

Erikoistutkija Sari Kauppi, Suomen ympäristökeskus  
Ryhmäpäällikkö Jaakko Mannio, Suomen ympäristökeskus  
Erikoistutkija Pia Anttila, Ilmatieteen laitos  
Yksikön päällikkö Hannu Kiviranta, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

# Ympäristömyrkkyjen kaukokulkeutuminen Suomen Lappiin

**Pohjois-Suomessa ympäristömyrkkyjä löytyy ilmasta, vedestä ja eliöistä, mutta onneksi yleisesti vain alhaisina pitoisuuksina. Tehtyjen kansainvälisten sopimusten rajoitukset vaarallisten aineiden käytölle ovat osoittaneet tehonsa: pitoisuudet ovat monien säädeltyjen aineiden osalta vähenemässä. Toisaalta uusia aineita on otettu käyttöön, eikä niiden ympäristökohtaloista ole vielä tarkkoja tietoja. Ilmastonmuutos saattaa aiheuttaa muutoksia myös vaarallisten aineiden pitoisuuksissa.**

**P**ohjois-Suomen pysyviä ja kaukokulkeutuvia ympäristömyrkkyjä selvitettiin hankkeessa, jossa tarkasteltiin keskeisimpien pysyvien orgaanisten yhdisteiden (POP-yhdisteiden) lähtöta- soja ja arvioitiin aineiden muodostamia riskejä. Hankkeessa kartoitettiin POP-yhdisteiden seurantarvetta, muutosta ilmassa, ympäristössä ja ihmisessä, sekä yhdisteiden varastoitumista ympäristöön ja materiaaleihin. Samalla pyrittiin luomaan kuvaa tulevaisuuden tietotarpeista: mihin tulevien POP-yhdisteiden tai niiden kaltaisten yhdisteiden tutkimusten tulisi keskittyä.

Pohjois-Suomi ei ole pahimmassa riskissä, sillä kuormitusta kaukokulkeumana tulee lähinnä vain ilmaitse. Merivirrat tai joet eivät kuljeta vaarallisia aineita Suomen Lappiin. Tämä on havaittavissa jo siinä, että



Kuva: Jaakko Mannio.

Lapin kaloissa on huomattavasti pienempiä POP-yhdistepitoisuuksia, kuin arktisen alueen merikaloissa.

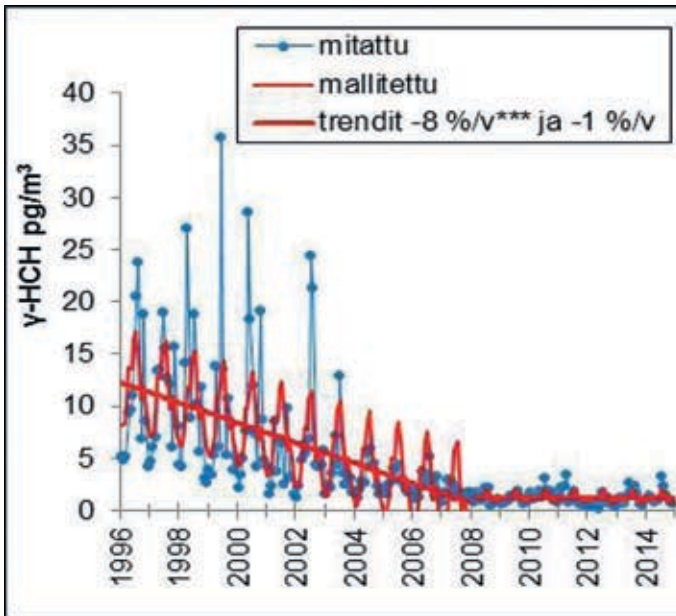
Toisaalta Lappia suojelee kertyviltä ympäristömyrkyiltä myös lyhyemmät ravintoketjut, kuin mitä varsinaisella arktisella alueella on. Pidemmät ravintoketjut ehtivät kerryttää myös suurempia pitoisuuksia ravintoketjun huipulla oleviin eliöihin kuten jääkarhuihin.

Osa uusista aineista kulkeutuu Lappiin ihmisten mukana materiaaleissa ja tavaroissa. Näitä altistuksia on joskus vaikea erottaa kaukokulkeumasta. Teollinen toiminta kasvattaa usein myös myrkyllisten yhdisteiden pitoisuuksia ympäristössä. Siksi joidenkin pitoisuusmittausten tulosten vertailuihin on hyvä erottaa teollisuuspaikkakunnat, haja-asutus ja Suomen etelä- ja pohjoisosat toisistaan.

## Vanhat ja uudet POP-yhdisteet

Tukholman yleissopimus pysyvistä orgaanisista yhdisteistä säätelee näiden hitaasti hajoavien, eliöihin kertyvien ja myrkyllisten POP-yhdisteiden valmistusta ja käyttöä, sekä tahattomasti muodostuvien POP-yhdisteiden tunnistamista ja vähentämistä. Ns. likaisen tusinan yhdisteiden eli Tukholman sopimuksessa alun perin mukana olleiden vanhojen POP-yhdisteiden pitoisuuksien on havaittu laskevan. Ilmatieteen laitoksen mittauksissa Pallaksen mittausasemalla on havaittu laskeva kehityssuunta esimerkiksi organoklooritorjunta-aine lindaanille ( $\gamma$ -HCH) (Kuva 1).

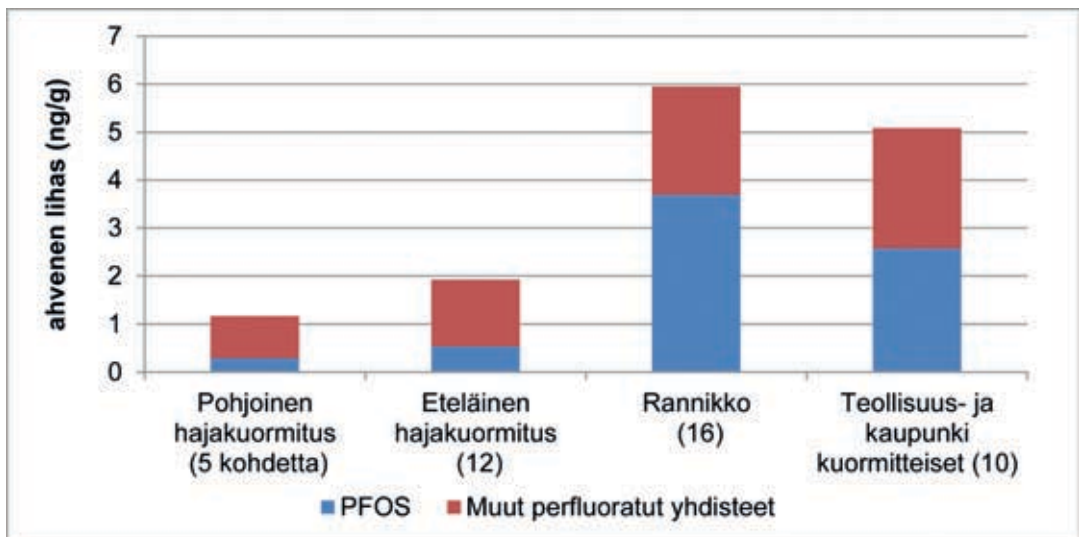
Tukholman sopimukseen on lisätty uusia aineita vuoden 2002 jälkeen. Näitä uusia POP-yhdisteitä tai sopimuksen piiriin tar-



Kuva 1. Kasvinsuojeluaine lindainin ( $\gamma$ -HCH) ilmapitoisuuksien aikakehitys Pallaksella 1996–2014. Vuotuinen muutosprosentin merkitsevyys ilmaistaan tähdillä (erittäin merkitsevä \*\*\*  $p < 0.001$ ).

jolla olevia ehdokasaineita on paljon. Ongelmallista on rajoitettavien aineiden tilalle tulevien uusien yhdisteiden moninaisempi ominaisuuksien kirjo vanhoihin yhdisteisiin verrattuna. Tämä on havaittavissa esimerkiksi perfluorattujen yhdisteiden kohdalla: yhden aineen rajoitus lisää uusien, korvaa-

vien, vastaavia kemiallisia haittaominaisuuksia omaavien aineiden käyttöä. Perfluorattujen yhdisteiden pitoisuudet ahvenessa osoittavat, että käytön rajoitukset yhden aineen kohdalla eivät välttämättä vähennä samankaltaisten aineiden kokonaismäärää ympäristössä (Kuva 2).



Kuva 2. Perfluoriatut yhdisteet ahvenessa Suomen vesistöissä 2012–2015 (KERTY-rekisteri). Hajakuormitteiset vesistöt on jaettu Oulujärvestä pohjoiseen ja etelään. Useimmat rannikkokohteet ovat kaupunkien ja jokisuiden lähistöllä. Ainoastaan PFOS käyttöä on kansainvälisesti rajoitettu.

## Tarvitaanko kartoituksia ja seurantoja?

Säädelyjen POP-yhdisteiden pitoisuudet Pohjois-Suomessa ovat vähenemässä tai useimmiten ainakin pienempiä Etelä-Suomeen verrattuna. Miksi sitten kartoituksia ja seurantoja tarvitaan edelleen? Myrkyllisten ja eliöihin kertyvien aineiden haitallisuus säilyy pitkään ympäristössä ja ne voivat kulkeutua kauas päästölähteiltään. Käytöstä poistettavien yhdisteiden rinnalle kehitetään koko ajan uusia kemikaaleja, joiden ympäristökohtaloista meillä ei ole tietoa. Toisaalta ilmastonmuutos voi vapauttaa jo kierrosta poistuneita aineita uudelleen ympäristöön.

Vaikka pitoisuudet ilmassa ovatkin pääasiallisesti olleet laskevia, joidenkin aineiden, esimerkiksi elohopean pitoisuudet ilmassa ovat pysyneet samanlaisina vuosikymmeniä. Elohopean globaaleja päästöjä ei ole tehokkaasti onnistuttu vähentämään ja pitkäikäisenä saasteena se leviää kaikkialle ilmakehään.

Kertaluontoisia kartoituksia tarvitaan, jotta saadaan tietoa esimerkiksi uusien aineiden esiintymistä eri matriiseissa, kuten tietyn aineen pitoisuudet ilmassa, vedessä, maaperässä ja eliöissä. Mallintamisella on suuri merkitys kemiallisten yhdisteiden ympäristökohtalon ymmärtämisessä. Seurannat ovat pitkäaikaista tutkimusta, jossa samasta matriisista tehdään mittauksia tietyin väliajoin. Seurantojen avulla voidaan luoda tilannekuvaa aineen kehityssuunnista, kuten kulkeutumisesta ja hajoamisesta. Vain mitatun tiedon perusteella voidaan arvioida aiheuttaako aine riskiä ja jos aiheuttaa, niin kuinka suuri riski on kyseessä.

## Kansallinen ja kansainvälinen yhteistyö

LAPCON -selvityksessä päädyttiin suosittelemaan kansallisen työryhmän tai

verkoston perustamista, jotta pohdinnat seurantoihin sisällytettävistä mittauksista, matriiseista ja mittaustiheyksistä voitaisiin päättää yhdessä laajan osaamispuhjan turvin. Tämä mahdollistaisi kustannustehokkaimman tavan edistää vaarallisten aineiden kartoituksia ja seuranta. Tiedonvaihto meneillään olevista töistä on tärkeää. Verkostossa toimimalla myös yhteistyökumppaneiden tavoitettavuus helpottuu.

Resurssien kohdentamisessa voitaisiin yhdistää seurantoja, kuten tutkia kalojen elintarvikekelpoisuutta samalla kun selvitetään aineiden ympäristöpitoisuuksia. Näytepankki takaisi mahdollisuuden palata taaksepäin, eli analysoida aineita, joista nyt emme edes ymmärrä olla huolissamme ja siten arvioida niiden ympäristökohtaloa ja vaikutuksia.

Kansainvälinen yhteistyö helpottaa tulosten vertailua. Kun näytteet otetaan samanlaisista matriiseista, yhdisteet analysoidaan samoin menetelmin ja samalla toistomäärällä ja ajankohdalla, saadaan mahdollisimman vertailukelpoista tietoa.

## Suosituksukset uusien aineiden kartoituksista ja seurannoista

Aineiden käyttömäärät ja -tavat sekä aineen kemialliset ominaisuudet määrittelevät tutkimuksen tarpeen ja kohteen. Indikaattorilajeiksi ehdotettiin poroa ja siten on mahdollisesti tarpeen tutkia myös jäkäliä ja sammalta. Ihminen altistuu usein ruuan kautta ja poro kertoo paljon Pohjois-Suomen ja erityisesti saamelaisien mahdollisesta altistumisesta.

Ahven on vesipuitedirektiivin määrittelemä indikaattorilaji ja ahvenen pitoisuuksia tulisikin seurata sekä direktiivin että vesiympäristölle vaarallisten aineiden asetusta noudattaen. Rinnalle voisi valita myös jonkin rasvaisemman kalan, sillä POP-yhdisteet kertyvät usein rasvaan.



Kuva: Sari Kauppi.

Ihmisaltistusta voidaan seurata analysoimalla aineita äidinmaidosta tai seerumista. Tutkimusten avulla saadaan selville varhainen altistus ja siten mahdollisesti koko iän jatkuva altistuminen. Muuten ihmisaltistusta kannattaa tutkia niiden aineiden osalta, jotka ovat nousseet esille ympäristön seurannoissa ja kartoituksissa.

Jätevesien kautta kulkeutuu paljon aineita vesistöihin myös Pohjois-Suomessa, kuten muuallakin. Jätevedenpuhdistamojen lietteen tutkiminen kertoisi paljon mahdollisesta haitallisten aineiden kuormituksesta. Sedimenttitutkimuksella saataisiin takautuvasti tietoa uusien POP-yhdisteiden ympäristökohtalosta.

Poron, ahvenen ja äidinmaidon systemaattinen seuranta pitäisi turvata, jotta altistumisen kehitystä voidaan arvioida ja siten myös suunnitella toimia riskien hallitsemiseksi.

## Nousevia aineryhmiä

Selvityksessä nostettiin esille muutamia aineryhmiä, joista olisi hyvä saada lisätietoa lähitulevaisuudessa.

Perfluorattuja yhdisteitä käytetään yleisesti mm. sammutusvaahdoissa, metallien pintakäsittelyssä sekä parantamaan tekstii-

lien vedenpitävyyttä ja estämään likaantumista (Mehtonen ym. 2016). Perfluoratuista yhdisteistä vain perfluorioktaanisulfonaatti (PFOS) -yhdisteen käyttöä on rajoitettu kansainvälisin sopimuksin, mutta saman yhdisteperheen muita kemikaaleja saa edelleen käyttää. Siksi perfluorattuja yhdisteitä suositeltiin selvitettäväksi erityisesti taajamaympäristöistä. Sedimenttitutkimuksilla saataisiin selville myös perfluorattujen yhdisteiden kehityssuuntia.

Monia uusia palonestoaineita, joilla on korvattu rajoitettuja bromattuja difenyyli-eettereitä (PBDE-yhdisteitä), ei ole tutkittu Lapissa lainkaan. Siksi uusia bromattuja ja fosforoituja palonestoaineita tulisi tutkia ainakin kaloista, sedimenteistä ja jätevesilietteistä sekä selvittää ihmisen altistumista.

Muita esille nostettuja aineryhmiä olivat mm. kosmetiikassa ja hygieniatuotteissa käytetyt siloksaanit, pehmentimenä käytetyt aineet kuten esimerkiksi ftalaatit ja kuluttajatuotteisiin sitoutuneet HBCD-yhdisteet.

## Ilmastonmuutoksen vaikutukset

Vaikka monien vanhojen aineiden käyttö on kielletty ja pitoisuudet ympäristössä vähenemässä, voi ilmastonmuutos muuttaa kuvaa. Esimerkiksi sulavat jäätiköt saattavat vapauttaa niihin sitoutuneita aineita uudelleen kierto. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa lisääntyviä metsäpaloja, jotka osaltaan vaikuttavat ja vapauttavat aineita. Ilmastonmuutoksen vuoksi jatkuvat pysyvien orgaanisten yhdisteiden seurannat ja osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön on entistäkin tärkeämpää.

Aineiden pitoisuuksien mittaaminen ja käyttäytymisen mallintaminen on oleellista, jotta vaarallisten aineiden riskiä voidaan arvioida. Tämä työ on myös osa globaalia vastuullisuutta yhteisestä hyvinvoinnista, sekä kansainvälisten sopimusten mukaista kemikaalien riskinhallintatyötä.

## Viestinnän perustuttava tietoon

Riskinarviointia varten tarvitaan tietoa yhdisteiden kemiallisesta käyttäytymisestä, pitoisuuksista eri ympäristöissä ja eliöissä sekä siitä, miten kemikaali vaikuttaa eliöihin tai ympäristöön, miten yhdisteet vaikuttavat toisiinsa ja miten ne liikkuvat ympäristössä. Kemikaaleihin ja ympäristömyrkkyyhin liittyvän viestinnän tulisi perustua tutkittuun tietoon. Siten todelliset riskit – tai riskittömyys – voidaan tunnistaa ja tarpeen vaatiessa ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin.

Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla – LAPCON -raportti julkaistiin sähköisenä versiona osana Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelmaa (tietokayttoon.fi).

Projektin muut materiaalit löytyvät LAPCON-projektin sivuilta:  
<http://www.syke.fi/hankkeet/lapcon>

## Lähteet

Mannio J., Rantakokko P., Kyllönen K., Anttila P., Kauppi S., Ruokojärvi P., Hakola H., Kiviranta H., Korhonen M., Salo S., Seppälä T., Viluksela M. Kaukokulkeutuvat ympäristömyrkyt Suomen pohjoisilla alueilla. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 33/2016. ISBN 978-952-287-280-7.

Mehtonen J., Perkola N., Reinikainen J., Seppälä T., Suikkanen J. 2016. Perfluoratuut yhdisteet ympäristössä -tietopaketti. Saatavilla sivulta:  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Kemikaalien\\_ymparistoriskit/Ymparistoon\\_paatyvät\\_haitalliset\\_aineet/Perfluoratuut\\_yhdisteet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Kemikaalien_ymparistoriskit/Ymparistoon_paatyvät_haitalliset_aineet/Perfluoratuut_yhdisteet) ■