupliin ja vaahtoon. Menetelmässä veteen liuenneet PFAS-yhdisteet konsentroituvat nesteestä vaahtoon, joka on mahdollista ottaa talteen jatkokäsittelyä varten. SAFF®-menetelmää on käytetty mm. Ruotsissa sijaitsevalla Telgen kierrätyslaitoksella muodostuvan suotoveden käsittelyyn (Burns ym. 2022). Menetelmän huomattavana etuna voi pitää sitä, että se ei vaadi erityisiä esikäsittelyvaiheita vedelle ja on käynnistyttyään suhteellisen edullista ylläpitää ja mahdollistaa hyvin suurien vesimäärien käsittelyn. Lyhytketjuisten PFAS-yhdisteiden osalta mikään mainituista menetelmistä ei ole erityisen tehokas.

5.2 Uusien menetelmien kehitystyö Suomessa

Zhongfei Renin väitöskirja *Adsorption and advanced oxidation/reduction process for elimination of per- and polyfluoroalkyl substances and pharmaceutical pollutants in water* tarkastettiin Oulun yliopistossa syksyllä 2024. Sorptio/desorptio-menetelmä yhdistettynä UV/sulfiittihajotusmenetelmään osoittautui tehokkaaksi viiden PFAS-yhdisteen poistossa. Tutkimuksessa kaupallinen anioninvaihtohartsin Purolite A860 oli erittäin tehokas poistamaan viittä tutkittua PFAS-yhdistettä vedestä. Oulun yliopiston kemiallisen prosessitekniikan yksikkö on osallisena myös interreg aurora-ohjelman rahoittamassa NeTo-PFAS (New tools for managing PFAS challenge) projektissa, jossa kehitetään kestäviä ja kustannustehokkaita ratkaisuja PFAS-yhdisteiden hajottamiseksi ympäristössä.

LUT-yliopiston erotustekniikan osastolla alkoi joulukuussa 2023 nelivuotinen hanke, jossa kehitetään erittäin tehokkaita funktionaalisia materiaaleja ja matemaattisia malleja PFAS-yhdisteiden poistamiseksi vedestä. Hankkeessa käytetty suodatusjärjestelmä voisi mahdollisesti hyödyntää LUT-yliopiston kehittämiä materiaaleja, jos ne havaitaan tehokkaasti PFAS-yhdisteitä poistaviksi.

PEMP Oy on kehittänyt vesiympäristölle haitallisten aineiden puhdistusteknologiaa mm. PFAS-yhdisteiden ja mikromuovien poistamiseksi. Teknologia pohjautuu veden jäätymispisteen hyödyntämiseen kovassa paineessa, jolloin saadaan eroteltua epäpuhtauksia likaantuneesta vedestä. Menetelmälle ollaan hakemassa patenttia. Tässä hankkeessa yrityksen koelaitteiston kykyä PFAS-yhdisteiden poistossa testattiin kaatopaikan suotovedellä. Testilaitteistolla saatiin poistettua voimakkaasti PFAS-yhdisteiden likaamasta vedestä osa yhdisteistä, parhaimmillaan 74 % (PFOS), mutta runsaimpana näytteessä ollutta PFBS-yhdistettä vain 24 %. Yritys on kertonut jatkavansa menetelmän kehitystyötä.

Turun ammattikorkeakoulu oli mukana Interreg Baltic Sea Regionin rahoittamassa EMPEREST-hankkeessa, missä testattiin aktiivihieleen, hiekkasuodatukseen ja otsonointiin perustuvaa menetelmää lääkaineiden ja PFAS-yhdisteiden poistamiseksi jätevedestä. Suomessa hankkeen pilotikohteena toimi Turun Kakolan jätevedenpuhdistamo. Menetelmä osoittautui tehokkaaksi pitkäketjuisten PFAS-yhdisteiden poistamisessa, mutta lyhytketjuisten osalta heikoksi. Samalla tekniikalla saavutettiin hyviä tuloksia lääkaineiden poistossa. Kakolan puhdistamolle tulevassa jätevedessä PFAS-pitoisuudet olivat hyvin matalia verrattuna vanhojen kaatopaikkojen suotovesien PFAS-pitoisuuksiin.

5.3 Kasvipohjaiset ratkaisut

Haitallisten aineiden vähentämiskeinoja hulevesissä tutkittiin VHVS:n vuosina 2021–2022 toteutetussa KasviHAVA-hankkeessa, jossa selvitettiin hulevesien haitta-ainepitoisuuksia (ml. PFAS-yhdisteet) ja erilaisten hulevesien viivytysratkaisujen kykyä pidättää haitta-aineita. Monet varsinkin lyhytketjuisimmista PFAS-yhdisteistä ovat vesiliukoisia, ja voivat näin kertyä kasveihin helposti veden mukana. Hulevesialtaiden kosteikkokasveista erityisesti ruokohelmi ja järvikaisla osoittivat kykyä pidättää joitain PFAS-yhdisteitä juurakkoonsa tai vihreisiin osiinsa sitomalla (Vahtera ym. 2022). PFAS-yhdisteistä kasveihin kertyi erityisesti PFBA, PFPeA, PFOS ja PFUnDA. Edellä mainittujen lisäksi yksinomaan kasvien juurakoista havaittiin pidempiketjuisia PFNA- ja PFDA-yhdisteitä. Kasvien vihreisiin osiin hankkeessa havaittiin puolestaan kertyvän myös lyhytketjuisempia PFHxA ja PFHxS yhdisteitä (Svensson, J. 2021 ja Vahtera ym. 2022).

Tutkimuksissa havaittu PFAS-yhdisteiden biokertyvyys ja kulkeutuminen eri kasvinosiin on osoittanut suurta potentiaalia nk. fytoimediaatioon, joka nähdään yhtenä lupaavana tekniikkana, jota voitaisiin käyttää kustannustehokkaasti ja laajamittaisena in situ -kunnostusmenetelmänä. Fytoimediaatio voi olla edullinen, pitkäaikainen vihreä ratkaisu PFAS-yhdisteiden poistamiseen saastuneesta maaperästä ja vedestä (Mayakaduwege ym. 2022). PFAS-yhdisteiden biokertyvyyttä on tutkittu etenkin viljelykasveihin (Chisi ym. 2018; Wang ym. 2020), mutta vesikasvien kasvusta PFAS-yhdisteiden poistamiseen on vielä vähän näyttöä (Pullagurala ym. 2018).

Zhang ym. (2019) osoittivat, että kahdeksan perfluorialkyylihapon imeytyminen röyhyvihviläkasvustoon (*Juncus effusus*) korreloi positiivisesti yhdisteiden pitoisuuksien ja ajan kanssa. *J. effusus*in juuret ja versot keräsivät 30–40 % PFAA:ista (C4–C8) lukuun ottamatta PFOS:a, jonka imeytyminen oli pienempi, noin 20 %. Koejärjestelyssä PFAS-yhdisteiden poisto vedestä maaperään ja kasveihin oli lähes 83 %. Suurimmat poistotehot saatiin matalilla PFAS-yhdisteiden pitoisuuksilla. PFAS-yhdisteiden rakenne vaikuttaa yhdisteiden pidättyvyyteen kasvien eri osiin. Lyhytketjuisten yhdisteiden on havaittu pidättyvän ensisijaisesti kasvien silmuihin ja lehtiin passiivisella diffuusiolla (Lewis ym., 2022), kun taas pitkäketjuiset yhdisteet kertyvät todennäköisimmin juuriin proteiinivälitteisellä kuljetuksella (Lu ym., 2023). Aktiivisten ja passiivisten prosessien osuus PFAS-yhdisteiden imeytymisestä vaihtelee PFAS-pitoisuuden ja sen hiiliketjun pituuden mukaan.

Tukholman yliopistossa Professori Maria Greger tutkimusryhmineen osoitti kelluvien kosteikkojen pystyvän poistamaan vedestä PFAS-yhdisteitä yli 40 prosenttia päivässä (Greger ym. 2021). Vastaavanlaisella koeasetelmalla saatiin hyviä tuloksia myös Australiassa (Awad ym. 2024). Heidän tutkimuksissaan koejärjestelyyn lisätty aktiivihilli lisäsi PFAS-yhdisteiden pidättymistä. Gregerin tutkimuksissa huomattiin, että mitä suurempi kasvibiomassa oli puhdistettavaa tilavuutta kohden, sitä suurempi oli PFAS-yhdisteiden poistovaikutus vedestä. PFAS-yhdisteiden pidättyminen kasveihin alkoi juuristosta, siirtyen tutkimuksen edetessä ja pidättyneen PFAS-konsentraation kasvaessa kasvien versoihin (Greger ym. 2021).

Vaikka fytoimediaatio voi olla tehokas ja vihreä ratkaisu PFAS-yhdisteiden poistamiseen ympäristöstä on sillä myös rajoittavia tekijöitä (Kafle ym. 2022). Menetelmä on tutkimuspaikkakohtainen ja tehokkaasti yhdisteitä sitovien kasvien hyödyntämistä rajoittaa paikallinen ilmasto ja maaperä. PFAS-yhdisteiden sitominen kasvisolukkoon on myös hidas prosessi. Ongelmana on

myös kasvien kestävä ja asianmukainen hävitystapa kustannustehokkaasti fytoimediaation jälkeen (Kafle ym., 2022). Usein hyödynnetty PFAS-rikastetun kasvibiomassan hävitysvaihtoehto on ollut haudata se kaatopaikalle tai polttaa biomassa. Molemmat vaihtoehdot ovat aiheuttaneet huolenaiheita PFAS-yhdisteiden päätyemisestä ravintoketjuun kasvien hajoamisen kautta (Kavusi ym. 2023).

Savion alueella hulevesien viivytysaltaisiin tulevien vesien PFAS-pitoisuudet olivat erittäin korkeita. Tutkimustiedon karttuessa fytoimediaation käyttömahdollisuuksista on hulevesialtaiden hyödyntämistä PFAS-yhdisteiden poistoketjussa hyvä harkita. Joka tapauksessa altaita hoidettaessa (sedimentin ja kasvillisuuden poisto) on tärkeä tiedostaa, että altaaseen on kertynyt suuria määriä PFAS-yhdisteitä, joita ei tule kierrättää edelleen kasvualustoiksi esimerkiksi kompostoimalla, vaan hävittää vaarallisena jätteenä.



Kuva 22. Osmankäämi on hiljalleen valtaamassa Karhuntassuntien pohjoispuoleisen hulevesien viivytysaltan (kuva: VHVSY 6/2024).

5.4 PFAS-yhdisteiden tuhoaminen ja hävittäminen

Kaikissa mainituissa menetelmissä ongelmana on PFAS-yhdisteitä sisältävien jäännösten hävittäminen. Runsaasti PFAS-yhdisteillä konsentroitua jätevettä ei kuuluisi johtaa jätevedenpuhdistamoille, koska niillä ei ole yhdisteiden osalta käsittelyyn sopivia tekniikoita. PFAS-yhdisteillä kylästettyjä suodatusmassoja, kasvijätettä ja aktiivihilliä ei myöskään sovi sijoittaa kaatopaikoille, koska yhdisteitä voi niiltäkin edelleen päätyä suotovesien mukana jätevedenpuhdistamoille. Tämänhetkisistä hävitysmenetelmistä korkeassa lämpötilassa polttaminen on todettu hyväksytyksi menetelmäksi yhdisteiden tuhoamiselle. Myös käytännöllisempiä, päästölähteisiin sijoitettaviksi tarkoitettuja menetelmiä, on kehitetty jo muutamia, jotka perustuvat esimerkiksi ylikriittisen veden hapetusprosessiin (SCWO). Lisäksi kehitysasteella on mm. hajotusmenetelmiä, jotka perustuvat ultraääneen ja plasmaan (Singh ym. 2025).

Keravan kaupungin Savion vanhan kaatopaikan pohjassa ei ole tiivisterakennekerroksia, mutta pintarakennekerrokset on tehty sulkemisen yhteydessä. Kaupungin vanhan kaatopaikan viereisen läjitysalueen pohja on vesieristetty ja täytöllä on myös kuivatusjärjestelmä. Jätetäyttöjen sisäiset vedet on pääosin viemäröity ja ne johdetaan Viikinmäen jätevedenpuhdistamolle kuormittaen sitä osaltaan PFAS-yhdisteillä. Osa pintavalunta- ja suotovesistä päätyy kuitenkin pisteen N kautta suoraan vesistöön. Johtuen siitä, ettei kaupungin vanhan kaatopaikan pohjassa ole vedeneristysrakenteita. Kaatopaikka-alueen vesien johtamista on käytännössä mahdotonta muuttaa ilman mittavia rakennus- ja kaatopaikan kunnostustöitä.

Savion kohteessa PFAS-yhdisteillä pilaantunutta vettä tulee suotautumaan Karhuntassunojaan ja luultavasti myös pohjoisen suuntaan pohjavesien kautta oletettavasti vuosikymmenten ajan, ja pitkän aikavälin ratkaisuksi PFAS-yhdisteiden leviämisen välttämiseksi veden käsittely yhdessä pisteessä ei välttämättä ole riittävän tehokas keino. Tämän hankkeen jatkohankkeessa (PFAS-kuormitus hallintaan, 2025–2027, VHVSY) selvitetään, riittääkö täyden mittakaavan suotovesien puhdistus ko. kohteessa parantamaan vedenlaatua Rekolanojassa ja mahdollisesti Keravanjoella asti.

Hankkeen aikana ideoitiin muitakin vaihtoehtoja, joilla ongelmaan voitaisiin puuttua. Eräs vaihtoehtoista, jota pohdittiin, oli pilaantuneiden pohjavesien kunnostusmenetelmänä käytetty in situ -stabilointi, jossa pohjavedessä (tai suotovedessä) esiintyvät haitta-aineet stabiloidaan suoraan kohteessa ennen niiden leviämistä ympäristöön. Pohdiskeltiin mahdollisuutta injektoida adsorbenttia Keravan suljetun kaatopaikan sisäosiin, jossa se pysäyttäisi tai merkittävästi vähentäisi PFAS-yhdisteiden kulkeutumista suotovesien mukana, tai reaktiivisen seinämän (PRB; Permeable Reactive Barrier) asettamista pohjaveden virtaussuuntaan. Menetelmässä katkaistaan haitta-aineen virtaus hot spot -alueelta. On myös mahdollista, että osa Karhuntassunojan ja siten myös Rekolanojan PFAS-kuormasta tulee alueen pohjavesien kautta, koska pohjavesinäytteissä havaittiin korkeita PFAS-pitoisuuksia Karhuntassunojan varrella sijaitsevista havaintoputkissa. PFAS-kontaminoituneita pohjavesiesiintymiä voidaan kunnostaa myös esimerkiksi niin sanotulla Pump&Treat -menetelmällä, jossa pilaantunut pohjavesi pumpataan esiintymästä maanpinnalla olevaan käsittelylaitteistoon, jossa se puhdistetaan ja puhdistettu vesi johdetaan maastoon tai viemäriin. Jatkossa mahdollisesti toteutettavat in situ -kunnostustoimet vaativat huomattavasti yksityiskohtaisempia selvityksiä vesien virtaussuunnista ja vallitsevista maaperäolosuhteista sekä jätetäytön sisäisistä prosesseista.

Yhdysvalloissa PFAS-yhdisteillä pilaantunutta maaperää ja pohjavettä on suojeltu injektoidalla bentoniittipohjaista adsorbenttimateriaalia maaperään, jossa PFAS-yhdisteet tarttuvat siihen ja immobilisoituvat. Vuonna 2022 Ruotsin geologinen tutkimuslaitos (SGU) käynnisti tutkimushankkeen, jossa kokeillaan PFAS-yhdisteillä pilaantuneilla alueilla kunnostaa pohjavesiä injektoidalla aktiivihieiltä maaperään (<https://www.sgu.se/samhallsplanering/fororenade-omraden/forskningsprojekt-om-atgardstekniker-for-pfas/>).

Tutkimustiedon karttuessa fytoimediaation käyttömahdollisuuksista, on tulevaisuudessa hulevesialtaiden hyödyntämistä PFAS-yhdisteiden poistoketjussa hyvä harkita. Nykyisten Karhuntassuntien varrella sijaitsevan kahden, verraten kookkaan hulevesialtaan, kasvittaminen tarkoitukseen sopivilla kasveilla ja vesien viipymisen kasvattaminen voisivat olla hyvä keino

jäännöspitoisuuksien poistamisessa sekä mahdollisten hajapäästöjen hallinnassa. Tässä vaihtoehdossa on olennaista PFAS-yhdisteillä saastuneiden kasvien oikeaoppinen hävittäminen vaarallisenä jätteenä. Alueen kokonaiskunnostusvaihtoehtona voisi olla yhdistelmä erilaisia menetelmiä, koska päästöjen kulkeutumisreittikin on vaikeasti hallittavissa.

6 Hankkeen johtopäätökset

Savion jätehuoltoalueen pitkän käytön aikana alueelle on kertynyt yhdyskunnan ja teollisuuden jätteitä ja alue toimii edelleen jätteiden kierrätys- ja puhtaiden ylijäämämaiden läjitysalueena. Alueen vanhimmat osat ovat jo pois käytöstä ja niiden sulkeminen on toteutettu säädösten mukaisesti. Alueen likaiset suoto- ja jätevedet johdetaan jätevesiviemäriin ja yhdyskuntapuhdistamolle puhdistettavaksi. PFAS-yhdisteiden poistamiseen vesistä ei kuitenkaan ole jätevedenpuhdistamoilla valmiita menetelmiä, ja yhdisteet päätyvät puhdistamolla poistojakeisiin; mereen johdettavaan veteen ja jätevesilietteeseen, jota käytetään mm. kasvualustoihin viherrakentamisessa.

Kaupungin vanhan kaatopaikan suotovesien viemäröinnin puutteellisesta toiminnasta on saatu viitteitä jo 2000-luvun alussa alueen vesitarkkailuissa. Karhuntassuntien aluetta on kehitetty 2010-luvulla huomattavasti, jolloin on myös vaikutettu vesien kulkeutumisreitteihin. Pohjavesissä havaitut erittäin korkeat PFAS-pitoisuudet jätehuoltoalueen pohjoispuolella viittaavat yhdisteiden kulkeutumisesta myös pohjavedessä ja maaperässä entisen Karhuntassunojan uomaa pitkin pohjoiseen kohti Nissinojaa. Sen sijaan Alueen eteläpuolella PFAS-yhdisteet eivät ole kulkeutuneet merkittävästi todennäköisesti johtuen kalliokynnyksestä, joka estää pohjavesivirtausta etelän suuntaan.

Jätehuoltoalueiden suoto- ja valumavesissä paljon PFAS-yhdisteitä

Savion jätehuoltoalueen vanhoilla läjitysalueilla muodostuu suoto- ja valumavesiä, jotka johdetaan lähiympäristöön avouomissa ja hulevesiverkostoa pitkin.

Tässä hankkeessa Savion läjitysalueelta Karhuntassunojaan ja edelleen Rekolanojaan virtaavia suoto- ja valumavesien PFAS-pitoisuutta tutkittiin ja testattiin koelaitteistolla vesien puhdistamista PFAS-yhdisteistä. PFAS-yhdisteiden summapitoisuus (pisteen N näytteissä) vaihteli välillä 1322–7576 ng/l ja yhdisteiden lukumäärä 11–19. Alivesikaudella suurimmat pitoisuudet todettiin lyhyestä hiiliketjusta koostuvista PFBA-, PFBS- ja 5:3 FTCA-yhdisteitä, jotka on havaittu kaatopaikkavesille tyypillisiksi yhdisteiksi. Syksyllä pintavalunnan kasvaessa näytteissä PFBA- ja PFBS-pitoisuudet olivat laskeneet selvästi, eikä alivesikaudella pienempinä pitoisuuksina havaittuja prekursoriyhdisteitä ei enää havaittu.

Aktiivihiihi ja modifioitu bentoniitti toimivia apuaineita PFAS-yhdisteiden poistossa

Merikonttiin koottu nelivaiheinen suodatuslaitteisto käsitteli 97 m³ PFAS-yhdisteiden (1300–7300 ng/l) likaamaa, paljon orgaanista kiintoainetta ja epäpuhtauksia sisältänyttä kaatopaikan suotovettä lähes 90 vuorokauden ajan. Neljänteen vaiheeseen suunniteltua ioninvaihtohartsia ei otettu kokeen aikana käyttöön, koska jo kolmella suodatusmassalla saatiin hyviä puhdistustuloksia. Kokeen aikana puhdistettiin noin 400 000 000 ng eli 0,4 g PFAS-yhdisteitä pois kierrosta. Suodatusmassojen pidätyskyky jatkui kokeen loppuun asti melkein kaikkien yhdisteiden osalta. Kokeen puolivälin jälkeen (noin 54 m³ vettä suodatettu) otetussa näytteessä havaittiin analyysin määrittämisrajan ylittävä pitoisuus PFBA-yhdistettä (8,2 ng/l) ja tämän jälkeen otetuissa näytteissä sen pitoisuus kasvoi aina suodatuskäsittelyn päättymiseen asti, jolloin yhdisteen pitoisuus oli jo 320 ng/l. Kokeen lopulla havaittuja muita yhdisteitä olivat 5:3 FTCA sekä 3:3 FTCA. 5:3 FTCA:n pitoisuus kasvoi jokaisessa näytteessä PFBA:n tavoin. Viimeisessä näytteessä havaittiin myös PFPeA:ta (50 ng/l). Hankkeessa ei tehty analyyseja eri suodatusvaiheiden väliltä, eikä näin ollen ollut mahdollista arvioida eri vaiheiden ja massojen tehokkuutta käsittelyssä erikseen.

Suurimmat haasteet suodatuskokeessa oli suodatuslaitteistolle pumpatun veden ajoittain korkeassa kiintoainepitoisuudessa. Laitteiston virtausnopeuden säilymiseksi otettiin käyttöön tulo-veden kevyt esisuodatus ja laitteiston tulovirtaamaa seurattiin säännöllisesti.

Kokeen tulosten perusteella on mahdollista suunnitella ja mitoittaa suuremman mittakaavan käsittely, jolla voidaan käsitellä kaikki Karhuntassunojaan havaintopaikalla N purkautuva, PFAS-yhdisteitä sisältävä vesi, ennen kuin se virtaa alueelta kaupungin hulevesiverkostoon.

PFAS-yhdisteitä pinta- ja pohjavesissä

Rekolanojan valuma-alueen yläjuoksu Keravalla on ollut jo pitkään asutuksen ja teollisuuden käytössä. Tuusulan puolelta Nissinojaan laskevassa Myrtilinjassa ja Nissinojassa, ennen Savion jätehuoltoalueelta tulevia vesiä havaittiin PFAS-yhdisteitä. Analyysin määrittämisrajan ylittäneitä yhdisteitä oli kymmenen ja vesiluonnolle haitalliseksi todetun ja useita vuosia tiukkojen käyttörajoitusten kohteena olleen PFOS-yhdisteen pitoisuus ylitti vesieliöiden suojaksi määritellyn ympäristölaatu normin rajan. Jätehuoltoalueen eteläpuolella vedenjakajan takana virtaavassa Oljemarkinojassa PFAS-pitoisuudet olivat samaa tasoa kuin Myrtilinjassa. Näiden, hankkeessa vertailupuroina olleiden vesien koholla olevat PFAS-pitoisuudet osoittivat kaupunkiympäristöstä huuhtoutuvat PFAS-yhdisteitä sisältäviä vesiä vesistöön. Pienissä uomissa haitallisimpien yhdisteiden pitoisuudet olivat ainakin ajoittain huolestuttavan korkeita. Vertailupuroissa PFAS-yhdisteiden pitoisuuksissa tapahtui nousua valunnan kasvaessa, joka saattoi liittyä maaperästä huuhtoutuviin PFAS-yhdisteisiin.

Vesistössä suurimmat PFAS-yhdisteiden pitoisuudet todettiin Rekolanojassa sen jälkeen, kun Karhuntassunoja oli tuonut siihen Savion jätehuoltoalueen ja Myllynummen alueen vedet. Pitoisuustason nousu Rekolanojassa oli kertaluokan verran. PFAS-yhdisteiden yhteispitoisuus, havaintopaikalla Re12 oli 74–291 ng/l. Eri PFAS-yhdisteitä todettiin 13 ja PFOS-pitoisuus (6,5–11 ng/l) oli vähintään kertaluokkaa vesistön ympäristölaatu normia (AA-EQS 0,65 ng/l) suurempi.

Kahdeksasta pohjaveden näytepisteestä otettujen näytteiden PFAS-summapitoisuudet vaihtelivat välillä 3,82–2749 ng/l. Korkeimmat PFAS-pitoisuudet todettiin jätehuoltoalueen pohjoispuolen vesien havaintoputkissa. Suurin PFAS-summapitoisuus tavattiin Keravan suljetun kaatopaikan pohjoisreunan lähellä sijaitsevassa putkessa HPS8, josta edelleen pohjoiseen päin siirryttäessä myös putkissa KERCA U7. Sen sijaan jätehuoltoalueen eteläpuolella PFAS-pitoisuudet olivat jopa kahta kertaluokkaa matalampia, eli vain sadasosan luokkaa jätehuoltoalueen pohjoispuolen putkiin verrattuna, jopa hyvin lähellä kaatopaikan suotovesien purkautumispistettä. Tähän vaikuttanee voimakkaasti kallionpinta, joka nousee jätehuoltoalueen eteläpuolella paikoin jopa paljastuneeksi, estäen pohjaveden virtauksen etelään.

PFAS-kuormituksen vähentäminen

Savion vanhoilla jätteiden läjitysalueilla muodostuvat suotovedet johdetaan pääosin viemäriin ja edelleen jätevedenpuhdistamolle, mutta osa penkkujen vuotovesistä ohjataan keskitetysti Karhuntassunojaan, joka laskee Rekolanojaan. Vesien mukana tulevat PFAS-yhdisteet lisäävät yhdisteiden pitoisuutta vesistössä merkittävästi ja eliöstön suojaksi asetettu ympäristölaadunormi ylittyy.

Rekolanojaan kohdistuvan PFAS-kuormituksen vähentämiseksi jätehuoltoalueelta ympäristöön johdettavia vesiä tulee puhdistaa. Hankkeen aikana kehitetty suodatuskäsittely osoittautui toimivaksi ja se voidaan laajentaa kokoluokkaan, jolla pystytään puhdistamaan kaikki Karhuntassunojan latvoille johdettava suotovesi. Tämän hankkeen jatkohankkeessa selvitetään, riittäisikö täyden mittakaavan suotovesien puhdistus Karhuntassunojassa parantamaan vedenlaatua Rekolanojassa ja Keravanjoessa asti.

Levinneisyyskartoituksen tulosten perusteella PFAS-kuormaa Karhuntassunojan virtausreitille tuli myös muualta kuin tutkitusta suotovesiputkesta (N). Karhutassunojan pohjoisen hulevesialtaan kuormitukseen saattaa vaikuttaa alueen pohjakerrosvalunta, sillä pohjavesissä todetut pitoisuudet olivat erittäin korkeita. On myös mahdollista, että Karhuntassuntien pohjoispuolella, Myllynummen alueella, sijaitsee joitain vielä tuntemattomia PFAS-yhdisteiden päästölähteitä, koska kahden hulevesialtaan vesinäytteissä oli hieman erilaiset PFAS-yhdistekoostumukset.

Hankkeen aikana ideoitiin muitakin vaihtoehtoja, joilla PFAS-ongelmaan voitaisiin puuttua. PFAS-yhdisteistä koituvan haitan pitkäaikaisratkaisuksi veden puhdistaminen yhdessä pisteessä voi osoittautua kalliiksi verrattuna saatuun poistotehoon alueen PFAS-yhdisteiden kokonaiskuormitusta ajatellen. Sen sijaan esimerkiksi Pohjois-Amerikassa ja Ruotsissa tehtyjen in situ -stabilointien kaltaiset toimenpiteet voisivat pysäyttää tai merkittävästi hidastaa PFAS-yhdisteiden leviämistä ympäristöön. Stabilointia tukemaan olisi mahdollista hyödyntää jo olemassa olevia Karhuntassunojan alajuoksun kahta hulevesialtasta, joita voisi mahdollisesti käyttää kasvipohjaisessa haitta-aineiden poistossa (kuvat 22 ja 23). Tätä varten tarvitaan kuitenkin vielä lisää tutkimustietoa kasvien kyvystä poistaa PFAS-yhdisteitä vedestä. Kun tulee aika, jolloin Karhuntassunojan varren hulevesialtasta tulee huoltaa, esimerkiksi poistaa kasveja tai sedimenttiä, on huomioitava, että niihin on kertynyt PFAS-yhdisteitä, joita ei tule päästää takaisin ympäristöön, vaan poistettu kasvimateriaali ja sedimentti on käsiteltävä vaarallisena jätteenä.



Kuva 23. Karhuntassuntien eteläinen hulevesialla. Jätehuoltoalueen hulevedet purkautuvat altaaseen luoteen suunnasta ja ne virtaavat altaasta pois heti lännen suuntaan (Kuva: 14.10.2024 VHVSY ry).

Savion jätehuoltoalueen kaltaisia PFAS-kuormittajia löytyy Suomesta varmasti useita. Paikallisten puhdistusmenetelmien käyttöönotto, ja niissä syntyvän PFAS-kontaminoituneen jätteen, esim. suodatusmateriaalien oikea hävitys mahdollistavat PFAS-yhdisteiden vähenemisen luonnosta. Yhdyskuntajätevesidirektiivin tiukentuessa tulee myös harkittavaksi, tarvitaanko esim. vanhojen suljettujen kaatopaikkojen suotovesille ennakokäsittelyä, ennen kuin ne johdetaan puhdistamolle. Tämän hankkeen puhdistustekniikka voisi olla esikäsittelyratkaisu myös tällaiseen käyttöön Savion läjitysalueilta viemäriin johdettaville vesille. Toistaiseksi jätevedenpuhdistamoilla tehdyt poistokokeilut eivät ole tuottaneet toivottua tulosta PFAS-yhdisteiden kohdalla, ja tämä nostaa hot spot -alueiden tunnistamisen merkitystä ja syntypaikkakohtaisten puhdistusratkaisujen tärkeyttä, jotta PFAS-yhdisteiden kuormitusta pinta- ja pohjavesiin voidaan hillitä.

PFAS-ongelman ratkaisussa aivan olennaista olisi myös yhdisteiden nykyisen käytön hillitseminen. Esimerkiksi EU:ssa vireillä oleva ehdotus kaikkien PFAS-yhdisteiden käytön rajoittamisesta tukisi toteutuessaan ongelman ratkaisemista merkittävästi Euroopassa. Haitallisimmiksi tunnistettujen PFAS-yhdisteiden valmistus ja käyttö on vähentynyt voimaan astuneiden rajoitusten myötä maailmanlaajuisesti, mutta muita yhdisteitä kuitenkin edelleen kehitetään, valmistetaan ja käytetään runsaasti EU:n ulkopuolella. PFAS-yhdisteitä sisältävien tuotteiden käytön vähentäminen on hankalaa, koska yhdisteitä ei ole usein ilmoitettu tuotteiden valmistusmateriaaleissa tai ainesosaluetteloissa. Tuotteille, jotka eivät sisällä PFAS-yhdisteitä, ei ole vielä laajassa käytössä olevaa sertifiointijärjestelmää kuluttajien ohjaamiseksi.

7 Hankkeen viestintä

PFAS-yhdisteiden ja niiden aiheuttamien haittavaikutusten tuntemus on suuren yleisön joukossa ymmärrettävästi puutteellista, eikä yhdisteiden hankalat kemialliset nimet ja ongelman monitahoisuus helpota kokonaisuuteen perehtymistä. Tietoa on myös päättäjillä useimmiten vähän - jos lainkaan - minkä vuoksi aihepiiriin liittyvä päätöksenteko on haastavaa, tai koko ongelmaa ei edes tunnisteta.

Hankkeen viestinnässä keskiössä oli hankkeessa tuotetun tiedon levittäminen vesilaitoksille ja kunnille sekä haitallisten ja vaarallisten aineiden parissa työskenteleville organisaatioille, tutkijoille ja valvontaviranomaisille. Vesipuidedirektiivin mukaisen vesienhoitotyön edistäminen oli niin ikään olennainen pyrkimys. Tavoitteena oli lisätä myös alueen asukkaiden ja virkistyskäyttäjien, ns. suuren yleisön ymmärrystä aiheesta.

Hankkeelle laadittiin alussa oma kotisivu [vesiensuojeluyhdistyksen vantaanjoki.fi](https://www.vhvsy.fi/sivut/PFAS-hanke) -sivuille (<https://www.vhvsy.fi/sivut/PFAS-hanke>), jossa hankkeen toimenpiteet ja tulokset esiteltiin hankkeen aikana ja löytyvät myös sen päättymisen jälkeen. Myös hankkeen loppuraportti on kaikkien luettavissa yhdistyksen verkkosivuilla.

Puhdistuskokeiluun tutustuivat sen käynnissä ollessa useat median edustajat ja myös Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen yleissuunnittelu- ja jätevesijaostot, jotka vierailivat puhdistuskontilla 5.9.2024.

Hankkeen poistokokeilun alkamisesta laadittiin 10.9.2024 lehdistötiedote *Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta*. Tiedote on tämän raportin liitteenä (liite 3). Tiedote lähetettiin sähköpostitse niin valtakunnalliselle kuin paikallismedialle. Lisäksi tiedote lähetettiin tärkeimmille sidosryhmille; yhdistyksen hallituksen ja yleissuunnittelu- sekä jätevesijaostojen jäsenille, joiden kautta tieto saatiin alueen kunnille ja vesilaitoksille. Tiedote lähetettiin myös hankkeen rahoittajille.

Em. tiedotteen perusteella Helsingin Sanomien toimittaja ja kuvaaja vierailivat kontilla syyskuun 2024 lopussa. Helsingin Sanomat julkaisi 3.10.2024 sivun laajuisen artikkelin PFAS-poistokokeilusta (kuva 24). Yhdistys jakoi HS artikkelia edelleen omissa sosiaalisen median kanavissaan Facebookissa, viestipalvelu X:ssä ja LinkedIn:ssä. Julkaisut saivat yhteensä satoja näyttökertoja, kymmeniä reaktioita ja lukuisia edelleen jakoja.

Hankkeesta julkaistiin artikkeleja myös alueen paikallislehdissä, mm. Vantaan Sanomat 10.2.2025 ja Keski-Uusimaa 13.2.2025 (kuva 25). Lisäksi hankkeen toiminnasta kerrottiin mm. Itämerihaasteen (Lokikirja 11/2024) ja Uudenmaan ely-keskuksen (Kelluslehti kesäkuu 2025) uutiskirjeissä. Yhdistys kertoi hankkeen alkamisesta ja etenemisestä myös omassa sähköisessä Viestejä Vantaanjoelta -uutiskirjeessään (2/2024 ja 4/2024), jonka jakelulista käsittää noin 400 eri tahoa.

Lokakuun 2024 lopussa myös Ylen toimittaja ja kuvaaja vierailivat tutustumassa hankkeen puhdistuskokeiluun. Varsinainen aihetta käsittelevä juttu tuli Ylen 20.30 pääuutislähetyksessä vuoden 2025 tammikuussa.

UUTiset

Keravan vanha kaatopaikka tuo myrkkyyvettä Vantaanjokeen

Maisemoidun kaatopaikan vierestä löytyi "lähde", josta purkautuu haitallisia pfas-yhdisteitä. Suotovesien puhdistuskokeilu lupaa hyvää.

Heli Saavalainen HS

RUSKEA vesi pulppua metsän reunaa kiertävän ojan suvannosta kuin lähde. Syyskuussa on raikas, mutta ojan kohdalla ilman täyteläistä lievästi tunkkainen haju.

Kaatopaikkavedestä onkin kyse. Vieressä on Savion vanha kaatopaikka Keravalla, ja ojaan pääsee niin sanottua suotoveitä maisemoidun jätealueen uumenista. Vesi näyttää tavalliselta ojavedeltä, mutta vaarallista se ei ole. Lähde on myrkyllinen.

Vedessä on hyvin korkeita pitoisuuksia iluissuunkemikaaleiksi kutsuttuja pfas-kemikaaleja eli per- ja polyfluorattuja alkyyliryhdyhdisteitä. Ne ovat ympäristössä erittäin pysyviä ja terveydelle haitallisia.

Ojassa oleva "lähde" on yksi Vantaanjoen isoista suotutajista. Sen kautta ympäristömyrkyt päätyvät Vantaanjokeen ja edelleen Vantaanjokeen, jonka vedestä on mitattu korkeita pfas-pitoisuuksia. Ne tuntuvat Suomenlahdella saakka.

Vanhankaupunginlahden kaistoista on mitattu niin korkeita kemikaalipitoisuuksia, että Helsingin kaupunki on asettanut kalolalle syönteirajoituksia.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys on kartoittanut myrkyjen alkulähteitä. Sellainen on Savion vanha kaatopaikka, jonne kasattiin yhdyskuntajätettä vuodesta 1964–2004.

Kaatopaikka on vuosia sitten peitetty ja jälkihoitettu, mutta jätealueelta valuu edelleen myrkyä ympäristöön.

"Kaatopaikan pohjaa ei ole aikanaan eristetty, ja suotovesiä pilaa alueen ulkopuolelle", kertoo vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja Anu Oksanen.

Tämä näkyy alueen pinta ja pohjavesissä, joista mitataan toisruvasti korkeita pfas-pitoisuuksia. Yhdisteet ovat erittäin pitkäikäisiä, ja ne säilyvät ympäristössä pidempään kuin mikään muut syntetisat aineet. Siksi niitä kutsutaan iluissuunkemikaaleiksi.

Pfas-yhdisteet ovat haitallisia paitsi ympäristölle myös ihmisten terveydelle. Ne muun muassa heikentävät immuuniteettiä ja siten rokotteiden tehoa, ovat syöpävaarallisia ja aiheuttavat mak-



Savion vanha kaatopaikka Keravalla on maisemoitu, mutta pohjasta valuu kemikaaleja ympäristöön. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen pohjavesiasiantuntija Harri Turtiainen (ylim-pänä), suotovesien käsittelyä vastaava Antti Seppälä Engwater-yhtiöstä ja vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja Anu Seppälä kiipeävät jätetäsmän päälle.

Keravan vanha kaatopaikka vuotaa pfas-kemikaaleja

Saasteet päätyvät ojaan pitkin Keravanjokeen ja edelleen Vantaanjokeen



Tuho Klemm / HS, © Mapbox Inc. / © Here

savaurioita ja lisääntymisongelmia.

Savion vanhan kaatopaikan alue on iso maahanrakennus koko Vantaanjoen kannalta.

"Tässä on Rekolanjoen valuma-alue, joka on Vantaanjoen

saastuneimpia osia", Oksanen harmitelee.

Rekolanoja on tärkeä kumpukipuro, ja sitä halutaan suojella. Vesiensuojeluyhdistys onkin aloittanut yhdessä Keravan ja Vantaan kaupunkien kanssa ilu-



Pohjavesiasiantuntija Harri Turtiainen ottaa vesinäytteen puhdistamattomasta ojaavedestä.

suuskemikaalit pois kiertosta hankkeen. Siinä kokeillaan keinoja saada pfas-yhdisteitä pois vesistä, ennen kuin myrkyt levähtävät laajemmalle ympäristöön.

ISOIKSI saastelluunkeski paljastunut pulppuava lähde löytyi viiteen nummea muistuttavan entisen kaatopaikan takaa, Karhumassunojasta. Sinne jätealueen suotovedet purkautuvat.

"Vettä johdetaan suodatuslaitteistoon, jossa aktiivihiilipohjaiset ja synteettiset massat poistavat pfas-yhdisteitä suotoveistä", kertoo vedenkäsittelyä asiantuntija Antti Seppälä Engwater-yhtiöstä.

Engwater vastaa kientäkoeläjästytyä ja Keravan Energian päälle pystytettyyn merikonttiin kootun käsittelylaitteiston toiminnasta.

Puhdistuslaitteistoon vettä

Fakta

Laajalle levinneitä ympäristömyrkyjä

● Pfas-kemikaalit, eli poly- ja perfluorotut alkyyliryhdyhdisteet, ovat laajasti teollisuudessa ja muun muassa kosmetiikassa, veden- ja tuulenpitävissä vaatteissa, tarttumattomissa paistipannuissa, palonestoaineissa ja sukisivoiteissa käytettyjä kemikaaleja.

● Ne ovat suosittuja, koska ne hylkivät vettä, öljyä ja rasvaa ja ovat hyvin kestäviä. Laajan käytön seurauksena niitä on kertynyt maailmanlaajuisesti kaikkialle ympäristöön ja eläimiin.

● Terveystieteiden vuoksi Euroopan komissio asetti vuoden 2023 alussa rajat elintarvikkeiden suurimmille pfas-pitoisuuksille. Raja-arvot määriteltiin lihalle, kalalle ja äyriäisille sekä kananmunille.

● Myös talousveden sisältämille pitoisuuksille on säädetty raja-arvot.

johtava pumpu on asennettu lähteeseen, jota Seppälä kutsuu hilloilimäksi.

"Tässä suotovesi pulppua ojaan ja pfas-pitoisuudet ovat korkeimmat", Seppälä esittelee.

SUODATUSKOEILUN tarkoitus on kerätä pfas-yhdisteiden puhdistuksesta tieto, jota voidaan hyödyntää vastaavissa paikoissa muualla.

"Ratkaisu on olemassa, kunhan näkee vähän valvua", Seppälä sanoo.

Elokuussa alkaneen suodatuskokeilun tulokset ovat lupaavia, kertoo seurannasta vastaava pohjavesiasiantuntija Harri Turtiainen vesiensuojeluyhdistyksestä.

"Lähteestä lähtevä vesi on ollut pfas-yhdisteistä puhdasta. Pitoisuudet ovat olleet alle määritysrajan."

Anu Oksanen on tyytyväinen: "Tämä osoittaa, että lähteistö toimii. Olen todella iloinen."

Lähteistö puhdistaa nyt sata litraa lihaista vettä tunnissa. Saastunutta vettä on käsitelty lähes 50 kuutiota.

Määrä on murto-osa kaatopaikalta pulppuavasta ja Vantaanjokeen saastuttavasta suotoveestä. Oksanen toivookin, että menetelmä voidaan skaalata isoksi, jolloin voitaisiin säilyttää isoja hyötyjä.

Vantaanjoella ongelmaan puuttaminen on tärkeä jo siksi, että joki toimii pääkaupunkiseudulla 1,3 miljoonan ihmisen vakaavavälikseen.

Vastaava käytöstä poistettuja kaatopaikkoja Suomessa melkein joka kunnassa. Niiden sisältöä ei tiedä tarkasti lukea.

Kuva 24. Helsingin Sanomien artikkeli PFAS-yhdisteiden puhdistuskokeilusta 3.10.2024.

Hankkeesta ja sen tuloksista pidettiin esitelmiä mm. Vantaanjoki-neuvottelukunnalle, joka edistää yhteistyötä ja tiedonvälitystä alueen eri toimijoiden välillä vesiensuojelua, luonnon monimuotoisuutta, virkistyskäyttöä ja vedenhankintaa koskevissa hankkeissa. Ympäristöministeriön vuoden 2024 pohjavesipäivillä hanketta esiteltiin noin 300 henkilön seminaariyleisölle, joka koostui ympäristöalan asiantuntijoista sekä viranomaisista.

Yhdistys sai hankkeen saaman medianäkyvyyden myötä runsaasti yhteydenottoja hankeyhteistyön merkeissä, ja lisäksi mm. erilaisiin käsittelyratkaisuehdotuksiin ja yleisiin huolenaiheisiin liittyen. Hanke teki loppupuoliskolla yhteistyötä mm. Interreg Baltic Sea Region -rahoitusta saaneen EMPEREST-hankkeen kanssa, jonka pää toteuttaja on Turun kaupungin kehittämispalveluissa toimiva Itämeren kaupunkien liiton Kestävien kaupunkien komissio. Yhdistys on osallistunut myös Syken koordinoiman kansallisen PFAS-verkoston kokouksiin ja Swedish Environmental Research Institute:n (ivl) järjestämiin Baltic Sea PFAS Network -kokouksiin.

Runsas kanssakäyminen eri tahojen kanssa aihepiirin tiimoilta toi entistä selkeämmin esiin lisätiedon tarpeita. Yleisen huolen herääminen ja puhdistustoimissa ja -kokeiluissa aktivoituminen on myönteistä tulevaisuuden kehityksen kannalta, mutta toisaalta sisältää myös paljon sudenkuoppia, jos esimerkiksi puhdistusratkaisuja hankittaessa päättäjien perusymmärrys aihepiiristä on liian puutteellinen.

VHVSY on jatkohankkeen myötä jatkamassa PFAS-yhdisteiden puhdistamista Savion vanhan kaatopaikan suotovesistä, siten että puhdistus skaalataan kattamaan keskimäärin koko Karhuntasunojan virtaamaan. Näin päästään tuottamaan edelleen lisätietoa mm. kunnille tämäntyyppisen puhdistusoperaation vaatimuksista ja kustannuksista. Tulosten perusteella pystytään arvioimaan myös entistä paremmin yksittäisen hot spot –alueen puhdistamisen merkitystä vastaanottavan vesistön kannalta - tässä tapauksessa toisin sanoen; näkykö yhden merkittävän kuormituslähteen eliminointi Rekolanojan tai jopa Keravanjoen vedenlaadussa. Tiedolla on merkitystä päätöksenteossa, kun arvioidaan mahdollisen pysyvämmän puhdistuslaitteiston kustannus vs. hyöty -suhdetta. Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hankkeenkin tuloksista käydään kertomassa kuntien päättäjille (esim. esitelmät lautakunnissa) mahdollisuuksien mukaan osana jatkohankkeen viestintää.

Suomen ympäristökeskuksessa on ympäristöministeriön tilauksesta käynnistynyt vuonna 2025 työ kansallisen PFAS-tiekartan laatimiseksi. Se on tarpeellinen toimenpide PFAS-ongelman kokonaistilanteen hahmottamiseksi. Yhdistys on myös osallistunut tiekartan sidosryhmätyöskentelyyn. Suuri tarve on myös luotettavalle tiedolle puhdistusmenetelmien toimivuudesta. Mikäli puhdistustoimiin tullaan jatkossa osaa toimijoista velvoittamaan regulaatiolla, on tärkeää olla saatavilla puolueetonta tietoa erilaisista puhdistusmenetelmistä ja niiden toimivuudesta, jotta puhdistukseen laitettava taloudellinen panostus tuottaisi mahdollisimman tehokkaasti myös vesiensuojellista hyötyä.



Keravalla pulputtaa vaarallinen ”hillosilmä”

Uudellamaalla on enemmän huonossa tilassa olevia pohjaviesiä kuin muualla Suomessa. Asiantuntija kertoo, miten tämä pitäisi ottaa kodeissa huomioon.

Minna Harmaala

Vanhien kaatopaikoiden tuntumassa pulputtaa kottaraisen viattoman näköinen silmä, mutta se on osoittautunut ihmiselle erittäin vaarallisen kemikaalien ”hillosilmäksi”. Täältä, Keravan Savolta, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesienpuhdistuskeskusten asiantuntijat ovat ottaneet huomioon näytenä todistukseen, että esimerkiksi Suomessa jo olemassa olevia pohjaviesiä ei voida poistaa vedestä.

Osa terveydelle haitallista aineista hajotaa pohjaviesissä nopeasti haitattomiksi, mutta Savon hillosilmäsi muuttavat pfas-yhdisteet ovat juuri niin peikkäisiä kuin niiden kansainvälinen nimitys antaa ymmärtää: luonnonkemikaaleja.

Ne eivät käytännössä häviö mihinkään. Pitoisuus tullaan jatkamaan, kun aine leviää pohjaviesissä, mutta se ei juurikaan hajoa huonossa, kertoo ylitarkastaja

Maia Juntanen Uudenmaan ely-keskuksesta, joka vastaa pohjaviesien tilan luokituksesta.

Pfas-yhdisteistä pidettiin niin vaarallisina, että EU valmistellee lainsäädäntöä niiden kiertämisestä.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesienpuhdistuskeskusten aloitti pfas-yhdisteiden seurannan jo 2010-luvulla, kertoo toiminnanjohtaja **Anu Oksanen**.

– Muistan vielä, kun luin yhteistyöraportin raportin ensimmäisen toimintapöytäkirjan pohjaviesien ja alon katoa, että tässäkin paikkakunnassa oli kaikki näille kemikaaleille asetetut väliaikaiset turvatasot.

Savon ympäristökeskuksen raportti vuodelta 2006–2007 paljasti, että 14 kunnan läpi virtaavassa Vantaanjoessa oli pfas-yhdisteitä enemmän kuin missään muussa Suomessa – 65 kertaa niin paljon kuin keskiarvo saastuneimmissa Pohjois-Suomessa.

Kuivatuskemikaalit ovat olleet suosittuja rakentamis-

tuotteissa, kuten vanhoissa teflon-pannuissa ja palonestoissa. Teflon-pannat ja pfas-palonestoilla kyllästetyt tavarat ovat kasautuneet lopulta yhteen paikkaan: kaatopaikalle.

Siksi vesienpuhdistuskeskusten turkijat löysivät pfas-yhdisteiden ”hillosilmä” juuri Savolta.

Ensien kaatopaikan kaatopaikat perustuvat lähes puuroon, Karhunkaivon kaatopaikalle.

Ongelmaahan on, että jos niitä ei sinä pistessä puhdisteta, sen jälkeensä ne hiljalleen leviävät ensin vesistöön laajemmalle aina Kera-
vankseen ja Vantaanjokeen saakka sekä imeytyvät maaperään ja menevät pohjaviesiin, Anu Oksanen toteaa.

Luonnonkemikaalien saastuttamaa vettä ei juuri valu Savolta erittäin kalliin Vantaanjoen pohjaviesienpuhdistuskeskukseen, yhdistyksen pohjaviesiasiantuntija **Harri Turtiainen** kertoo. Vantaanjoen laakea Hel-

Kuva 25. Keski-Uusimaassa julkaistiin hankkeen tuloksista artikkeli 13.2.2025.

8 Lähteet

Aluehallintoviraston päätös nro 154/2017/1. Dnro ESAVI/5865/2014. Kierrätyspuiston ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen ja toiminnan olennainen muuttaminen, Kerava.

Assmuth, T., Poutanen, H., Strandberg, T., Melanen, M., Penttilä, S., Kalevi, K. 1990. Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset – riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja Sarja A 67.

Ateia, M., Chiang, D., Cashman, M., Acheson, C. 2024. Total oxidizable precursor (TOP) assay – Best practices, capabilities and limitations for PFAS site investigation and remediation. EPA public access.

Bubanale, S., Shivashankar, M. 2017. History, Method of Production, Structure and Applications of Activated Carbon. International Journal of Engineering Research and. V6.

Burns, D. J., Hinrichsen, H. M., Stevenson, P., Murphy, P. J. C. 2022. Commercial-scale remediation of per- and polyfluoroalkyl substances from a landfill leachate catchment using Surface-Active Foam Fractionation (SAFF®). Remediation, 32, 139–150.

Capozzi, S., Leang, A., Rodenburg, L., Chandramouli, B., Delistraty, D., Carter, C. 2023. PFAS in municipal landfill leachate: Occurrence, transformation, and sources. Chemosphere. 334, 138924.

Dixit, F., Dutta, R., Barbeau, B., Berube, P., Mohseni, M. 2021. PFAS removal by ion exchange resins: a review. Chemosphere. 272, 129777.

Du, Z., Deng, S., Bei, Y., Huang, Q., Wang, B., Huang, J., Yu, G. 2014. Absorption behavior and mechanism of perfluorinated compounds on various adsorbents- a review. Journal of hazardous materials: 274, 443-454.

Envineer Oy, 2021. L&T Teollisuuspalvelut Oy, Savion suljetun kaatopaikan kaasujen jatkotarkkailusuunnitelma.

Finnish Consulting Group Oy. 2023. Savion jätehuoltoalueen vesien tarkkailu, perusteellinen yhteenvetoraportti 2020-2022.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. 2014. KERCA III LÄNSIOSA (2277B) ASEMAKAAVAN MUUTOSEHDOTUS POHJAVESISELVITYS. 28.3.2014.

Fenton, S.E., Ducatman, A., Boobis, A., DeWitt, J.C., Lau, C., Ng, C., Smith, J.S., Roberts, S.M. 2021. Per-and Polyfluoroalkyl Substance Toxicity and Human Health Review: Current State of Knowledge and Strategies for Informing Future Research. Environmental Toxicology and Chemistry 40(3):606–630.

Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I.T., DeWitt, J.C., Goldenman, G., Herzke, D., Lindstrom, A.B., Lohmann, R., Ng, C.A., Trier, X., Wang, Z. 2020. An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environ Sci Process Impacts*. 2020 Dec 1;22(12):2345-2373.

Greger, M. Landberg, T., Kaur, H. 2021. Removal of PFAS from Water by Plants. *Int. J Environ Sci Nat Res*. 2021: 28(2):556223.

Johansson, J.H., Shi, Y., Salter, M., Cousins, I.T., 2018. Spatial variation in the atmospheric deposition of perfluoroalkyl acids: source elucidation through analysis of isomer patterns. *Environ. Sci. Proc. Impacts*, 20, 997-1006.

Kafle, A., Timilsina, A., Gautam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A., Aryal, N. 2022. Phytoremediation: Mechanism, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. *Environmental Advances*. 8: 100203.

Kavusi, E., Ansar, B.S.K., Ebrahimi, S., Sharma, R., Ghoreishi, S.S., Nobaharan, K., Abdoli, S., Dehghanian, Z., Lajayer, B., Senapathi, V., Price, G.W., ja Astatkie, T. 2023. Critical review on phytoremediation of polyfluoroalkyl substances from environmental matrices: Need for global concern. *Environmental research*, 217, 11844.

Keravan Energia Oy, 2025. Keravan biovoimalaitos. Sivulla vierailtu 20.3.2025. <https://www.keravanenergia.fi/keravan-energia-yhtiöt/tuotantolaitokset-biovoimalaitos-ja-aurinkovoimala/keravan-biovoimalaitos/>

Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, 2019. Keravan kaupunki, Ympäristölupa ja aloituslupa, Kerava. ympäristölupapäätös pilaantumattomien maa-ainesten vastaanotolle, välivarastoinnille ja loppusijoittamiselle (maankaatopaikkatoiminnalle).

Lassila & Tikanoja Oyj. 2017. Savion läjitysalue. Tavanomaisen jätteen loppusijoituksen sulkeminen, väliraportti 2016.

Lewis, A.J., Yun, X., Spooner, D.E., Kurz, M.J., McKenzie, E.R., Sales, C.M. 2022. Exposure pathways and bioaccumulation of per- and polyfluoroalkyl substances in freshwater aquatic ecosystems: ket considerations. *Science Total Environment*. 153561.

Lu, J., Lu, H., Liang, D., Feng, S., Li, Y., Li, J. 2023. A review of the occurrence, monitoring, and removal technologies for the remediation of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) from landfill leachate. *Chemosphere*. 332, 138824.

MacKeown, H., Magi, E., Di Carro, M., Benedetti, B. 2024. Removal of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances from tap water by means of point-of use treatment: A review. *Science of the total environment*: 954, 1766764.

Paulasalo, L., Hautamäki, H., Liikanen, R. Raakaveden omavalvonnan tutkimukset vesihuoltolaitoksilla. 2025. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 99. Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Reinikainen, J., Perkola, N., Takala, M., Äystö, L., Ahkola, H. 2019. Perfluorattujen alkyyliyhdisteiden ympäristötutkimukset ja riskinarviointi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 21/2019.

Sabba, F., Kassar, C., Zeng, T., Mallick, S.P., Downing, L., McNamara, P. 2024. PFAS in landfill leachate: Practical considerations for treatment and characterization. *J Hazard Mater.* 2025 Jan 5:481:136685.

Singh, D, Dikshit, A.K., Dangi, M.B. 2025. Technological advances in per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) removal from landfill leachate: Source identification and treatment options. *Emerging Contaminants*, Volume 11, Issue 2, June 2025, 100458.

Svensson J. 2021. The potential for binding PFAS using biochar and phytoremediation. Lund University, Department of Physical Geography, and Ecosystem Science.

Turtiainen, H. 2023. PFAS-yhdisteiden esiintyminen taajama-alueiden pohjavesissä. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys. Raportti 19/2023.

Uudenmaan ympäristökeskus. 2007. Päätös ympäristönsuojelulain 35 §:n mukaisesta lupahakemuksesta, joka koskee Lassila & Tikanoja Oyj:n Savion jäätysalueen toimintaa Keravan kaupungissa. Dnro UUS-2004-Y-817-111.

Vahtera, H., Fjäder, P., Ahkola, H., Laitinen, J., Lehto, R., Nystén, T., Rytteri, T. 2022. KasviHAVA-hanke – Haitta-aineiden pidättäminen hulevesialtaissa. Julkaisu 90/2022 Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry.

Wang, T.-T., Ying, G.-G., He, L.-Y., Liu, Y.-S., Zhao, J.-L. 2020. Uptake mechanism, subcellular distribution, and uptake process of perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonic acid by wetland plant *Alisma orientale*. *Science of the Total Environment*, Volume 733, 139383.

Wang, T.-T., Ying, G.-G., Shi, W.-J., Zhao, J.-L., Liu, Y.-S., Chen, J., Ma, D.-D., Xiong, Q. 2020. Uptake and translocation of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) by wetland plants: Tissue- and cell-level distribution visualization with desorption electrospray ionization mass spectrometry (DESI-MS) and transmission electron microscopy equipped with energy-dispersive spectroscopy (TEM-EDS). *Environmental Science & Technology*, 54(10), 6009–6020.

Zhang, D, Zhang, W. & Liang, Y. 2019. Distribution of eight perfluoroalkyl acids in plant-soil-water systems and their effect on the soil microbial community. *Science of The Total Environment*, Volume 697, 20 December 2019, 134146.

9 Liitteet

Liite 1. Hankkeessa käytetyn PFAS₅₁-analyysipaketin yhdisteet ja yhdistekohtaiset määrittäysrajat

Analyytti:	Raportointirajat:
PFBA (perfluoributaanihappo)	0,01 µg/l
PFPeA (perfluoripentaanihappo)	0,01 µg/l
PFHxA (perfluorihexaanihappo)	0,01 µg/l
PFHpA (perfluoriheptaanihappo)	0,01 µg/l
PFOA (perfluorioktaanihappo)	0,01 µg/l
PFNA (perfluorinonaanihappo)	0,01 µg/l
PFDA (perfluoridekaanihappo)	0,01 µg/l
PFUnDA (perfluoriundekaanihappo)	0,01 µg/l
PFDoDA (perfluoridodekaanihappo)	0,01 µg/l
PFTTrDA (perfluoritridekaanihappo)	0,025 µg/l
PFTeDA (perfluoritetradekaanihappo)	0,025 µg/l
PFOS (perfluorioktaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFHxS (perfluorihexaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
6:2 FTS (6:2 fluoritelomeerisulfonaatti)	0,01 µg/l
PF-3,7-DMOA (perfluori-3,7-dimetyylioktaanihappo)	0,01 µg/l
HPFHpA (7H-perfluoriheptaanihappo)	0,01 µg/l
8:2 FTS (8:2 fluoritelomeerisulfonaatti)	0,01 µg/l
EtFOSA (n-etyyliperfluorioktaanisulfonamidi)	0,05 µg/l
EtFOSE (n-etyyliperfluorioktaanisulfonamidoetanoli)	0,025 µg/l
MeFOSA (n-metyyliperfluorioktaanisulfonamidi)	0,05 µg/l
MeFOSE (n-metyyliperfluorioktaanisulfonamidoetanoli)	0,025 µg/l
10:2 FTS (10:2 fluoritelomeerisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFOSA (perfluorioktaanisulfonamidi)	0,01 µg/l
PFOSAA (perfluorioktaanisulfonamidoetikkahappo)	0,01 µg/l
MeFOSAA (n-metyyliperfluorioktaanisulfonamidoetikkahappo)	0,01 µg/l
EtFOSAA (n-etyyliperfluorioktaanisulfonamidoetikkahappo)	0,01 µg/l
PFHpS (perfluoriheptaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFHxDA (perfluorihexadekaanihappo)	0,05 µg/l
PFOcDA (perfluorioktadekaanihappo)	0,05 µg/l
PFBS (perfluoributaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFPeS (perfluoripentaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFNS (perfluorinonaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFDS (perfluoridekaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFUnDS (perfluoriundekaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFDoDS (perfluoridodekaanisulfonihappo)	0,025 µg/l
4:2 FTS (4:2 fluoritelomeerisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFTTrDS (perfluoritridekaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
PFMBA (perfluori-4-metoksibutaanihappo)	0,01 µg/l
PFMPA (perfluori-3-metroksipropaanihappo)	0,01 µg/l
11CL-PF3OUdS (11-klooriekoisafluori-3-oksaundekaani-1-sulfonihappo)	0,02 µg/l
9CL-PF3ONS (9-kloorihexadekafluori-3-oksanonaaani-1-sulfonihappo)	0,01 µg/l
DONA (4,8-dioksa-3H-perfluoronihappo)	0,02 µg/l
PFPrS (Perfluoripropaanisulfonihappo)	0,01 µg/l
HFPO-DA (2,3,3,4-tetrafluori-2-(heptafluoripropoksi)propaanihappo)	0,01 µg/l
H4PFUnDA (2H,2H,3H,3H-perfluoroundekaanihappo)	0,003 µg/l
7:3 FTCA (2H,2H,3H,3H-perfluoridekaanihappo)	0,003 µg/l
8:2 FTCA (2H,2H-perfluoridekaanihappo)	0,01 µg/l
PFECHS (perfluori-4-etyylisykloheksaanisulfonihappo)	0,003 µg/l
3:3 FTCA (2H, 2H, 3H, 3H-perfluorihexaanihappo)	0,003 µg/l
5:3 FTCA (2H, 2H,3H,3H-perfluori-oktaanihappo)	0,01 µg/l
PFEESA (Perfluori(2-etoksietaaani) sulfonihappo)	0,01 µg/l
6:2 FTCA (2H,2H-perfluori-oktaanihappo)	0,01 µg/l
6:2 FTUCA (2H-perfluori-2-okteenihappo)	0,01 µg/l
8:2 FTUCA (2H-perfluori-2-dekeenihappo)	0,01 µg/l

Liite 2. Pohjavesinäytteenoton kenttähavainnot ja kenttämittausten tulokset

Putken tunnus	Havaintopaikan kuvaus	Pohjaveden pinnan korkeus (N2000)	Lämpötila (°C)	pH	ORP (mv)	Happi (kyl-%)	Sähkönjohtavuus (µs/cm)	Antoisuus	Ulkonäkö/haju
K2008	21,9 m syvä havaintoputki (todennäköisesti kalliopohjavesiputki)	+49,16	7,6	6,28	30	6,9	355	kohtalainen (5 l/min)	lievästi ruskea, kirkas/hajuton
HP35_13	Keskisyvä, suurimmaksi osaksi kallioon kairattu havaintoputki	+48,84	8,3	6,26	49	2,9	144	kohtalainen (3 l/min)	Kellertävä, kirkas/hajuton
HP5A_13	Matala, suurimmaksi osaksi kallioon kairattu havaintoputki	+43,46	8,4	6,67	59	3,4	199	erittäin heikko (0,5 l/min)	Väritön, kirkas/hajuton
KER-CAU7	Matala, kallioperään ulottuva havaintoputki	+40,64	10,4	6,61	-65	1,4	785		Väritön, samaa/rikkivety ja tunnistamaton sivuhaju
HP36M	Keskisyvä, kallioperään asti ulottuva havaintoputki	+34,16	9,1	6,17	-94	35,0	526	erittäin huono (alle 0,5 l/min)	Ruskea, samaa/voimakas rikkivety ja kaato- paikka
HP37	Matala, kallioperään asti ulottuva havaintoputki	+39,20	10,0	6,43	24	4,5	913	erittäin huono (0,5 l/min)	Ruskea, samaa/hajuton
HPS8	Syvä, suurimmaksi osaksi kallioon kairattu havaintoputki	+45,67	8,3	6,52	-100	-	1165	heikko (2 l/min)	Väritön, kirkas/voimakas rikkivety
HP33	Matala, kallioperään kairattu havaintoputki	+46,72	9,9	6,90	-65	-	937	heikko (1,8 l/min)	Kellertävä, kirkas/voimakas rikkivety ja kaato- paikka

Liite 3. Hankeen tiedote 10.9.2024



Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta

Ikuisuuskemikaaleiksi kutsutut PFAS-yhdisteet ovat ryhmä synteettisiä kemikaaleja, joita on käytetty kymmeniä vuosia kotitalouksissa ja teollisuudessa suojaamaan tekstiileitä, pakkauksia ja ruoanvalmistusastioita liialta ja kosteudelta. Teollisuudessa vettä ja rasvaa hylkiviä aineita on käytetty moniin tarkoituksiin, mm. metallien pinnoitukseen. Palosammutusvaahdot ovat aiemmin olleet yksi aineen merkittävä käyttökohde, sittemmin käyttöä on voimakkaasti rajoitettu ymmärrettäessä yhdisteiden haitalliset ominaisuudet.

Per- ja polyfluoroalkylyihdisteistä (PFAS) ainakin osan tiedetään olevan haitallisia ihmisille ja ympäristölle. Ne mm. heikentävät immunitettia, ovat karsinogeenisia ja aiheuttavat maksavaurioita ja lisääntymisongelmia. Suomessa Vantaanjoen ja sen sivuhaaran Keravanjoen alajuoksun alue on pahiten PFAS-yhdisteillä saastunut vesialue. Vantaanjoella ongelmaan puuttuminen on olennaista jo siksi, että Vantaanjoki toimii pääkaupunkiseudulla 1,3 miljoonan ihmisen vararaakavesilähteenä.

Tunnistettu päästölähde hallintaan

Keravanjokeen laskevan Rekolanojan osavaluma-alueelta havaittiin korkeita PFAS-pitoisuuksia Savion alueen pinta- ja pohjavesistä vuosina 2021 ja 2023 tehdyissä selvityksissä. Yksi yhdisteiden päästölähde on Keravan vanha kaatopaikka, johon kasattiin yhdyskuntajätteitä vuosina 1964–2004. Kaatopaikka on vuosia sitten peitetty ja jälkihoidettu, mutta pitkäikäisiä PFAS-yhdisteitä valuu alueelta edelleen pintavesiin. Yhdisteiden tiedetään säilyvän ympäristössä pidempään kuin minkään muun synteettisen aineen ja siksi ne aiheuttavat huolta edelleen.

Rekolanoja on tärkeä kaupunkipuro ja sitä halutaan suojella. Keravan ja Vantaan kaupungit yhdessä Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen (VHVSY) kanssa aloittivat elokuussa Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hankkeen, jossa selvitetään PFAS-yhdisteiden levinneisyyttä Rekolanojan yläjuoksulla ja yhdisteiden kulkeutumisreitit alueen pinta- ja pohjavesiin sekä kokeillaan keinoja saada PFAS-yhdisteitä pois kierrosta ennen niiden leviämistä tunnetusta päästölähteestä laajemmalle. ”Tavoitteena on löytää toimivia ratkaisuja paikkakohtaiseksi käsittelyinfrastruktuuriksi tunnetusti PFAS-yhdisteillä likaantuneen huleveden käsittelemiseksi. Samalla tavoitteena on luonnollisesti minimoida päästöt vesistöön ja pohjavesiin, ja vähentää hulevestä aiheutuvaa ympäristökuormitusta.” tiivistää Anu Oksanen VHVSY:stä.

PFAS-yhdisteiden poistokokeilu kuormituslähteellä

Savion vanhan kaatopaikan suotovesien puhdistamista kokeillaan nyt käytännössä. ”Likaantunutta vettä pumpataan suodatuslaitteistoon, jossa aktiivihiilipohjaiset ja synteettiset massat poistavat PFAS-yhdisteitä suotovedestä”, kertoo Antti Seppälä Engwater Oy:stä. Engwater Oy vastaa hankkeen kenttäkoejärjestelystä ja merikonttiin kootun käsittelylaitteiston toimintaa seurataan näytteenotoin. Elokuussa alkaneen poistokokeen tulokset ovat olleet lupaavia, kertoo seurannasta vastaava Harri Turtiainen VHVSY:stä: ”Tässä vaiheessa laitteistosta lähtevä vesi on ollut PFAS-yhdisteistä puhdasta.”

PFAS-yhdisteiden pidättymistä valittuihin adsorbentteihin tarkkaillaan ja laitteiston kapasiteettia seurataan syksyn ajan. Tällä hetkellä laitteisto puhdistaa noin 100 litraa likaista vettä tunnissa. Tähän mennessä PFAS-yhdisteillä saastunutta vettä on puhdistettu hankkeessa lähes 30 000 litraa. Työ jatkuu pakkasiin asti.

PFAS-yhdisteiden poistamisesta tekee haastavaa niiden monimuotoisuus. Jokaisella yhdisteellä on omat ainutlaatuiset ominaisuutensa, ja jotkut yhdisteistä voivat myös pilkkoutua ja muuntua uusiksi yhdisteiksi. Tietoa PFAS-yhdisteiden poistamiseksi erilaisista vesistä tarvitaan, sillä nykyaikaisten jätteenkäsittelylaitosten vedet johdetaan jätevedenpuhdistamoille, joiden puhdistusprosessi on toistaiseksi riittämätön PFAS-yhdisteiden poistoon. Uutta puhdistustekniikkaa tarvitaan sekä kuormituslähteille että puhdistamoille, jonne myös kuluttajien PFAS-kuorma kohdistuu. PFAS-yhdisteiden aiheuttama potentiaalinen riski on myös huomioitu talousveden laadun kannalta, ja talousveden sisältämille PFAS-yhdisteiden pitoisuuksille on säädetty raja-arvot, joita ei saa ylittää. Paikoin voi myös talousvettä tuottavilla laitoksilla tulla eteen tarve päästä eroon näistä haitallisista yhdisteistä.



PFAS-yhdisteiden aiheuttamiin ongelmiin on havahduttu viime vuosina maailmanlaajuisesti. Näiden kemikaalien käyttöä rajoitetaan lainsäädännöllä, mutta uusia yhdisteitä kehitetään edelleen. Vesiluontoon yhdisteitä voi päätyä hule- ja jätevesien mukana. ”Nopeaa ratkaisua tähän vuosikymmenten aikana syntyneeseen ongelmaan ei ole, mutta pahimpiin päästölähteisiin löydetään varmasti toimivia paikallisia ratkaisuja, joten yhdisteiden aiheuttamia haittoja voidaan ja pitää torjua aktiivisesti” pohtii Anu Oksanen.

Kuva. Vesistöalueen toimijoita tutustumassa puhdistuslaitteistoon Saviolla.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry toteuttaa Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hanketta yhteistyössä Keravan kaupungin ja Vantaan kaupungin sekä Engwater Oy:n kanssa. Myös yhdistyksen jäsenistö tukee hanketta hankeavustuksin. Ympäristöministeriö on myöntänyt hankkeelle avustusta noin 102 500 euroa.

Lisätietoja antavat:

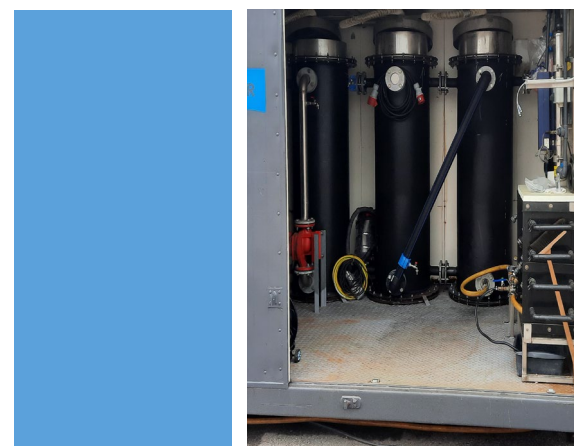
toiminnanjohtaja Anu Oksanen, p. 050 3726018, anu.oksanen@vantaanjoki.fi

pohjavesiasiantuntija Harri Turtiainen, p. 044 3224210, harri.turtiainen@vantaanjoki.fi

limnologi Heli Vahtera, p. 050 3270202, heli.vahtera@vantaanjoki.fi

Vuonna 1963 perustettu Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry on voittoa tavoittelematon vesiensuojelutoimija, joka edistää toiminnallaan alueen vesiensuojelua, virkistyskäyttöä ja uhanalaisten vaelluskalakantojen tilaa. Yhdistyksen toiminta-alue on Riihimäeltä Helsinkiin ja Espoosta Sipoon rajalle.

Lue lisää toiminnasta ja hankkeista: vantaanjoki.fi



Ikuisuuskemikaalit pois kierrosta -hanke 2024–2025

Keravan Saviolla käytöstä poistetulta kaatopaikalta ja läjitysalueelta johdetaan luontoon suotovesiä, joissa PFAS-yhdisteiden pitoisuus on korkea. Näiden vesien puhdistamiseksi testattiin menestyksekkäästi aktiivihiiltä ja modifioitua bentoniittia (FLUORO-SORB®) sisältänyttä suodatuslaitteistoa. Lisäksi selvitettiin PFAS-yhdisteiden levinneisyyttä jätehuoltoalueen pinta- ja pohjavesissä.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Latokartanonkaari 3, 00790 Helsinki

vhvsv@vantaanjoki.fi

www.vantaanjoki.fi