

# IS

**2 | 2021**  
ILMANSUOJELU

**KAUPUNKIPUISTOJEN MERKITYS**  
HIILIVARASTONA s.4

**ORGAANISET OHUTKALVOAURINKOKENNOT**  
OSANA UUSIUTUVAN ENERGIAN KÄYTTÖÄ s.8

**ILMAKEHÄTUTKIMUSTA** LAPIN ERÄMAASSA s.12

**PÄÄKAUPUNKISEUDUN HIILINIELUT**  
**JA -VARASTOT** KARTALLE s.18

**ILMASTO MUUTTUU** - VUODENAJAT  
ASETTUVAT SUOMESSA UUSILLE URILLE s.22

**PUUNPOLTON PÄÄSTÖJÄ PIENEMMIKSI**  
ETÄNEUVONNALLA s.26

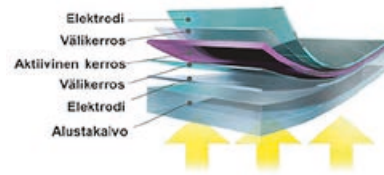
**MYSMARTLIFE-HANKKEESSA** KERÄTTIIN  
KOKEMUKSIA ROBOTIBUSSEISTA s.30







**19** Pääkaupunkiseudun hiilivarastoista ja -nieluista on saatu uutta tietoa, kun seudun kaupungit ja HSY teettivät selvityksen maaperän ja kasvillisuuden hiilitaseesta.



**21** ”Ajattelen niin, että tärkein työni on uusien tämän alan osaajien kouluttaminen tähän yhteiskuntaan. Opetan suosittua peruskurssia, jossa käydään läpi globaalit energia-asiat ja pohditaan ilmastomuutoksen hillinnän tehokkaita toimia monista eri näkökulmista.”  
– Sanna Syri

**8** Orgaaninen, polymeeripohjainen aurinkokennorakenne, joka sisältää elektrodit, aktiivikerroksen ja niiden väliin sijoittuvat varausten kuljetuskerrokset.

KUVA: MIKKO SIPLÄ



**12** Väriön tutkimusasema avattiin vuonna 1967. Asemaa ympäröi 124 neliökilometrin laajuinen Väriön luonnonpuisto. Tutkimusasemalla on seurattu useita ympäristömuuttujia nyt jo vuosikymmenien ajan.



**22** Meteorologi Kerttu Kotakorpi on julkaissut kirjan Suomen Luonto 2100 – Tutkimusretki tulevaisuuteen. Kirjassa tarkastellaan miten muuttuva ilmasto keikauttaa Suomen vuodenaikojaa uusiin asentoihin.

KUVA: EETU RUTANEN



**30** mySMARTLife-hankkeessa arvioitiin miten Helsinki voisi parantaa robottibussien avulla liikenteen energiatehokkuutta ja vähentää päästöjä.

- 4 Kaupunkipuistojen merkitys hiilivarastona
- 8 Orgaaniset ohutkalvoaurinkokennot osana uusiutuvan energian käyttöä
- 12 Ilmakehätkutkimusta Lapin erämaassa
- 18 Pääkaupunkiseudun hiilinielut ja -varastot kartalle
- 21 VALOKEILASSA: Sanna Syri
- 22 PINNALLA: Ilmasto muuttuu - vuodenajat asettuvat Suomessa uusille urille
- 26 Puunpolton päästöjä pienemmiksi etäneuvonnalla
- 30 mySMARTLife-hankkeessa kerättiin kokemuksia robottibusseista
- 34 TAPAHTUU: Ilmansuojeluyhdistyksen kevätseminaari – Maatalouden ja siihen liittyvän maankäytön ilmastopäästöjen hillintämahdollisuudet
- 38 TAPAHTUU: Ilmansuojeluyhdistyksen kevään vuosikokous ja tulevia tapahtumia
- 38 TAPAHTUU: IS-lehti valittu mukaan Tutkitun tiedon teemavuoteen

# Kaunis kevät

**V**uosi vuodelta huomaan innostuvani kevästä yhä enemmän. Eloon heräävä luonto lämmittää sydäntä ja mieltä kuin jäätelötötterö lasta. Kevään ihasteluni saa jopa mummomaisia piirteitä.

Jäiden sulaminen merestä ja järvistä, metsässä runsaana soliseva puro, linnunlaulu kevätaamuna, valoisaat illat, ensimmäiset leskenlehdet, hiirenkorvat. Näitä merkkejä on tänäkin vuonna saanut ihas-tella koko rahan edestä. Eikä niihin kyllästy.

Onneksi koronarokotukset ovat edenneet jo hyvään vaiheeseen ja valoisaa kevään jälkeen koittaa toivottavasti vielä valoisaampi kesä. Monelta kannalta katsottuna.

Vuoden toinen Ilmansuojelu-lehti sisältää taas runsaasti kiinnostavaa luettavaa. Tällä kertaa mukana on poikkeuksellisen paljon kauniita luontokuvia parissakin eri artikkelissa. Pääsemme tutustumaan Lapin erämaahan Värriön tutkimusasemalta käsin. Itä-Lapin luonto tarjoaa poikkeuksellisen tutkimuspaikan niin säähavainnoille kuin useille ympäristömuuttujillekin.

Toinen luontovalokuvien höystetty artikkeli kertoo luonnossa tapahtuvista muutoksista tuoreen kirjan kautta. Suomen luonto 2100 -kirjassa selitetään muutoksia, joihin luonto joutuu sopeutumaan ilmaston lämpenemisen seurauksena: ääri-ilmiöt lisääntyvät ja muuttuvat elinympäristöt muuttavat lajistoa.

Lehdessä paneudutaan myös hiilivarastoihin ja -nieluihin kaupunkio-losuhteissa. Hiilidioksidin sitominen ilmakehästä ja sen varastointi kasvillisuuteen ja maaperään ovat tärkeitä kaupunkiviheralueiden tuottamia ekosysteemipalveluita eli hyötyjä kaupunkien asukkaille. Pääkaupunkiseudun hiilivarastoista ja -nieluista on saatu myös uutta tietoa, kun seudun kaupungit ja HSY teettivät selvityksen maaperän ja kasvillisuuden hiilita-seesta. Selvitys tuo pääkaupunkiseudun hiilinielut kartalle ja entistä näkyvämmäksi osaksi maankäytön suunnittelua.

Puunpolton päästöihin ja terveyshaittoihin pureutunut Kuivaa asiaa -hanke sai päätöksensä helmikuussa. Hankkeessa todettiin, että viestinnäl-lä voidaan vähentää puunpolton päästöjä. Hankkeessa kehitettiin EAKR-rahoituksella uusia polttopuupalveluita ja opastettiin oikeaoppiseen puun säilytykseen ja polttamiseen.

Lehdessä on myös artikkeli orgaanisista ohutkalvoaurinkokennoista, joil-la on paljon käyttömahdollisuuksia rakennusten julkisivuissa ja sisätiloissa. Aurinkokennojen joustavuus ja ohuus mahdollistavat niiden integroin-nin esimerkiksi suoraan julkisivujen rakenteisiin. Tällöin julkisivujen lasit, rakennusten seinät ja erilaiset tekstiilit voivat toimia energiaa keräävinä pintoina. Uusiutuvan energian käytön monipuolinen lisääminen raken-nettuihin ympäristöihin kasvattaisi kiinteistöjen energiaomavaraisuutta.

Pääsemme myös kurkkaamaan robottibussien käytön pilottihankkeen-seen. MySMARTLife -hankkeen aikana tutkittiin miten Helsinki voisi pa-rantaa robottibussien avulla liikenteen energiatehokkuutta ja päästöjä au-tonomisten ajoneuvojen sekä IoT/ICT-ratkaisujen avulla.

Ilmansuojeluyhdistyksellä on tulossa elo-syyskuussa kaksi tapahtumaa. Ilmansuojelupäivät pidetään kaksipäiväisenä webinaarina elokuussa 17.-18.8. Yhdistyksen hallitus ja suunnittelutoimikunta ovat myös toiveikkai-ta sen suhteen, että Ilmanlaadun mittaajatapaaminen saadaan järjestet-tyä lähitapahtumana Porissa syyskuussa 8.-9.9.2021. Seuraa ISY:n verkko-sivuilta päivityksiä aiheesta.

Aurinkoista kesää kaikille!

**LIINA PALOHEIMO-KOSKIPÄÄ**  
Päätoimittaja



**ILMANSUOJELU-  
YHDISTYS ry.**

## ILMANSUOJELU-LEHTI

Ilmansuojeluyhdistys ry:n jäsenlehti  
Magazine of the Finnish Air  
Pollution Prevention Society  
Medlemstidning av Luftvårdsföreningen rf.

Lehti ilmestyy neljä kertaa vuodessa.

## PÄÄTOIMITTAJA / REDAKTÖR

Liina Paloheimo-Koskipää  
ilmansuojelulehti@isy.fi

## TOIMITUSKUNTA / REDAKTIONSRÅD

Nelli Kaski  
Birgitta Kompulla  
Jenni Kontkanen  
Mia Nores  
Mikko Savolahti  
Laura Sokka  
Antti Tohka  
Jari Viinanen

## Taitto / Ombrytning

Hella Pakaslahti

## Kannen kuva / Omslagsbild

Liina Paloheimo-Koskipää

## Paino / Tryckeri

Scanseri Oy

ISSN-L 1239-8950  
ISSN 1239-8950 (Painettu)  
ISSN 2323-1211 (Verkkójulkaisu)

Lehti on luettavissa korkeakoulujen kirjastoissa sekä suurimmissa kaupunginkirjastoissa  
Tidningen finns till  
påseende i högskolornas bibliotek  
samt i de största stadsbiblioteken

## ILMOITUKSET / ANNONSER

Ilmoitushinnat normaali /yritysjäsen  
Annonpris vanligt / för medlemmar:

**1/1 sivu 420 € / 350 €**

**1/2 sivu 320 € / 270 €**

**1/3 sivu 250 € / 210 €**

Kestoilmoittajille lisäksi 20 % alennus  
Fortgående annons ger 20 % rabatt

## TILAUKSET / BESTÄLLNINGAR

Lehden osoitteenmuutokset ja yksittäisnumeroiden tilaukset / Adressförändringarna och beställning av enskilda nummer:

Ilmansuojeluyhdistys ry.  
Sihteeri Essi Haapaniemi  
PL 136,  
00251 Helsinki  
Puh. 045 1335989  
sihteeri@isy.fi



# KAUPUNKIPUISTOJEN merkitys hiilivarastona

Hiilidioksidin sitominen ilmakehästä ja sen varastointi kasvillisuuteen ja maaperään ovat tärkeitä kaupunkiviheralueiden tuottamia ekosysteemipalveluita eli hyötyjä kaupunkien asukkaille. Aihetta on kuitenkin tutkittu varsin niukasti Suomen kaltaisessa kylmässä ilmastossa.

Kaisaniemenpuisto.

**VESA YLI-PELKONEN**, kaupunkiekologian dosentti, Helsingin yliopisto  
**LEENA LINDÉN**, puutarhatieteen yliopistonlehtori, Helsingin yliopisto  
**ANU RIIKONEN**, vanhempi asiantuntija, Sitowise  
**HEIKKI SETÄLÄ**, kaupunkiekosysteemitutkimuksen professori, Helsingin yliopisto

**M**aailmanlaajuisesti katsoen maaperä on kolmanneksi suurin hiilivarasto valtamerien ja geologisten muodostumien jälkeen. Maaperään sitoutuneen hiilen määrä vaihtelee runsaasti luonnon ekosysteemeissä, kuten metsämailla, mutta erityisen suurta vaihtelua on kaupunkiympäristössä. Siellä maan hiilivarastoon vaikuttavat luontaisten tekijöiden lisäksi myös ihmisperäiset tekijät, kuten

maankäyttö, maaperän päällystäminen, vierasperäinen kasvillisuus sekä maaperän orgaanisen aineksen kertyminen ja mineralisaatio.

Selvitimme tutkimuksessamme Helsingin kaupungin rakennettujen A-hoitoluokan puistojen maanpäälliseen osaan eli puistopuihin sekä maaperään varastoituneen orgaanisen hiilen määrää. Helsingin kaupungin omistamien rakennettujen puistojen pinta-ala on noin 900 ha eli noin 13 % kaikesta Helsingin hoitamasta viherpinta-alasta.

Tutkimme myös puistojen hoidon, kasvillisuustyyppien ja iän – vanhimmat puistot ovat lähes 200 vuotta vanhoja – vaikutusta varastoituneen hiilen määrään. Toteutimme kaksi erillistä puustotutkimusta ositetun otannan menetelmällä, joista toisessa tutkimme puuston lisäksi myös maaperän hiilivarastoja aina 90 cm:n syvyyteen asti. Tutkimuksemme menetelmät ja tulokset yksityiskohtineen on julkaistu Urban Forestry & Urban Greening -julkaisusarjassa.





KUVA: LEENA LINDEN

Annalanpuisto.

### Maaperä ja suuret puut ovat merkittäviä hiilivarastoja

Tutkimustulostemme mukaan Helsingin rakennettuihin puistoihin on varastoitunut hiiltä arviolta 130 tonnia hehtaarilla. Tästä määrästä puistopuiden maanpäälliseen osaan on varastoitunut 22–28 tonnia hiiltä, josta taas selvästi suurin osa on tallentunut rinnan- korkeusläpimitaltaan yli 15 cm:n kokoisiin vanhoihin ja suuriin puihin. Suurten ja vanhojen kaupunkipuiden merkitys hiilivarastoina on havaittu myös muissa, eteläisempien alueiden tutkimuksissa. Pitkällä tähtäimellä on kuitenkin tärkeää, että puistoissa kasvaa myös nuoria, hyvinvoivia puita korvaamaan aikojen saatossa kuolevat ”hiilijättiläiset”.

Tutkimiemme puistojen maaperän hiilipitoisuus oli keskimäärin 4 paino-%, mikä on samaa suuruusluokkaa aiempiin, Helsingistä ja Lahdesta saatuihin, tutkimustuloksiin verrattuna. Tutkimiemme

Helsingin rakennettujen puistojen maaperään sitoutuneen hiilen määrä oli vähintään 104 tonnia hehtaarilla. Määrä oli varsin huomattava ja moninkertainen samaisten puistojen puiden maanpäälliseen osaan varastoituneen hiilen määrään nähden.

Arviomme puustoon sitoutuneen hiilen määrästä ovat pääosin linjassa muualla, kuten Kiinassa ja Saksassa tehtyjen samantyyppisten tutkimusten kanssa. Eri kaupungeissa tehtyjen tutkimusten välisessä vertailussa on kuitenkin huomioitava, että erilaiset otantamenetelmät, maankäyttöluokitukset ja erityisesti biomassan arvioimisessa käytetyt laskentakaavat voivat aiheuttaa eroavaisuuksia tuloksissa.

Tutkimiemme puistojen kasvipeitteisten ja siten vettä läpäisevien osien maaperässä oli yli 7-kertainen määrä hiiltä puustoon verrattuna, kun taas koko puistoalueiden (päällystetyt osat mukaan luettuina) maaperässä oli hiiltä noin 4–5-kertainen määrä puustoon varastoituneeseen hiileen verrattuna.

Emme arvioineet puistojen vettä läpäisemättömien pintojen (mm. pysäköintialueet, päällystetyt väylät ja polut, rakennukset) alla olevan maaperän hiilen määrää; ilmastostamme johtuvan routarakentamisen vuoksi hiilen määrä tällaisten pintojen alla on käytännössä lähellä nolaa suomalaisissa kaupungeissa.

### Puistojen ikä lisää varastoituneen hiilen määrää

Havaitsimme tutkimuksessamme, että aika oli tärkein maaperään kertyneeseen hiileen vaikuttava tekijä. Puistojen iällä oli noin saatan vuoteen asti selkeä positiivinen vaikutus puistoihin varastoituneen hiilen määrään niin puuston kuin maaperän osalta. Helsingin rakennettujen kaupunkipuistojen maaperän hiilen varastointikapasiteetti näyttää olevan merkittävä ja selvästi suurempi kuin maatalousmaidan ja kangasmetsien maaperän.

Vaikkakin kasvillisuustyyppi tai hoitotavat voivat vaikuttaa puistojen sitoman ja varastoiman hiilen määrään moninkin tavoin, näillä tekijöillä oli yllättävän vähäinen vaikutus hiilen määrään A-hoitoluokan hyvin hoidetuissa puistoissa.





Pikkupuisto Ruoholahdessa.

Kaupunkipuistojen hiilivarastojen säilyttämiseksi ja kasvattamiseksi olisi syytä välttää rajuja ja laajamittaisia puuston ja maaperän uudistustoimia. Erityisesti suurten puiden vaaliminen ja säilyttäminen on tärkeä ”hiiliteko”. Myös pienten ja keskikokoisten puistojen merkitys hiilen sidonnassa on syytä huomioida, koska niiden puustotiheys on usein korkeampi kuin isoissa puistoissa, joissa on suhteellisesti enemmän laajoja puuttomia nurmialueita.

### Viheralueiden hiilivarastoissa on vielä tutkittavaa

Jatkossa olisi tarpeen tehdä entistä tarkempia tutkimuksia – esimerkiksi laserkeilausmenetelmien avulla – jotta saadaan parempi kokonaiskuva kaupunkien kaikkien viheralueiden hiilivarastoista. Tarvitsemme myös lisätutkimuksia maanalaisesta puubiomassasta eli juuristosta, johon varastoituu huomattava osa yhteyttämässä sidotusta hiilestä. On hyvä ymmärtää, että rakennettujen puistojen hiilivarastot ovat vain pieni osa koko kaupungin kaikkien viheralueiden (puistot, kaupunkimetsät, rannat, niityt ja pellot, suojelualueet, yksityiset viheralueet) hiilivarastopotentiaalista.

Kaupunkien viheralueiden potentiaaliin varastoida hiiltä tulisi jatkossa pyrkiä sisällyttämään myös yksityisomistuksessa oleva viherpinta-ala, kuten tontit ja pihat. Myös viheralueiden hoitoon liittyvä hiilikustannus, kuten koneiden polttoaineet tai hiilen vapautuminen maaperästä tulisi huomioida.

Tuoreessa tutkimuksessaan Ariluoma ym. (2021) selvittivät mallinnuksen keinoin Helsingin Kuninkaantammen uuden asuinalueen pihojen hiilivarastoja. Tutkimuksen mukaan puut voivat lisätä pihojen hiilenvarastointipotentiaalia huomattavasti.

Kirjoittajien mukaan hiilen sidonnan ja varastoinnin lisäämiseksi pihojen vihersuunnittelussa ja -rakentamisessa kannattaisikin suosia puiden määrän lisäämistä, valita korkean hiilensidontakyvyn omaavia ja suuriksi kasvavia puulajeja ja pyrkiä maksimoimaan pihojen kasvullisen pinta-alan ja siten myös niiden toimivan/aktiivisen maaperän määrää. Koska pihojen toiminnallisuuden vaatimus asettaa usein käytännön rajoituksia puiden määrälle ja tyyppille, Ariluoma ym. ehdottavat lähes hajoamattomana tunnetun, siis hiiltä tehokkaasti varastoivan biohiilen käyttöä ehkä tehokkaimpana yksittäisenä keinona.

Kaupungin viheralueiden kasvillisuudella, erityisesti puustolla, ja maaperällä on oma roolinsa hiilen sidonnassa ja varastoinnissa

myös Suomen olosuhteissa. Kuitenkin esimerkiksi Helsingin kaupungin rakennettujen A-hoitoluokan puistojen puuston hiilensitomiskyky on karkeasti ottaen noin prosentin verran kaupungin tieliikenteen tuottamista vuosittaisista hiilidioksidipäästöistä.

Vaikka tarkkojen hiilivarastolaskelmien tekeminen on hyödyllistä osana kaupunkien ja kuntien hiiliaselaskelmia ja ilmastotavoitteita, vähintään yhtä oleellista on pyrkiä samanaikaisesti vähentämään hiilidioksidipäästöjä ilmakehään. Hiilen varastointi viheralueisiin on vain osaratkaisu laajaan ongelmaan.

Hiilen sitominen puihin ja varsinkin maaperään parantaa myös typen sitoutumista maahan. Ympäristöä kuormittavaa tyyppiä on kaupunkimaaperässä monistakin syistä varsin runsaasti. Koska hiili ja typpi kulkevat luonnon kierrossa käsi kädessä, maaperän runsaat hiilivarannot johtavat paitsi korkeisiin tyyppivarantoihin myös typen parempaan sitoutumiseen maaperään. Varsinkin maanviljelijät tietävät tämä hyvin, ja siksi maan humuspitoisuutta (käytännössä orgaanisen aineksen ja hiilen osuutta maaperässä) pyritään lisäämään, jottei lannoitetyppi valu pohjavesiin ja pintavesiä rehevöittämään.

Samainen tyypeen liittyvä ongelma koskee myös kaupunkiympäristöjä. Kaupungissa hulevesien mukana kulkevien saastukkeiden (esimerkiksi ravinteet ja raskasmetallit) määrät ovat sitä pienempiä, mitä runsaammin valuma-alueella on kaupunkipuistoja, ja mitä runsaammin hiiltä nämä ”ekosysteempipalvelukeitaat” sisältävät.

### Lähteet:

Ariluoma M, Ottelin J, Hautamäki R, Tuhkanen E-M, Mänttari M (2021) Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening* 57: 126939.

Lal R (2008) Carbon sequestration. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B, Biol. Sci.* 363: 815-830.

Liu C, Li X (2012) Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China. *Urban Forestry & Urban Greening* 11: 121-128.

Lu C, Kotze DJ, Setälä HM (2020) Soil sealing causes substantial losses in C and N storage in urban soils under cool climate. *Science of The Total Environment* 725: 138369.

Lindén L, Riihonen A, Setälä H, Yli-Pelkonen V (2020) Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions. *Urban Forestry & Urban Greening* 49: 126633.

Pouyat R, Groffman P, Yesilonis I, Hernandez L (2002) Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution* 116: S107-S118.

Richter S, Haase D, Thestorff K, Makki M (2020) Carbon pools of Berlin, Germany: Organic carbon in soils and aboveground in trees. *Urban Forestry & Urban Greening* 54: 126777.

Setälä H, Francini G, Allen JA, Hui N, Jumpponen A, Kotze DJ (2016) Vegetation type and age drive changes in soil properties, nitrogen and carbon sequestration in urban parks under cold climate. *Frontiers in Ecology and Evolution* 4 (93): 1-14.

Strohbach MW, Haase D (2012) Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: analysis of patterns in a European city. *Landscape and Urban Planning* 104: 95-104.

Turunen S (2013) The carbon sequestration and storage capacity of urban parks in the city of Helsinki. *Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Puutarhatiede.* 38 s.

Valtanen M, Sillanpää N, Setälä H (2014) The effects of urbanization on runoff pollutant concentrations, loadings and their seasonal patterns under cold climate. *Water, Air & Soil Pollution* 225: 1977.





Hesperianpuisto.

 **kontram**

**TUTUSTU KATTAVAAN ILMANLAADUN MITTALAITE- JA  
PALVELUVALIKOIMAAMME KOTISIVUILLAMME**

**[www.kontram.fi](http://www.kontram.fi)**

**Kontram Oy, Tuupakantie 32a, 01740 Vantaa, Puh. (09) 8866 4500  
[kontram@kontram.fi](mailto:kontram@kontram.fi)**



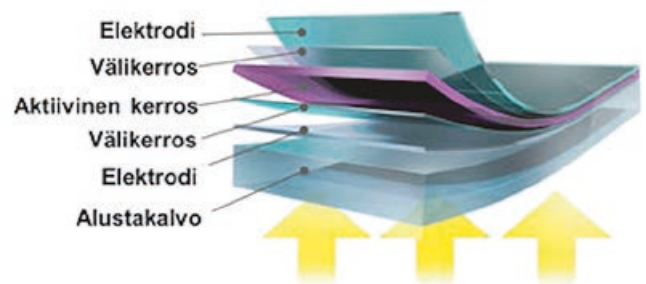


Kuva 1. Tulevaisuudennäkymä energiaomavaraisuutta lisäävistä pinnoista esimerkiksi esineiden Internet-sovelluksiin.

# ORGAANISET OHUTKALVOAURINKOKENNOT osana uusiutuvan energian käyttöä

MARJA VÄLIMÄKI, erikoistutkija, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Ohutkalvoaurinkopaneelit ovat rakenteeltaan keveitä ja taipuisia. Niiden hyötysuhteet jäävät kuitenkin yleisesti käytettyjä, perinteisiä piipohjaisia aurinkopaneeleja alhaisemmiksi. Erityisen niistä tekee se, että ne mahdollistavat aurinkoenergian hyödyntämisen uudella tavoin. Ohutkalvorakenteisista aurinkokennoista orgaaniset aurinkokennot (Organic Photovoltaics, OPV) ovat valmistettavissa tunnetuin painomenetelmin joustaville alustoille rullalta-rullalle-valmistustekniikoita hyödyntäen. Niiden massavalmistuksen aikainen materiaalien käyttö on hyvin hallittavissa ja valmistettavat rakenteet ovat kokonaisuudessaan vain noin 0,2 mm paksuisia, jolloin aurinkopaneeliin tarvittavat materiaalmäärät ovat huomattavan pieniä.



Kuva 2. Orgaaninen, polymeeripohjainen aurinkokennoraakenne, joka sisältää elektrodit, aktiivikerroksen ja niiden väliin sijoittuvat varausten kuljetuskerrokset.



Orgaaniset aurinkopaneelit voidaan valmistaa turvallisista raaka-aineista. Niiden valmistuksessa on mahdollista hyödyntää uusiutuvia tai yleisesti hyvin saatavilla olevia raaka-aineita, ja ne ovat käytön jälkeen kierrätettävissä. Tämän lisäksi painettujen ohutkalvorakenteiden visuaalista ilmettä voidaan vahvistaa graafisilla painovärikerroksilla, jolloin energiankeräyksen mahdollisuuksia ympäröivästä valosta voidaan kasvattaa integroimalla niitä erilaisiin pintoihin ja tuotteisiin, esimerkiksi osaksi esineiden internetiä (Internet of Things) ja vastaamaan näin erilaisiin energian käytön tarpeisiin uusiutuvan energian avulla.

### Orgaaniset aurinkokennot

Orgaaniset, polymeeripohjaiset aurinkokennot voidaan prosessoida erilaisin paino- ja päällystysmenetelmin. Niiden rakenne koostuu tyypillisesti 4–6 materiaalikerroksesta; elektrodeista, aktiivikerroksesta sekä väliin sijoittuvista varausten kuljetuskerroksista (kuva 2).

Näiden hyötysuhteet (Power Conversion Efficiency, PCE) ovat yltäneet 16 %:iin auringonvalossa ja 26 %:iin keinovalossa. Joustavissa rakenteissa kalvo on tyypillisesti ollut PET-muovista. Kuitenkin myös kierrätetyn muovin, biopohjaisen ja teollisesti biohajoavan muovin ja paperin käyttöä alustamateriaalina on demonstroitu.

Orgaaninen, polymeeripohjainen aurinkokenno rakentuu polymeeripohjaisen aktiivikerroksen lisäksi metalli- tai polymeeripohjaisista elektrodeista ja kuljetuskerroksista. Materiaalista riippuen, kerros voi olla paksuudeltaan muutamasta nanometristä noin kymmeneen mikrometriin. Aurinkokennojen käyttökohteesta riippuen metalliraaka-ainetta on mahdollista korvata hiilipohjaisilla materiaaleilla tai luonnonmateriaaleilla, kuten aminohapoilla tai niiden johdannaisilla. Vähäisen energian ja materiaalin kulutuksen ansiosta orgaanisten aurinkokennojen energian takaisinmaksuaika (Energy Payback Time, EPBT) on hyvin lyhyt ja aurinkokennoteknologioista matalin. Energian takaisinmaksuaika kuvaa, paljonko aikaa kuluu aurinkopaneelin materiaalien ja paneelien valmistuksessa käytetyn energian tuottamiseen. Orgaanisilla aurinkokennoilla käytetyn energian takaisinmaksuaika on mahdollista olla parhaimmillaan vain muutamien päivien pituinen.

### Käyttömahdollisuuksia rakennusten julkisivuissa ja sisätiloissa

Aurinkokennojen joustavuus ja ohuus mahdollistavat niiden integroinnin suoraan julkisivujen rakenteisiin. Tällöin julkisivujen lasit, rakennusten seinät ja erilaiset tekstiilit voivat toimia energiaa keräävinä pintoina. Orgaaniset aurinkokennot voidaan painomenetelmin valmistaa geometrialtaan eri kokoisina ja kaksiulotteiseen muotoon (kuva 3). Lisäksi niitä voidaan sijoittaa osaksi rakenteita, jotka ovat muodotaan esimerkiksi kaarevia tai joiden on tarpeen taipua jopa rullattaviksi.

Uusiutuvan energian käytön monipuolinen lisääminen rakennetuihin ympäristöihin kasvattaisi kiinteistöjen energiaomavaraisuutta. Energiankeräyksessä painettuja aurinkokennoja voisi hyödyntää sekä sisä- että ulkotiloissa, ja painetut toiminnalliset pinnat voisivat olla osana ympäröivien tilojen visuaalista ilmettä. Tällöin materiaalien käytöllä olisi nykyistä tarkemmin mietityt tehtävät. Uusiutuvan energian käytöllä olisi edellytyksiä nykyistä laaja-alaisempaan hyödyntämiseen ja sen sisällyttämiseen yhtenäisemmäksi osaksi rakennusten arkkitehtuuria ja kiinteistöjen toiminnallisuutta.

Rakennusten pinnat niiden sisätiloissa ja ulko-osissa voivatkin tulevaisuudessa olla energiaa kerääviä ilman, että ne näyttävät siltä. Saattaakin olla, ettemme tulevaisuudessa edes tiedosta meitä ympäröivien pintojen toiminnallisuutta tai niihin kytkeytyviä toimintoja, joita hyödynnämme.

Sisätilassa kerättävissä olevan energian määrä on silti ulkotilaa vähäisempi, toisaalta sisätilan valaistuksen ja ulkotilasta sisälle tu-



Kuva 3. Painetut orgaaniset, polymeeripohjaiset aurinkokennot ja niiden rullalta-rullalle-valmistus. Kuvan laitteisto osana Teknologian tutkimuskeskus VTT:n pilot-mittakaavan valmistusympäristöä.

levan valoenergian keräyksellä olisi mahdollista tukea esimerkiksi älykkäiden ympäristöjen toimintoja. Eriksen rakennuksiin integroitujen aurinkopaneelien (Building Integrated PV, BIPV) rinnalle onkin tullut ajatus infrastruktuuriin integroiduista aurinkopaneelista (Infrastructure Integrated PV, I2PV). Tällöin aurinkoenergian hyödyntäminen ulottuisi nykyistä laajemmalle yksittäisistä rakennuksista ja älykkäistä kodeista yhteiskunnan toimintoihin.

LIWE façades -projekti on ollut yksi Business Finlandin Challenge Finland -ohjelman rahoittamista hankkeista. Teknologian tutkimuskeskus VTT:n koordinoimassa hankkeessa PES-Arkkitehdit Oy suunnitteli jääkidettä ja kiinalaista kalligrafiata symboloivan designin osaksi julkisivua. Konsepti on osa Kiinan Nanjingiin rakennettavaa suomalaista teknologiaa ja osaamista esittelevää keskusta (Sino-Finnish), jonka suunnittelukilpailun PES-Arkkitehtien työ voitti. Merkittävästä hankkeesta PES-Arkkitehdille myönnettiin Architectural Review MIPIM Future Project -palkinto ”Special Award for Innovation”.

Ideoinnin pohjalta LIWE façades -projektissa pilotoitiin designiin sopivia aurinkopaneelita VTT:n painetun elektroniikan valmistusympäristössä ja rullalta-rullalle-painomenetelmin. Pilot-mittakaavassa valmistetut aurinkopaneelit graafisine kuvioineen laminoitiin osaksi lasielementtiä (kuva 4). Pilotoidun kalligrafiakuvion val-





mistus osoitti, että uudet aurinkokennoteknologiat voivat muuttaa käsityksemme aurinkoenergian hyödynnettävyydestä rakennuksissa ja avata uusiutuvan energian käytön mahdollisuuksia nykyistä laajemmaksi osaksi rakennettuja ympäristöjä.

Energiätehokkuusvaatimusten kannalta myös aurinkosuojaiminen on keskeinen osa tulevaisuuden rakentamista. Kun tähän yhdistetään mahdollisuus kerätä energiaa auringonvalosta, ollaan jo hyvin pitkällä energiätehokkaammassa ja hiilineutraalimmassa rakentamisessa. LIWE façades -projektissa kehitettiin yhteistyössä Artic Kaihdin Oy:n kanssa markiisikankaaseen integroitua energiaomavaraista aurinkosuojaa tuottamaan markiisiin avaamiseen ja sulkemiseen tarvittavaa energiaa.

Tavoitteiden saavuttamiseksi ja hyvän suorituskyvyn ylläpitämiseksi pintojen optinen suorituskyky, pintojen kulutuksenkesto ja niiden puhdistettavuus havaittiin avaintekijöiksi. Näitä tutkittiin hankkeessa yhdessä Optitune Oy:n kanssa. Näiden lähtökohtien pohjalta valmistettiin erilaisia pinnoitettuja testirakenteita, joihin oli suojakerrosten kautta lisätty sääolosuhteiden vaatimaa kulutuskestävyyttä, säilyttäen kuitenkin käyttökohteen vaatimaa taipuisuus ja kaihtimen rullautuvuus. Painettujen orgaanisten aurinkokennojen hyödynnettävyyttä aurinkosuojauksessa demonstroitettiin yhdessä Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa. VTT:llä valmistettiin pilot-mittakaavassa rullalta-rullalle-valmistusympäristössä ulkokäyttöön suunniteltu aurinkopaneeli, joka liitettiin osaksi tekstiilipintaista auki-kiinni-rullautuvaa aurinkosuojaa. Kaihdin sijoitettiin testikäyttöön varsinaiseen käyttöympäristönsä, jolloin kankaaseen integroitujen aurinkopaneelien energiankeräyksen tehokkuutta voitiin testata eri aikoina. Myös markiisiin auki-kiinni-toimintojen toimivuutta aurinkosuojauksessa päästiin testaamaan käytännössä (kuva 4).



Kuva 4. Ohuet, orgaaniset aurinkopaneelit integroituna lasielementtiin ja aurinkosuojaan.

### Valon käyttäminen tiedonsiirtoon

Ympäröivästä valosta kerättyä energiaa voidaan hyödyntää myös langattomassa tiedonsiirrossa käyttämällä sitä mittauksen ja tiedonkeruun tapahtumissa. Orgaaniset aurinkokennot soveltuvatkin hyvin IoT-tyyppisiin sovelluksiin, joissa tarvitaan virtalähde, kuten esimerkiksi paristo. Tarvittavaa energiamäärää saattaa olla varsin pieni ja kerättävissä ympäröivästä sisävalosta.

Monenlaiselle mittaustiedolle, kuten olosuhdesuhteiden tai sijaintitiedon seurannalle onkin suuri tarve mm. teollisen valmistuksen eri vaiheissa, logistiikassa ja alkuperän jäljittämässä. RFID-teknologiaa (Radio Frequency Identification) hyödynnetäänkin esimerkiksi laadunvalvonnan apuna, tehostamassa materiaalivirtojen käyttöä ja tuotteiden tarkoituksenmukaista kuljetusta ja varastointia sekä niiden oikea-aikaista käyttöä. Toimitusketjujen hallinnan kokonaisvaikutukset voivat olla hyvinkin laaja-alaisia.

QR-koodiin (Quick Response barcode) verrattuna RFID tarjoaa enemmän mahdollisuuksia. Tunnisteella on seurannan tarpeesta riippuen mahdollista tiedonkeruun lisäksi historiatiedon lukeminen ja tiedonsiirto. Anturien mittaama data voidaan lukea kyseisellä hetkellä lukijalaitteen energialla. Erillisen virtalähteen avulla mitattu data voidaan myös tallentaa tai lähettää reaaliaikaisena tietona. Lähikenttäviestinnän (Near-Field Communication, NFC) tunnistetien käyttö lisää RFID-teknologian hyödynnettävyyttä laajemmin ja NFC-lukija voikin olla joko mobiililaitte tai järeämpi erillinen RFID-lukija. NFC tekee pakkauksesta vuorovaikutteisen ja mobiililaitteiden avulla helposti hyödynnettävän etikettiin liitetyn NFC-sirun avulla.

Monipuolisempien toimintojen käytössä uusiutuvan energian avulla paristo olisi mahdollista korvata energiaomavaraishella ratkaisulla, jossa aurinkokenno tuottaisi tarvittavan energian. Orgaanisilla aurinkokennoilla on ohuen ja taipuisan rakenteensa vuoksi edellytykset integroitua osaksi älykkäitä etikettejä (kuva 5). Lisäksi ne soveltuvat valoenergian keräämiseen myös matalamman valaistason olosuhteissa, kuten sisätilassa. Ne toimivat myös keinovalossa ja vaihtuvissa valaistusolosuhteissa antaen tietoa esimerkiksi





Kuva 5. Energiaomavarainen ja etäluettava olosuhteita monitoroiva älyetiketti pakkaukseen. Älyetiketti demonstroidaan osana ECOtronics-projektin valmistuskonseptia.

tuotteesta tai ympäristöstä; sijainnista, lämpötilasta, liikkeistä, kosteudesta ja muista seikoista, kunhan energiaa on olosuhteista riippuen varastoitu puskuriksi välivarastoon.

Tähän mennessä RFID-teknologiaa on käytetty tuotesuojauksessa vaikkapa lääketuotteiden aitouden varmentamiseen sekä logistiikassa tuotanto- ja kuljetusketjujen hallintaan. Mutta viime aikoina esimerkiksi elektroniikka- ja vaatetusalan yritykset ovat ryhtyneet käyttämään niitä myös tuotteiden elinkaaren hallintaan ja kierrätyksen parantamiseen sekä mahdollistamaan IoT-sovellukset.

Merkittävänä etuna näiden ohella on hävikin pienentäminen, erityisesti lämpötilaherkissä tuotteissa kuten elintarvikkeissa tai lääkkeissä, sekä alkuperätietojen tarkentaminen ja tuoteturvallisuuden lisääminen. Pienten energiaomavaraisten älyetikettien käytöllä voitaisiinkin hallita suuria materiaalivirtoja nykyistä tehokkaammin ja hyödyntää niitä päästöjen vähentämisessä. Meneillään olevan Business Finlandin rahoittaman ECOtronics-ekosysteemi-projektin yhtenä keskeisenä tavoitteena onkin tarjota kestäviä ratkaisuja ekologisemman elektroniikan valmistukseen ja tuotteisiin, joiden osaksi ne integroidaan. Projektissa huomioidaan kestävä ratkaisu läpi koko tuotteen elinkaaren ja otetaan huomioon myös tuotesuunnittelun näkökulmat. Meneillään olevan ja VTT:n koordinoiman ECOtronics-hankkeen muodostavat VTT, Tampereen Yliopisto, LUT-yliopisto, LAB-ammattikorkeakoulu, Confidex, GE Healthcare, Green Company Effect, Iscent, New Cable Corporation, Paptic, Stora Enso ja Vaisala.

#### Lähteet

Ylikunnari, M.; Välimäki, M.; Väisänen, K.L.; Kraft, T.M.; Sliz, R.; Corso, G.; Po, R.; Barbieri, R.; Carbonera, C.; Gorni, G.; Viikman, M. Flexible OPV modules for highly efficient indoor applications. *Flexible and Printed Electronics*, 5(1), 2020. <https://doi.org/10.1088/2058-8585/ab6e73>

Välimäki, M. K.; Sokka, L. I.; Peltola, H. B.; Ihme, S. S.; Rokkonen, T. M. J.; Kurkela, T. J.; Ollila, J. T.; Korhonen A. T.; Hast, J. T. "Printed and hybrid integrated electronics using bio-based and recycled materials—increasing sustainability with greener materials and technologies." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 111, no. 1 (2020) <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06029-8>

Espinosa, N.; Hösel, M.; Angmo, D.; Krebs, F.C. "Solar cells with one-day energy payback for the factories of the future." *Energy & Environmental Science* 5, no. 1 (2012): 5117-5132. DOI: 10.1039/C1EE02728J

<https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/visually-appealing-solar-modules-architectural-elements-building-facades>  
<https://www.ecotronics.fi/>

Hakola, L.; Immonen, K.; Sokka, L.; Välimäki, M.; Smolander, M.; Mäntysalo, M.; Tanninen, P.; Lyytikäinen, J.; Leminen, V.; Naji Nassajfar, M.; Horttanainen, M. "Sustainable materials and processes for electronics, photonics and diagnostics." *Electronics Goes Green 2020+*, Berlin, September 1, 2020

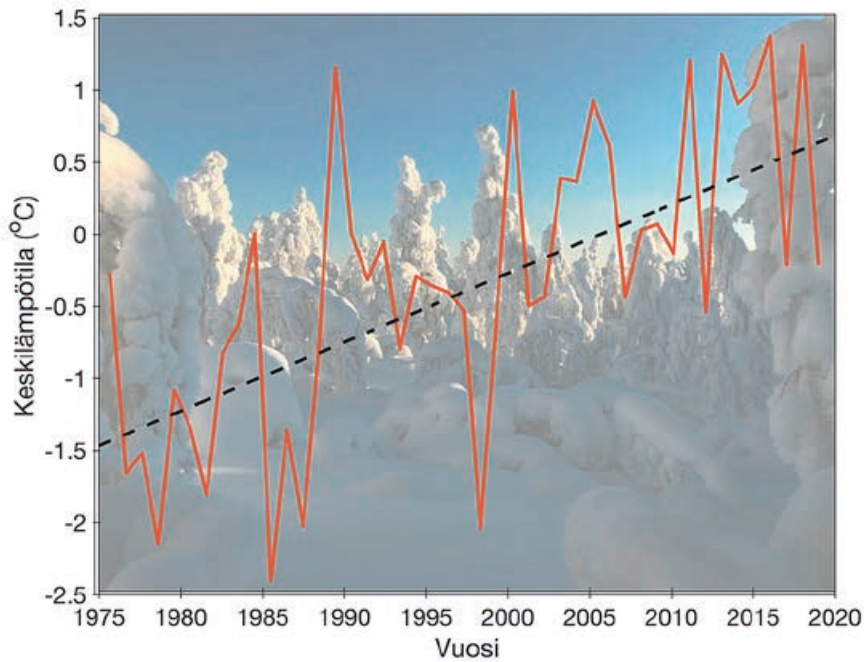




Jutun kirjoittaja haluaa 400-vuotiasta petäjää. Kuivalla kankaalla kasvava puu on selviytynyt monet metsäpalot ja muut maailman mullistukset.

# ILMAKEHÄTUTKIMUSTA LAPIN ERÄMAASSA





Vuotuinen keskilämpötila Värrin tutkimusaseman mittauspisteellä on noussut noin kahdella asteella 45 viime vuoden aikana.

**MIKKO SIPILÄ**, Apulaisprofessori, Ilmakehätieteiden keskus, Helsingin Yliopisto

Värrin luonnonpuisto tietämien taipaleiden takana Itä-Lapin erämaassa kätkee sisäänsä muun muassa erittäin monipuolisen ja modernin ilmakehän koostumusta ja hiilenkiertoa tutkivan mittausaseman. Värrin tutkimusasemalla on yli viiden vuosikymmenen aikana tutkittu ympäristön tilaa yöperhosista ahmoihin ja käpysadoista ilmastonmuutokseen. Ilmakehätutkijalle itärajalla, Kuolan niemimaan raskaan kaivosteollisuuden päästöjen vaikutuspiirissä sijaitseva tutkimusasema tarjoaa paljon tutkittavaa. Värrin luonnonpuistossa on erinomainen mahdollisuus tutkia ihmisperäisten sekä luonnollisten päästöjen ja ilmakehän ilmiöiden yhteispeliä sekä ilmansaasteiden roolia pohjoisen ilmaston muokkaajana.

**K**esäkuun alussa vuonna 2002 matkasin yöjunassa Helsingistä kohti Kemijärveä. Kemijärveltä matka jatkui aamulla linja-autolla Savukosken kirkonkylälle, mistä etukäteen sovittu postiauto poimi minut kyytiinsä ja lähti kyyditsemään kohti itärajaa. Ainijärven rajavartioasemalle päättyi niin maantie kuin postiauton kyytikin, joten matka jatkui jalkaparikassa kohti määränpäättäni. Polku kulki kahdeksan kilometrin matkan läpi kuusikoiden, soiden ja kelohonkien kirjomien koskemattomien mäntykankaiden, kunnes saavuin kesätyöpaikalleni Värrin tutkimusasemalle. Jo tällä ensitaipaleellani läpi Värrin luonnonpuiston ikimetsien, näin ja koin luonnontilaisen erämaan, jollaista en ollut kunnolla ymmärtänyt olevan enää Suomessa olemassakaan.

### Tutkimusasema erämaassa

Helsingin Yliopiston Värrin tutkimusasema sijaitsee 100 kilometrin päässä lähimmästä suomalaisesta taajamasta, Savukosken kirkonkylältä. Savukosken Martille, lähimpään kylään on matkaa noin 80 kilometriä. Ainijärven rajavartioasemakin lakkautettiin 2010-luvun alussa, joten naapureita ei asemalla häiriöksi asti ole. Asemaa lähinnä oleva varteenotettava asutuskeskus onkin venäläinen, vajaan 20 tuhannen ihmisen kaivoskaupunki Koutero, linnuntietä vain noin 40 kilometrin päässä kaakossa. Kirkkaina öinä Kouteron valojen kajastus näkyy Värritunturiin.

Yhtä kaukana pohjoisessa siintää Korvatunturi kolmine huippuneen. Asemaa ympäröi 124 neliökilometrin laajuinen Värrin luonnonpuisto, jossa liikkuminen aseman tutkimustoimintaa lukuun ottamatta vaatii Metsähallituksen erityisluvan. Puisto on suurelta osin myös rajavyöhykkeellä, jonne taas ei ole mitään asiaa ilman rajavartiolaitolkselta anottavaa lupapaperia. Pohjoisessa ja idässä luonnonpuisto rajoittuu Venäjän rajaan. Eteläpuolella luonnonpuistoa sijaitsevat Tuntsan erämaa-alueet, joilla ei nykyisin metsätaloutta harjoiteta.

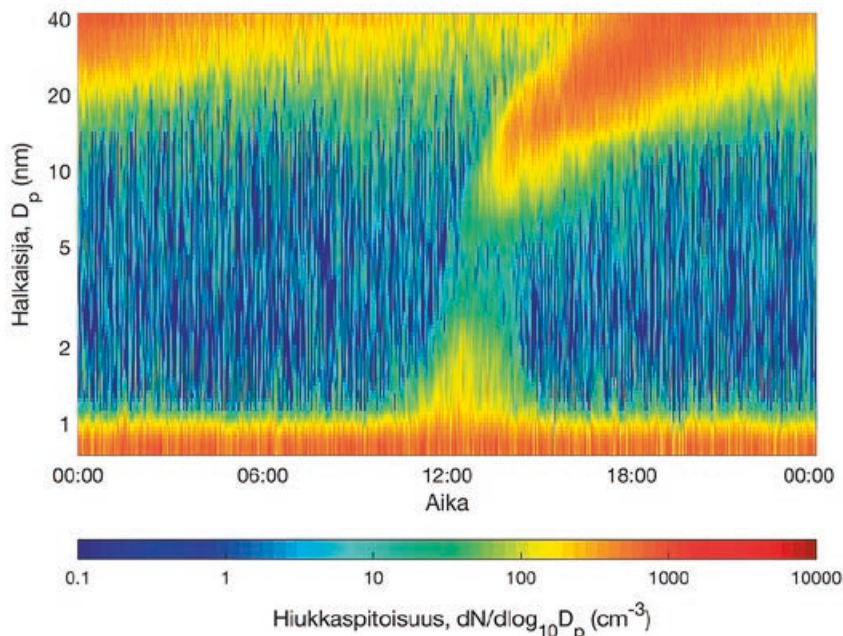
Puiston länsi-luoteispuolella on kaistale normaalissa metsätaloukskäytössä olevia, etenkin 1980–1990-luvuilla laajastikin hakattuja alueita, jotka erottavat Värrin luonnonpuiston Kemihaaran erämaasta ja Kekkosen kansallispuistosta. Tällä kaistaleella on myös Euroopan suurin fosfaattiesiintymä, Sokli, jonka hyödyntämistä eri kaivosyhtiöt ovat jo yli puolivuosisataa suunnitelleet. Alueen maaperän korkea fosfaattipitoisuus näkyy kasvillisuudessa ja muun muassa luonnollisina sinileväkukintoina.

Värrin luonnonpuisto on harvinainen biotooppien mosaiikki. Puiston ytimessä on Värritunturi, joka on monilakinen, 15 kilometriä pitkä tunturiselänne. Tunturialueiden välissä on kuusikoita, kuivia ja karuja mäntykankaita, reheviä jokilaaksoja, kuruja, pieniä järviä sekä nevoja, rämeitä ja rinesoita. Metsät ovat käytännössä luonnontilaisia, osa nuoria, 1950–60-luvun vaihteessa palaneita, osa monisatavuotisia, useita metsäpaloja läpikäyneitä männiköitä. Vanhimmat puut, joista aseman tutkimusten yhteydessä on otettu kairanäytteitä ovat yli 400-vuotiaita, Nuijasodan aikoihin syntyneitä. Sitäkin vanhempia todennäköisesti löytyy, mutta ilman ehdottoman tärkeitä tutkimuksellisia perusteita, ei ikipetäjiä ryhdytä kairaamaan.

Puistossa, välillä jopa aseman pihapiiriä myöten, tavataan säännöllisesti kaikkia suurpetoja osin itärajan läheisyyden ansiosta. Itsekin olen kokenut huimia elämyksiä karhuperheen puuhasteluja seurattessani, tai selvitellessäni lumijäljistä ahman ja poron yölliseen kohtaamiseen liittyvää draaman kaarta. Monimuotoisuutensa ja luonnontilaisuutensa ansiosta Värrin-Tuntsan alue on myös linnustollisesti merkittävä IBA-alue. Harvan toimiston ikkunasta voi Suomessa esimerkiksi tunturihaukkaa havaita, niitä kuitenkin pesii koko maassa vain muutama kymmenen yksilöä.

Tutkimusaseman historia juontaa juurensa syksyyn 1966, kun myöhemmin kansanedustajankin ja Oulun yliopiston eläintieteen professorina vaikuttanut silloinen Helsingin yliopiston dosentti Erkki Pulliainen tutki riekkoja ja hirviä Tuntsankairassa. Kahden





Malliesimerkki Värriön SMEAR I -asemalla NAIS-ionispektrometrillä mitatusta hiukkasmuodostustapahtumasta. Kyseisenä päivänä, 29.1.2020, rikkidioksidipitoisuus oli niin korkea, jopa 20 ppb, että sydäntalven vähäinenkin auringon kajastus riitti tuottamaan valokemiallisesti riittävän määrän rikkihappoa, jotta hiukkasmuodostusta tapahtui. Kuvan alalaidassa erottuu punaisena jatkuva kosmisen säteilyn ja radonin hajoamisesta syntyvä ioniklusteripopulaatio. Uusien hiukkasten synty alkaa hieman ennen puolta päivää, ja hiukkasten kasvu jatkuu pitkälle iltaan.

rajamiehen kanssa Puitsitunturin kämpällä yöpyessään oli toinen heistä, Martti Laitinen, ehdottanut tutkimusaseman perustamista alueelle. Niin uskomattomalta kuin se nykyajasta katsoen tuntuukin, vietettiin aseman vihkiäisiä jo seuraavana kesänä 1967. Toteutuksen vauhtiin vaikutti paitsi toteuttajien henkilökohtainen tahto, myös yksityishenkilöiltä kerätty rahoitus – asema maksoi aikoinaan Helsingin Yliopistolle vaivaiset 3000 markkaa. Sittemmin asemaa on laajennettu useaan otteeseen.

### Pitkät aikasarjat

Tutkimusasemalla on seurattu useita ympäristömuuttujia nyt jo vuosikymmenien ajan. Asemalla on mm. kolme sataa linnunpönttöä luonnonpuistossa ja sen ulkopuolella kolopesijöiden kantojen ja pesintäaikataulujen seuraamiseksi. Kanalintu- ja nisäkaskantoja seurataan laskemalla havaintoja ja jälkiä vuosittain satojen kilometrien matkalta vakiolinjoilla. Lumensyvyyttä ja -tiheyttä mitataan viikoittain lumilinjamittauksin. Lisäksi seurataan marjasatoa, yöperhosia, puiden versojen kasvua ja vedenlaatua alueen vesistöissä. Lisäksi tehdään fenologiahavaintoja, kartoitetaan suurpetojen liikkeitä, petolintujen pesiä sekä myyräkantoja ja käypsatoja. Asemalla on tutkittu paljon myös eläinten ekologiaa ja käyttäytymistä. Vuosikymmenten saatossa aseman henkilökunta on hiihtänyt kymmeniä tuhansia kilometrejä mm. näätien jälkiä seurailleen ja niiden elintapoja tarkkaillen.

Värriön tutkimusaseman yhteydessä on myös Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasema, Seismologian instituutin seismologinen asema sekä Säteilyturvakeskuksen mittauspiste. Aseman historia pitkin biologisine aikasarjoinen on vaikuttava, mutta 1990-luvulta alkaen ilmakehätutkimus on noussut yhä merkittävämpään rooliin aseman toiminnassa.

### Ilmakehätutkimusta SMEAR I -asemalla

Tshernobylin räjähdysten myötä 1980-luvun lopulla ilmeni tieteellinen ja osin poliittinenkin tarve monitoroida itäisestä naapurimaastamme rajan yli ajelehtivia ilmansaasteita. Vuonna 1991 Pulliaisen, metsäekologian professori Pertti Harin ja nykyisen akateemikko Markku Kulmalan aloitteesta ja johdolla perustettiin Värriön tutkimusaseman yhteyteen, läheisen Kotovaaran laelle, ensimmäinen ilmakehää ja ilmakehän ja metsäekosysteemin vuorovaikutusta mittaava SMEAR I (Station for Measuring Ecosystem Atmosphere Relations) -tutkimusasema. Aseman tehtävänä oli tarkkailla etenkin Kuolan niemimaan rikkipäästöjä, mitata meteorologisia suureita, sekä metsän ja ilmakehän välisiä ainevirtoja.

Perustamisestaan lähtien SMEAR I:llä on mitattu perinteisten

ilmansaasteiden – rikkidioksidi, typen oksidit, häkä ja otsoni – pitoisuuksia, meteorologisia suureita, sekä metsän ja ilmakehän välisiä vuorovaikutuksia, kuten hiilidioksidivaihtoa. Vuodesta 1997 alkaen asemalla on mitattu aerosolihiukkasten kokojakaamaa ja kokonaispitoisuutta.

Vuonna 2017 SMEAR-asemaa laajennettiin. Pian sen jälkeen aloitettiin asemalla mustan hiilen, eli aerosolin absorptiokertoimen, sekä aerosolin sirontakertoimen mittausta. Laajennuksen myötä ryhdyttiin mittaamaan myös pieniä, 1–3 nanometrin kokoisia aerosoliklustereita, sekä radonin hajoamisen ja kosmisen säteilyn ilmakehään tuottamia ioneja. Lisäksi asema varustettiin huippuherkällä lentoaikamassaspektrometrillä, jolla havaitaan suurin osa ns. sekundääristen, höyryistä tiivistymällä muodostuvien aerosolihiukkasten syntyyn liittyvistä yhdisteistä, kuten rikkihappo ja matalahöyrynpaineiset hapettuneet orgaaniset yhdisteet. Laajennuksen yhteydessä rakennettiin myös satelliittiasema läheiselle Nuorttiaavalle, missä mitataan meteorologisia suureita sekä aerosoli- ja ioniklustereita ja monitoroidaan Yli-Nuorttijoien veden laatua.

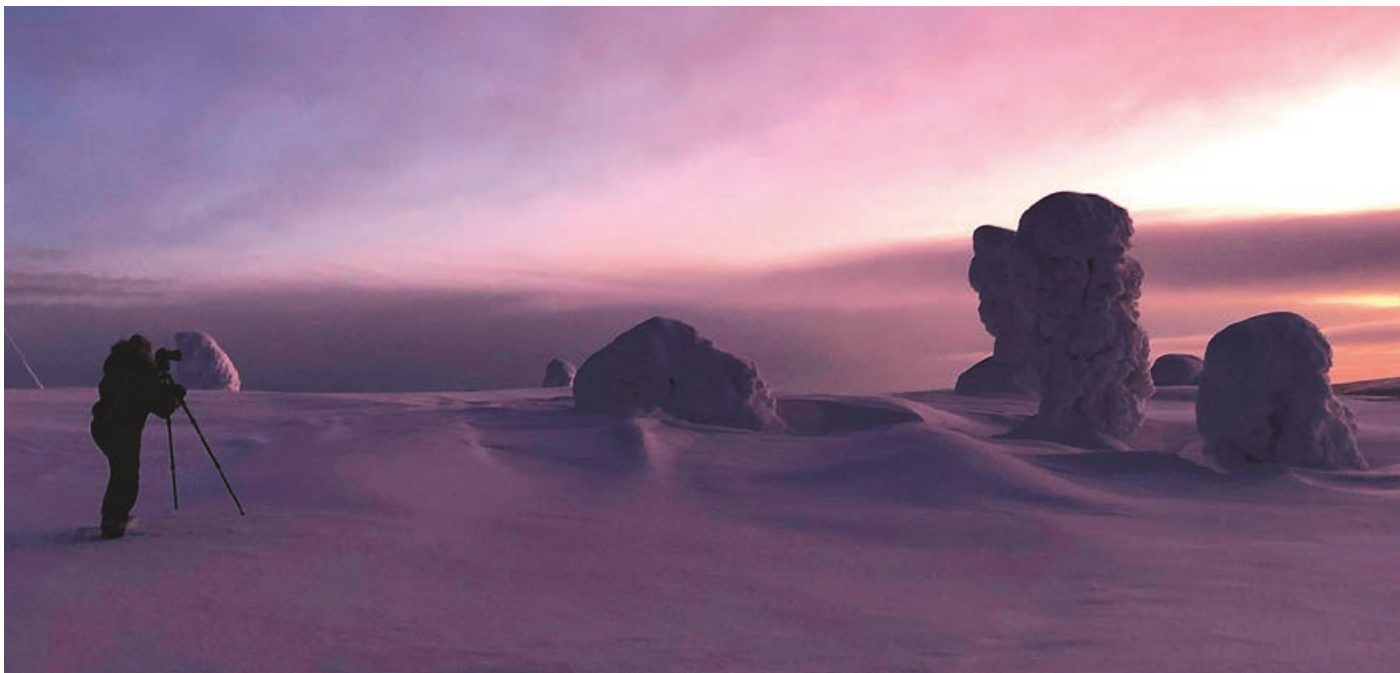
Globaaleja tiedekysymyksiä ei voida yksittäisten tutkijoiden eikä myöskään yksittäisten tutkimusasemien voimin ratkaista, vaan koordinoituiden monikansallisten ja globaalit infrastruktuurihankkeet ovat laadukkaan tiedonkeräyksen edellytys. Nykyisin SMEAR-asema sangen kattavine mittauksineen onkin osa operatiivista Euroopan laajuisista ICOS (Integrated Carbon Observing System) -tutkimusinfrastruktuuria, joka keskittyy tuottamaan standardoitua ja korkealaatuista tietoa kasvihuonekaasuista ja hiilen kierrosta.

Asema on mukana myös lähiaikoina operatiiviseen vaiheeseen siirtyvässä eurooppalaisessa ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure) -tutkimusinfrastruktuurihankkeessa. SMEAR kuuluu myös Yhdysvaltain meri- ja ilmakehätutkimushallinnon (NOAA) GML - (Global Monitoring network) -asemaverkostoon. SMEAR I on luonnollisesti myös osa Helsingin yliopiston ilmakehätieteiden keskuksen aloitteesta perustettua Global SMEAR -asemaverkostoa, johon kuuluu asemia Suomessa, Virossa ja Kiinassa. Värriön tutkimusasema kokonaisuudessaan on lisäksi mukana ekosysteemien pitkäaikaisseurantaan keskittyvässä eLTER-verkostossa sekä arktisten tutkimusasemien INTERACT-verkostossa.

SMEAR-asemaa perustettaessa 30 vuotta sitten Kuolan niemimaan metallisulatot päästivät valtavia määriä rikkidioksidia ilmakehään. Alueen suurimpia päästölähteitä ovat olleet Motchegorskin, Kantalahden ja Nikelin sulatot, jotka yli 600 kilotonnin vuotuisilla päästöillään muodostivat, ja muodostavat edelleenkin, yhden pohjoisen pallonpuoliskon suurimmista rikkidioksidilähteistä.

SMEAR-aseman perustamisen aikaan ajoittuu myös Neuvostoliit-





Kaamoksen värimaailma innoittaa valokuvaamaan kesken lumilinjamittauksen.



Taviokuurna on pesimäaikaan melkoinen piiloittelija, mutta keväällä talvisen vaelluksensa päätteeksi se saattaa pesimäpaikkoja kartoittaessaan hetken levähtää tutkimusaseman porraskaiteella.



Nuortitunturi SMEAR-aseman tornista kuvattuna. Valtion raja kulkee tunturin päältä.

ton hajoaminen. Hajoamista seuraavien sosioekonomisten muutosten vaikutus alueen teollisuuteen yhdistettynä sulattojen kehittyviin puhdistusmenetelmiin on johtanut päästöjen ja Värrillä mitattavien rikkidioksidipitoisuuksien jatkuvaan laskuun. Viimeisimpänä muutoksena Kuolan päästölähteisiin on Nikelin nikkelisulaton lakkauttaminen viime vuoden lopussa. Huolimatta positiivisesta kehityksestä, ovat alueen kokonaispäästöt edelleen huomattavia, ennen Nikelin sulkemista noin 200 kilotonnia rikkidioksidia vuodessa, mikä on moninkertaisesti Suomen rikkidioksidipäästöihin (alle 40 kt/v) nähden. Verrattuna maailman suurimman rikkisaastuttajan, pohjoissiperialaisen Norilskin huimaaviin, lähes kahden megatonnin vuosipäästöihin, Kuolan saastutus on kuitenkin nykyisellään huomattavasti hillitympää.

Kuolan Rikkipäästöt näkyvät myös Värrillä. Rikkidioksidipitoisuuden tuntikesiarvo voi sopivien tuulten vallitessa hetkellisesti ylittää 20 ppb, kun esimerkiksi Helsingin metropolialueella suurin vuonna 2019 mitattu tuntikesiarvopitoisuus oli 8.4 ppb (HSY 2020). Osa rikkidioksidista hapettuu ilmassa rikkihapoksi, joka ammoniakkin ja ilmakehän ionien avustuksella ”nukleoituu” eli synnyttää uusia pienhiukkasia. Nämä hiukkaset kasvavat talvisaikaan rikkihapon ja kevästä alkaen biogeenisten pitkälle hapettuneiden orgaanisten höyryjen, ns. HOM-yhdisteiden tiivistyessä niiden pintaan.

Hiukkaset kasvavat lopulta riittävän suuriksi, halkaisijaltaan noin 50-100 nanometrin kokoisiksi, jotta ne voivat toimia pilvien tiivistymisytiminä ja vaikuttaa pilvipeitteen säteilyominaisuuksiin ja siten paikallisesti tai alueellisesti sähkään ja ilmastoon. Värrillä ei toistaiseksi ole pilvyttimien tai pilvipeitteen ominaisuuksien mittaukseen kykeneviä laitteita, mutta työ on aloitettu aseman laajentamiseksi vuosien 2021-2022 aikana, jolloin mm. Värritunturin huipulle tullaan pystyttämään pilvipisaroiden ytimien kokojakaamaa mittaava laitteisto. Asemaa päivitetään parhaillaan myös mittaamaan ilmakehässä kulkevaa ja pilvien lähettämää infrapunasäteilyä.

Talvisaikaan muuten äärimmäisen puhtaassa ilmassa voi siis otollisten tuulten vallitessa leijua rikkidioksidia, sekä pieniä määriä rikkihappoa, rikkihappohiukkasia ja primäärihiukkasissa olevaa, niin ikään lähinnä Kuolan suunnalta kulkeutuvaa mustaa hiiltä. Kevään tullen, kun metsä herää ja puut alkavat yhteyttää, siirtyy merkittävimmän sekundäärihiukkasmassaa kasvattavan yhdisteen rooli rikkihapolta HOM-yhdisteille, vaikkakin rikkihapolla hyvin todennäköisesti on myös kesäisin kriittinen rooli hiukkasen synnyn ensivaiheissa. Koska HOM-yhdisteiden, jotka ylipäätään löydettiin vasta muutamia vuosia sitten, jatkuvatoiminen monitorointi aloitettiin vasta 2019, ei kokonaiskuvaa niiden roolista Itä-Lapin ilmakehän ja pilvipeitteen ominaisuuksien muokkaajana vielä ole. Tuleva tutki-





Suurpetoseurantaa on asemalla tehty yli 50 vuotta. Kuvassa ahman jäljet kevähangella.



Kuukkeli on korpin, lapintiaisen ja metsäkanalintujen ohella talvisen erämaan tyypilajistoa.

muksemme, pilvi- ja infrapunasaiteilymittauksineen, tuleekin täh-  
täämään myös tämän kysymyksen ratkaisemiseen.

Ilmasto aseman mittauspisteellä on viidessä vuosikymmenessä  
lämmennyt noin +2.2°C. Kasvupotentiaalia ja kasvillisuusvyöhyk-  
keiden rajoja määrittelevän tehoisan lämpösumman nousu on ollut  
hurja, metsän kasvun edellytykset juuri täyttävästä noin 600 aste-  
vuorokaudesta noin 800 astevuorokauteen. Väriöllä nautitaankin  
nykyisin osapuilleen 1970-luvun suomussalmelaisesta ilmastosta.  
Muutoksen rajuuden hahmottaa paremmin, kun miettii mitä vas-  
taava 200 astepäivän pudotus olisi tehnyt - muuttanut alueen tund-  
raksi. Jonain päivänä pystymme laajennetuilla mittauksillamme toi-  
vottavasti myös ratkaisemaan sen, onko Kuolan rikkipäästöjen pu-  
dotuksella, tai kiihtyvällä metsän kasvulla ja orgaanisten päästö-  
jen muutoksilla vaikutusta paitsi pilviytymien pitoisuuksiin, myös  
alueen lämpötiloihin.

### Ympyrä sulkeutuu

2000-luvun alussa työskentelin Väriön tutkimusasemalla kaikkiaan  
kolmena kesänä, kunnes tutkimukseni vei minut maailman muihin  
ääriin lähes puoleksitoista vuosikymmeneksi. Muutama vuosi sitten  
olin retkeilemässä Pohjois-Sallassa Tuntsan erämaassa. Väriötun-  
tureiden eteläpuolella, Murhahaaran autiotuvassa, viikon metsässä  
möyrineenä tuli mieleeni vanha kesätyöpaikkani saunoineen pari-  
kymmentä kilometriä pohjoisempaan. Suuntasin siis pohjoiseen ja  
loppu on historiaa. Virallisesti aloitin työni Väriön tutkimusase-  
man johtajana vuoden 2020 alusta. Tavoitteenani on kehittää ase-  
maa kohti mahdollisimman monipuolista kokonaisuutta, joka pal-  
velee laaja-alaista ympäristön tilan monitorointia pitkin aikasar-  
joinen sekä tarjoaa puitteet huipputason prosessitutkimukselle.  
Vaikka omissa tutkimustöissäni asemalla keskityn enimmäkseen  
ilmakehätutkimukseen, olen joka päivä vaikuttanut luonnon ih-  
meistä, jotka asemaa ympäröivät ja joita niin valitettavan harvoin  
pääsee muualla todistamaan.

### Viitteet

- Ehn, M., Thornton, J., Kleist, E., Sipilä, M., Junninen, H., Pullinen, I., Springer, M., Rubach, F., Tillmann, R., Lee, B., Lopez-Hilfiker, F., Andres, S., Acir, I.-H., Rissanen, M., Jokinen, T., Schobesberger, S., Kangasluoma, J., Kontkanen, J., Nieminen, T., Kurtén, T., Nielsen, L. B., Jørgensen, S., Kjaer-gaard, H. G., Canagaratna, M., Maso, M. D., Berndt, T., Petäjä, T., Wahner, A., Kerminen, V.-M., Kulmala, M., Worsnop, D. R., Wildt, J., Mentel, T. F. (2014). A large source of low-volatility secondary organic aerosol. *Nature*, 506, 476–479, <https://doi.org/10.1038/nature13032>.
- Paatero, J., Dauvalter, V., Derome, J., Lehto, J., Pasanen, J., Vesala, T., Miettinen, J., Makkonen, U., Kyrö, E.-M., Jernström, J., Isäeva, L., Derome, K. (2008). Effects of Kola air pollution on the environment in the western part of the Kola peninsula and Finnish Lapland: final report, *Finnish Meteorological Institute Reports*, 6, 1–26.
- Sipilä, M., Sarnela, N., Neitola, K., Laitinen, T., Kempainen, D., Beck, L., Duplissy, E.-M., Kuittinen, S., Lehmusjärvi, T., Lampilahti, J., Kerminen, V.-M., Lehtipalo, K., Aalto, P. P., Keronen, P., Siivola, E., Rantala, P. A., Worsnop, D. R., Kulmala, M., Jokinen, T., Petäjä, T. (2014). Wintertime sub-arctic new particle formation from Kola Peninsula sulphur emissions, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/acp-2020-1202>.
- Tuovinen J.-P., Laurila, T., Lättilä H. (1993). Impact of the sulphur dioxide sources in the Kola peninsula on air quality in northernmost Europe, *Atmospheric Environment*, 27A, No. 9, 1379-1395.
- Nielsen T. (2019). Norilsk tops world's list of worst SO2 polluters. *The Barentz Observer*, 21 August 2019.
- Hietajärvi T. (2017). Erämaa elää. Väylä, ISBN 978-952-7168-58-5.
- Pulliaainen E., Saari L., Tunkkari P. S. (1992). Keräkurmitsa - Väriötunturin lintu. Helsingin yliopiston Väriön tutkimusase-  
man 25-vuotisjuhlajulkaisu, Oulun Yliopisto, 1992, ISBN 951-42-3376-X.
- Allo M. (2016). Yhdessä ilmakehässä – Tieteen huipulle ydinturman jäljiltä. *Suomalaisen kirjallisuuden seura*, Helsinki. ISBN 978-952-222-726-3.





Kettu on aseman pihamaalla varsin tavallinen näky. Kuvan yksilöä houkuttaa kenties aseman rakenteissa talvisaikaan viihtyvät myyrät.

**Atmospheric research deep in the woods**  
Värriö sub-arctic research station and the associated Station for Measuring Atmospheric Ecosystem Relations (SMEAR I) form a unique platform for interdisciplinary investigations of processes and the state of the ecosystem -atmosphere complex in the sub-arctic zone. Intact local nature with no local pollution sources combined with the relative vicinity of heavily polluting Kola peninsula mining and ore processing sites in Russia enable studies aiming in understanding the connections between anthropogenic and natural emissions, atmospheric system and climate. Since late 1960's Värriö research station has produced valuable data from numerous variables – from moths to wolverines and from cone yield to climate change. Continuous and active development of the research infrastructure aims in making the Värriö research station the most comprehensive atmospheric – ecosystem research facility in the sub-arctic domain.



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

## ILMANLAADUN JA UUSIUTUVAN ENERGIAN ASIAANTUNTIJA

- Päästöjen leviämismalliselvitykset
- Ilmanlaadun mittaukset
- Mittalaitteiden kalibrointipalvelut
- Ilmakemian analyysipalvelut
- Ilmanlaadun seurantasuunnitelmat
- Ilmanlaadun koulutus- ja konsultointipalvelut
- Tuulimittaukset
- Tuuli- ja jäätämistälastulosten analysointi
- Paikallisen tuulivoimapotentialin määrittäminen
- Tuulivoiman tuuliennusteet
- Aurinkoenergian tuotantopotentiali ja ennusteet
- Kansainväliset hankkeet ja tutkimushankkeet

[WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI/ILMANLAATUPALVELUT](http://WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI/ILMANLAATUPALVELUT)  
[ILMANLAATUPALVELUT@FMI.FI](mailto:ILMANLAATUPALVELUT@FMI.FI)



Kuva: Laura Karlin

ILM





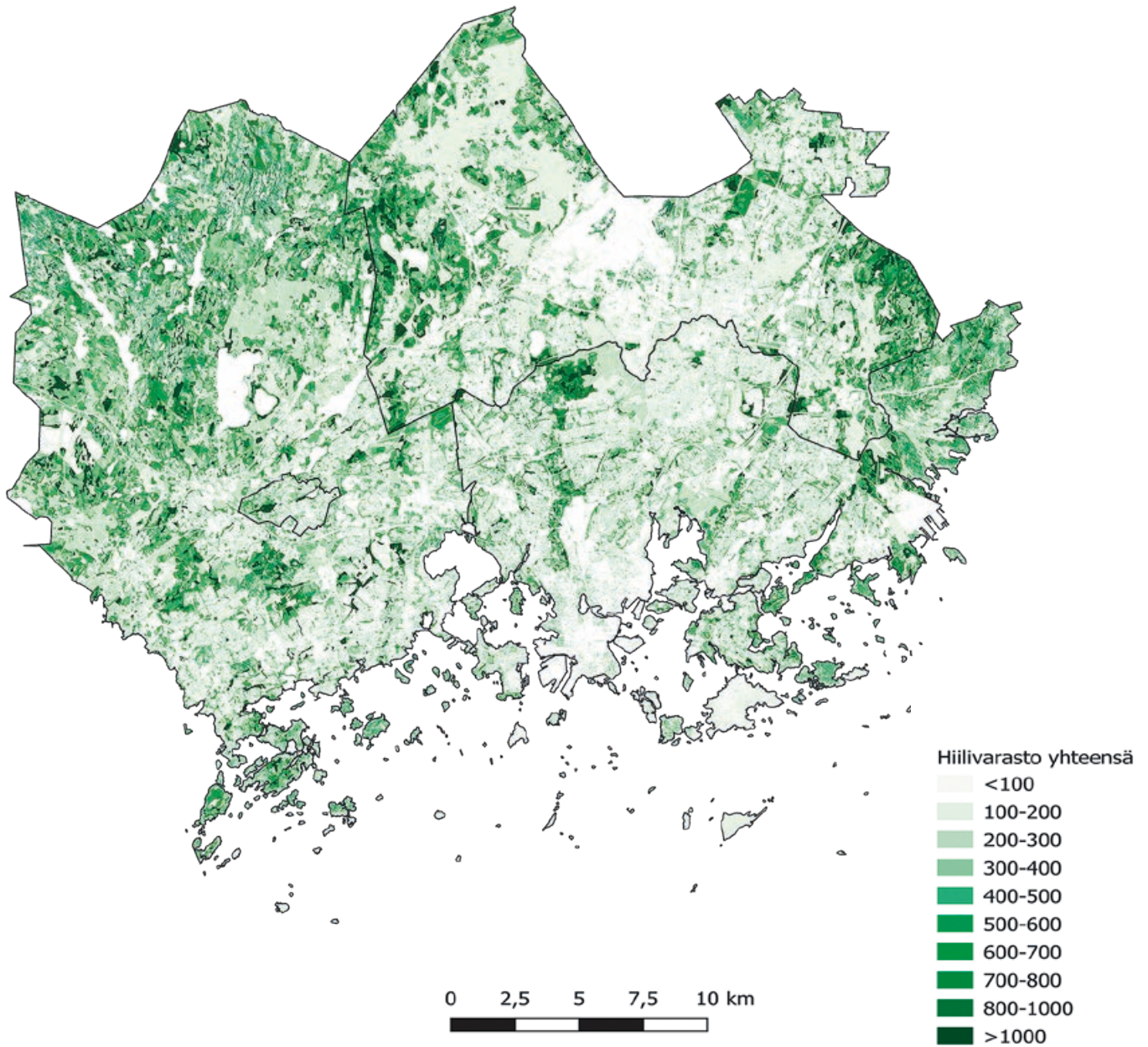
# PÄÄKAUPUNKISEUDUN hiilinielut ja-varastot kartalle

Pääkaupunkiseudun hiilivarastoista ja -nieluista on saatu uutta tietoa, kun seudun kaupungit ja HSY teettivät selvityksen maaperän ja kasvillisuuden hiilitaseesta. Syksyllä 2020 toteutettu selvitys tuo pääkaupunkiseudun hiilinielut kartalle ja entistä näkyvämmäksi osaksi maankäytön suunnittelua. Tieto tukee ilmastotyön etenemisen seuranta.

JUHA VIHOLAINEN, ilmastoasiantuntija , Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY  
OUTI KESÄNIEMI, seututietoasiantuntija , Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY



## PÄÄKAUPUNKISEUDUN HIILIVARASTOT



### Metsät ovat tärkeitä hiilivarastoja ja -nieluja

Pääkaupunkiseudun hiilitaseaselvityksen tavoitteena oli muodostaa ajantasainen kuva alueen maaperän ja kasvillisuuden hiilitaseesta. Tietoa tarvitaan ilmastotyön seurantaan, sillä seudun kaupungit ovat sitoutuneet hiilineutraaliustavoitteeseen. Tavoite kuvaa sellaisen tilan saavuttamista, jossa hiilidioksidipäästöt ja erilaiset hiiltä sitovat mekanismit, eli hiilinielut, ovat yhtä suuria.

Tulosten mukaan merkittävimmät hiilivarastot sijaitsevat pääkaupunkiseudun metsäalueilla ja suojelualueilla sekä etenkin turvemaiilla. Kasvavaa hiilivarastoa kutsutaan hiilinieluksi. Hiilivarasto kasvaa erityisesti metsissä hiilen sitoutuessa kasvillisuuteen, joten metsäalueet toimivat hiilivarastojen lisäksi tärkeinä hiilinieluinä. Selvityksen toteutti Simosol Oy. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY koordinoi hankkeen valmistelua ja projektin ohjausta yhdessä kaupunkien kanssa.

Vuonna 2019 kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneen hiilen määrä vastasi noin kymmentä prosenttia alueen vuosittaisista kas-

viuonekaasupäästöistä. Kaupunkikohtaisesti hiilinielujen suhde päästöihin vaihteli 4–21 prosentin välillä, sanoo ilmastoasiantuntija Juha Viholainen Helsingin seudun ympäristöpalveluista (HSY).

Selvityksessä arvioitiin myös metsämaiden käsittelyä koskevia toimenpiteitä hiilinielujen ja -varastojen ylläpitämiseksi. Lähdeaineistona hiilitaselaskennassa käytettiin mm. kaupunkien paikkatietomutoisia metsävaratietoja ja viheraluehoitoluokitusta.

Tämä selvitys tarjoaa ajantasaisen kuvan hiilivarastoista ja niiden muutoksesta sekä luo perustan jatkuvalla seurannalla, Viholainen jatkaa.

### Paikkatietoa hiilivarastoista myös maankäytön suunnittelun tueksi

Metsäalueet ja vihreä infrastruktuuri palvelevat kaupunkiympäristöä myös luonto- ja virkistysarvojen kautta. Lisäksi ne vaikuttavat veden kiertoon ja pienilmastoon. Hiilivarastoja koskevan paikkatiedon toivotaan helpottavan eri ympäristönäkökulmien yhteensovit-



## PÄÄKAUPUNKISEUDUN HIILINIELUT JA -VARASTOT SEKÄ KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT VUONNA 2019

	Hiilivarastot (2019)	Hiilinielut (2019)	Päästöt (2019)				
	Maaperän hiilivarasto (1000tCO2)	Kasvillisuuden hiilivarasto (1000tCO2)	Maaperän nielu (1000tCO2)	Kasvillisuuden nielu (1000tCO2)	Nielu yhteensä (1000tCO2)	KHK-päästöt yhteensä (1000tCO2)	Nielujen suhde päästöihin
<b>Espoo</b>	8261	4279	44	180	224	1092	21%
<b>Helsinki</b>	3640	1971	17	78	96	2611	4%
<b>Kauniainen</b>	149	60	0,5	3	3	40	8%
<b>Vantaa</b>	5210	2581	26	108	133	982	14%
<b>PK-seutu yhteensä</b>	17260	8891	87	369	456	4725	10%

tamista. Pääkaupunkiseutu kasvaa vauhdilla, mikä on tarkoittanut paikoin myös viheralueiden supistumista. Kaupungeissa uskotaan, että uudesta tiedosta on hyötyä kestäväen kasvun ohjaamisessa.

HSY ja kaupungit ovat tehneet jo pitkään yhteistyötä seudullisten paikkatietovarantojen kanssa. Nyt myös hiilitasetta koskevaa tietoa on käytettävissä sekä toteutuneen kehityksen että uusien maankäytön suunnitelmien analysointiin, toteaa seututietoasiantuntija Outi Kesäniemi.

Hiilinieluja koskeva raportti ja selvityksessä tuotettu paikkatietoaineisto ovat saatavilla HSY:n verkkosivuilla.

### LISÄTIETOJA:

**Raportti: Selvitys pääkaupunkiseudun hiilinieluista ja -varastoista (hsy.fi)**

<https://julkaisu.hsy.fi/>

[selvitys-paakaupunkiseudun-hiilinieluista-ja-varastoista.html](https://julkaisu.hsy.fi/selvitys-paakaupunkiseudun-hiilinieluista-ja-varastoista.html)

**Pääkaupunkiseudun kasvihuonekaasupäästöt:**

<https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmasto/kasvihuonekaasupaastot>

- > ILMANLAADUN ANALYSAATTORIT
- > MITTAUSASEMAN PC-DATALOGGERIT
- > MITTAUSVERKON DATAN TIEDON KERUU, -KÄSITTELY JA RAPORTOINTI-OHJELMAT

[www.hnunordion.fi](http://www.hnunordion.fi)

**hnu<sup>®</sup> NORDION**

**HNU Nordion Ltd Oy**

PL 1 (Atomitie 5 B 6), 00371 HELSINKI

Puh 09 - 565 7240, fax 09 - 565 724 30

myynti@hnunordion.fi



# Sanna Syri

## Energiatekniikan ja energiatalouden professori

### Kauan olet työskennellyt ilmastokysymysten parissa?

Olen aloittanut työurani happamoittavien ilmansaasteiden parissa. Olin vuosina 1994-2001 töissä Suomen ympäristökeskuksessa ja IIASA:ssa Itävallassa. Tohtoriksi väittelyn jälkeen vuonna 2002 siirryin VTT:lle ja kasvihuonekaasujen vähentämisen pariin. Vuodesta 2010 alkaen olen ollut Aalto-yliopistossa insinöörityötekniikan korkeakoulussa energiatekniikan ja energiatalouden professorina.

### Mitkä ovat olleet merkittävimmät murroskohdat ilmastonsuojelussa oman urasi aikana?

Merkittävin yksittäinen murroskohta on mielestäni IPCC:n 1,5-asteen erikoisraportin julkistaminen lokakuussa 2018. Se oli mielestäni raportti, joka laukaisi aiempaa paljon laajemman yleisen kiinnostuksen ja paineen kasvihuonekaasujen merkittävään ja nopeaan vähentämiseen. Nyt painetta ovat luomassa laajasti yleinen mielipide ja rahoittajat, erityisesti länsimaissa. Nämä luovat yhdessä vihdoon sen momentin, jota tarvitaan. Esimerkiksi sekä kansainväliset suunnittelutoimistot että rahoittajat ovat alkaneet välttää hiilivoimaloiden rakennusprojekteja. Yrityksiltä vaaditaan konkreettisia toimia ja suunnitelmia, miten ne vähentävät hiilijalanjälkeään, yleiset kaunopuheet eivät enää riitä.

### Mitkä ovat olleet viimeisimpiä työtehtäviäsi tai projektejasi? Mitä haluaisit saada aikaan urasi aikana?

Ajattelen niin, että tärkein työni on uusien tämän alan osaajien kouluttaminen tähän yhteiskuntaan. Opetan suosittua peruskurssia, jossa käydään läpi globaalit energia-asiat ja pohditaan ilmastomuutoksen hillinnän tehokkaita toimia monista eri näkökulmista. Sen suorittaa 350-400 Aallon opiskelijaa vuodessa. Maisteritason opetusta annan vuosittain noin 120 oppilaille, ja tohtoreita tulee keskimäärin pari vuodessa.

Tutkimushankkeeni ovat myös tavallaan koulutusta: työntekijät ovat tohtorikoulutettavia, post-doceja ja diplomityöntekijöitä. He oppivat työssään tutkijoiksi ja syventävät osaamistaan. Myöhemmin hekin siirtyvät joko yritysten, tutkimuslaitosten tai julkisen sektorin palvelukseen, ja heidän osaamisensa hyödyttää yhteiskuntaa. Ryhmästäni valmistuneet tohtorit ovat löytäneet erinomaisesti työpaikkoja, joissa heidän erityisosaamiselleen on käyttöä.

Viime aikojen tutkimushankkeeni ovat olleet sähkömarkkinoiden ja kaukolämpömarkkinoiden uusien muutosten tutkimusta. Pyrimme löytämään ratkaisuja, jotka mahdollistavat tehokkaat päästövähennykset siten, että toimitusvarmuus säilyy, ja että kustannukset pysyvät mahdollisimman kohtuullisina. Merkittä-



vin yksittäinen yhteistyökumppanini tällä hetkellä on Tallinnan Taltech, jonka kanssa meillä on yhteinen EU-hanke Finest Twins. Saapa nähdä milloin pääsisi taas matkustamaan Tallinnaan asti!

### Mitä näet suurimpina tulevina trendeinä ja haasteina ilmastoalalla?

Suomessa tuulivoiman lisääntyminen ja hurja rakennusboomi ilman taloudellista tukea on merkittävin minun alan muutos tällä hetkellä. Euroopan tasolla tuuli- ja aurinkosähkön voimakas lisääntyminen muuttavat energia-alaa hurjasti. Euroopan tasolla olisi tärkeää analysoida realistisesti, mitkä ovatärkevimmät tavat hyödyntää näitä vaihtelevia resursseja. En esimerkiksi ole innokkaimpia vetytalouden puolestapuhujia, sillä sen monien sovellutusten taloudellinen kannattavuus on mielestäni vielä melko kaukana. Euroopan tasolla olisi tärkeää tehdä tehokkaita toimia esimerkiksi lämmityssektorilla tässä ja nyt, eikä keskittyä vain tulevaisuuden miljardihankkeiden maalailuun.



## PINNALLA

Pinnalla-sarjassa ajankohtaisten teosten tekijät pääsevät ääneen

# ILMASTO MUUTTUU

## – vuodenajat asettuvat Suomessa uusille urille

Ilmasto lämpenee kiihtyvällä tahdilla koko maapallolla ja Suomessa noin kaksi kertaa maapallon keskiarvoa nopeammin.

Suomessa ilmasto lämpenee nopeasti, samalla sademäärät kasvavat ja säätilojen vaihtelevuus kasvaa. Kuluvan vuosisadan aikana muuttuva ilmasto keikauttaa Suomen vuodenaikoja uusiin asentoihin. Vaihtuvien olosuhteiden mukana luonto muuttuu.

Näitä muutoksia tarkastellaan Kerttu Kotakorven uudessa kirjassa Suomen luonto 2100 – Tutkimusretki tulevaisuuteen.

KERTTU KOTAKORPI, meteorologi, Yleisradio

Talvipäivä Vanhankaupunginkoskella Helsingissä helmikuussa 2021. Tulevaisuudessa niin lumi ja jää kuin auringonpaiste ja pakkasen vähenevät talvisin.





Monet linnut kärsivät sekä ilmaston muuttumisesta että heikentyvistä elinympäristöistä. Uhanalainen valkoselkätikka tarvitsee vanhaa puuta. Monet tikat hyötyvät ilmastonmuutoksesta muun muassa koska hyönteisravintoa on tarjolla pidempään.



Kerttu Kotakorpi kirjoittaa uudessa kirjassaan millaiseksi ilmasto Suomessa muuttuu kuluvan vuosisadan aikana ja miten muutokset näkyvät luonnossamme. Kirjan julkaisija on Bazar kustannus.

lumimäärien ennustetaan vielä tulevina vuosikymmeninä vähän kasvavan. Tämä on ilouutinen talven ystäville, mutta tietää hankaluuksia niin liikenteeseen kuin esimerkiksi kevättulville, sillä lunta tulee yhä enemmän lyhyemmässä ajassa.

### Tulvat pahenevat

Pohjoisessa kasvavat lumimassat tietävät ainakin vielä tulevina vuosikymmeninä mahdollisuuksia pahoihin kevättulviin. Kaiken kaikkiaan tulvien ennustetaan keväisin helpottavan, kun lumet vähenevät maan etelä- ja keskiosassa. Samaan aikaan kaikkina muina vuodenaikoina tulvariski kasvaa. Tulvimisesta odotetaan aivan uuden kokoluokan ongelmaa.

Meriveden noustessa merivesitulvien riski kasvaa myrskyjen yhteydessä, vaikka merenpinnan nousu onkin Suomessa hitaampaa kuin muualla maailmassa. Pahin tulvariski on etelän merenranta-kaupungeissa, joissa riski väistämättä tulevaisuudessa kasvaa ja vaatii panostusta kaupunkien tulvavesien hallintaan ja suunnitteluun.

Kasvavat sademäärät nostavat tulvariskiä myös sisävesillä. Etenkin syksyllä ja talvella runsastuvat sateet nostavat vesistöissä vesiä tulvakorkeuksiin ja haihdunnan ollessa pientä tulvariski kasvaa. Runsaat sateet, tulvista puhumattakaan, aiheuttavat omat haasteensa niin infrastruktuurille, kuten talojen perustuksille, tiestölle kuin viljelyksillekin.

Oma lukunsa ovat kesäiset rankkasateet, jotka niin ikään voimistuvat lämpötilan noustessa. Ilman lämmitessä sen kosteussisältö kasvaa ja näin ollen kaikki sateet voimistuvat. Rankkasateiden ennustetaan lisääntyvän jopa enemmän kuin itse sademäärät kasvavat. Tämä asettaa omat haasteensa kaupunkien hulevesien hoidolle. Samalla on syytä panostaa hulevesien puhdistukseen, jotta voidaan suojella ravinnepäästöistä kärsiviä vesistöjä ja muuta luontoa, jotka kärsivät lisääntyvien sademäärien aiheuttamista ravinnepäästöistä.

### Luonnon kellot sekaisin

Kun talvet muuttuvat epämääräisemmiksi nollan molemmin puo-

### Lumi ja pakkasen vähenevät

Vuosi 2020 oli jälleen yksi lämpimimmistä vuosista maapallolla, tarkkaan ottaen mittaushistorian toiseksi lämpimin. Suomessa viime vuosi oli mittaushistorian lämpimin. Ilmastonmuutos on saanut viime vuosina lisää palstatilaa, vaikka monen suomalaisen mielessä ajatus loskaisista tai jopa vetisistä talvista lipui lumisen kevättalven aikana kauemmas mielestä.

Edellisen vuoden talvi olikin meille hyvä muistutus siitä, mitä ilmastonmuutos Suomessa tarkoittaa. Talvemme muuttuvat hitaasti enemmän vetiseen suuntaan, kun taas tämän vuoden tapaiset lumiset pakkasjaksot harvenevat ja lyhenevät. Lumi tai pakkasen ei ole kuitenkaan kokonaan Suomesta loppumassa.

Suurin muutos suomalaisessa ilmastossa tapahtuu talvisin. Pakkasaika ja samalla luminen aika tulee lyhenemään kuluvan vuosisadan aikana noin kuukaudella sekä alusta että lopusta – yhteensä talvi siis lyhenee noin kaksi kuukautta. Etelässä ei talvesta jää paljoa jäljelle. Välttämättä joka talvi ei lämpötila pysy kunnolla pakkasella ollenkaan tai lunta ei kerry kinoksiksi. Tästä saimmekin jo esimakua viime vuonna.

Myös Pohjois-Suomessa talvi pimenee ja lyhenee, vaikka lunta ja pakkasta vielä riittääkin. Samalla kun sää lauhuu niin sademäärät kasvavat. Tämä kompensoi jossain määrin pohjoisen hankia, ja





Rusakoiden ja kaniin ennustetaan menestyvän hyvin muuttuvassa ilmastossa, kun vihreää ravintoa on tarjolla yhä pidempään ja lämpimän ajan pidentyessä poikueita ehtii syntyä useampia.

lin pyörivien lämpötilojen ja vähäisten lumien vuoksi, myös kevään alkaminen hämärtyy. Se aiheuttaa ongelmia tiettyyn rytmiin totuneelle luonnolle. Eri kasvit, hyönteiset, linnut ja muut eläimet heräävät ja lisääntyvät omassa rytmissään ja sekoittuvat rytmit voivat aiheuttaa eri lajeille nälkää, paleltumista ja muita ongelmia. Alkukesät eivät lämpene ja aikaistu samassa tahdissa kuin kevään ensi merkit, joita on luonnossa yhä aiemmin.

Erityisesti linnut kärsivät muutoksesta. Linnut ovat muutenkin ahtaalla ilmastonmuutoksen edetessä, kun kullekin lajille sopivat elinolosuhteet muuttavat paikkaa, ja uusia elinympäristöjä ei välttämättä löydykään. Lintukadon hidastamiseksi suojelutyön merkitys tulee korostumaan.

Kasvukauden pidentyminen ja sen mahdollistamat uudet viljelykasvit ovat paljon esillä. On totta, että suomalainen maatalous tulee hyötymään muutoksista – kasvupotentiaali lisääntyy ja voimme hyödyntää pidentynyttä kasvukautta ja viljellä yhä satoisampia lajikkeita. Siihen tarvitaan kuitenkin paljon kehitystyötä ja myös haasteita riittää vaihtelevista sääoloista uusiin rikkakasveihin ja tuholaisiin. Puhumattakaan viljelyksiltä karkaavien ravinteiden vaikutuksista vesistöihin.

Yksi suurimmista haasteista maanviljelylle, ja ehkä luonnolle muutenkin, on äärevien säätyyppien lisääntyminen. Kuivat jaksot pitenevät ja kuivuvat entisestään – samoin sateiset kaudet ovat aiempaa pidempiä ja sademäärät suurempia. Vaihtelu on suurta pienissä ja suurissa mittakaavoissa ja tekee ennakkoinnista ja varautumisesta haastavaa.

### Kesät kuumenevat

Vaikka ehdottomasti suurimmat muutokset Suomen ilmastossa tapahtuvat talvisin, niin on kesäajassakin selviä muutoksia. Lämpötila nousee kesäisin keskimäärin 0,3 astetta kutakin vuosikymmentä kohti ja sademäärä lisääntyy samassa ajassa prosentilla. Talviaikaan muutokset ovat kaksinkertaisia. Vaihtelevuus kasvaa kaikki-



Perämeren rantaniityt ovat yksi ilmastonmuutokset uhkaamista luontotyypeistä. Niitä uhkaavat sekä meriveden pinnan nousu että rehevöityminen.

na vuodenaikoina. Sademäärät kasvavat ja myös kuivat kaudet ovat aiempaa pidempiä. Lämpötilojen nousu myös tehostaa haihduntaa, mikä pahentaa kuivuutta enemmän kuin pelkän sademäärän väheneminen.

Pitenevät kuivuuskaudet tietävät väistämättä pahenevia maastopaloja ja vaikka Suomessa maastopalot osataan pitää hyvin kurissa, niin muualta kulkeutuvat maastopalojen savut tulevat heikentämään ilmanlaatuamme. Myös keväällä ilmanlaatuongelmat väistämättä pahenevat lumen vähetessä ja kuivien kausien pidentyessä.

Hellejaksot pidentyvät ja kuumimmat lämpötilat nousevat vä-



hän enemmän kuin lämpötilat keskimäärin. Etenkin kaupungeissa muutoksiin on syytä varautua hyvin ennakolta, jotta kuumuudesta johtuvaa kuolleisuuden kasvua voidaan hillitä.

Pitenevä kasvukausi ja sadevesien lisääntyessä kasvavat valunnat kuormittavat vesistöjä ja ilman tehokkaita suojelukeinoja vesistöjen tummuminen ja rehevöityminen pahenevat. Se tarkoittaa niin sinilevää, happikatoa kuin muitakin ongelmia Itämeressä ja sisävesissä. Muutoksilla on myös vaikutuksia vesistöjen lajistoon.

Kesät pitenevät ja hyvin korkeita lämpötiloja voidaan mitata yhä pidempään syksyllä.

### Syystuulet puhaltavat

Lopulta kesä kuitenkin vaihtuu syksyksi. Syksyistä tulee niin ikään aiempaa lämpimämpiä ja sateisempia. Hiilinielujen kannalta pitenevät syksyt ovat ongelmallisia. Pimenevässä syksyssä yhteyttäminen loppuu, mutta edelleen maatuovasta kasviaineksesta vapautuu hiiltä ilmaan.

Sateinen syyssää aiheuttaa sekä tulvavaaraa että ongelmia viljelyksillä, missä siirrytään yhä enemmän syysviljoihin. Meritulvien ja hyhydepatotulvien vaara kasvaa, kun jäät muodostuvat aiempaa myöhemmin.

Myrskyjen ennustetaan voimistuvan vain vähän, mutta vahingot voivat kasvaa merkittävästi sään lämmitessä. Yhä harvemmin loppuvuodesta routa suojaa puustoa tuulivahingoilta voimakkaimpien matalapaineiden aikaan.

Myöskään erilaiset lumeen liittyvät vahingot eivät tule vähenevän, sillä edelleen osa sateista tulee lumena ja sademäärien kasvaessa kerralla voi myös tulla hyvin suuria määriä lunta. Tällaisia vahinkoja voivat olla esimerkiksi liikenneonnettomuudet ja häiriöitä aiheuttavat runsaat lumisateet tai puustotuhoihin johtavat tykkylumitilanteet. Myös jäätäviä sateita aiheuttavien säätilanteiden ennustetaan lisääntyvän.

### Luonto muuttuvan ilmaston armoilla

Suomen luonto yrittää parhaansa mukaan sopeutua näihin suuriin ja nopeisiin muutoksiin.

Muutokset luonnossa ovat selkeitä – näkyvimminä metsien puuston muuttuminen havupuusta lehtipuustoon etelässä. Pohjoisessa mänty valtaa alaa kuuselta ja kuusen olot käyvätkin ahtaaksi. Se kärsii sekä muuttuvista ilmasto-olosuhteista että uusista kasvitaudeista ja tuholaisista.

Ilmastonmuutoksen torjunnassa metsien ja niiden hiilivaraston kasvattamisella on etenkin Suomessa valtava rooli. Ilmastossa tapahtuvat muutokset edesauttavat hiilivaraston kasvattamista.

Etenkin metsien osalta ilmastonmuutos ei kuitenkaan ole ainoa uudistava voima, vaan ihmisten tekemisillä on paljon merkitystä. Kuinka suuria hakkuita tehdään ja kuinka paljon vanhaa metsää ja puuta säästetään, vaikuttaa suuresti siihen, kuinka tietyt kasvit ja eläimet tulevat sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon. Kasvit, eläimet, linnut ja hyönteiset voivat siirtyä muuttuvan ilmaston mukana, jos vapaata tilaa on ihmisten jäljiltä.

Vanha metsä on yksi huolestuttavasti vähenevistä luontotyypeistä. Mutta vaarassa on muitakin ympäristöjä, kuten monet ranta- ja vesistöympäristöt, joita uhkaa rehevöityminen. Taustalla vaikuttavat niin ilmastonmuutos kuin ihmisen toimet, kuten maatalous sekä soiden ja metsien käyttö, mitkä kaikki edesauttavat ravinteiden kulkeutumista vesistöihin.

Myös monet kuivat ja vähäravinteiset elinympäristöt kuten niityt, kedot ja hakamaat kärsivät ihmisen toiminnan muuttumisesta sekä lisääntyvien sateiden aiheuttamasta rehevöitymisestä. Näissä elinympäristöissä konkretisoituu myös hyönteisten hurja vähentyminen, minkä ennustetaan pahenevan tulevaisuudessa, jos elinympäristöjen köyhtymistä ei saada kuriin.

Myös monet suot ovat vaarassa. Siinäkin on osansa suomalaisilla, jotka tuhosivat innokkaasti menneinä vuosikymmeninä suoymäristöjä ojituksilla ja muulla toiminnalla. Ilmaston muuttuessa pahim-



Päivätyökseen Kerttu ennustaa säätä ja kirjoittaa ilmastoaiheisia kolumneja Ylen uutisissa.

#### KERTTU KOTAKORPI

- Valmistunut filosofian maisteriksi meteorologiassa Helsingin yliopistosta vuonna 2013
- Ilmansuojeluyhdistyksen sihteerinä vuodesta 2010 vuoteen 2014.
- Aloitti TV-meteorologina Nelosen uutisissa vuonna 2008
- Siirtyi Ylelle vuonna 2012
- Vuonna 2020 alkoi kirjoittaa Ylelle ilmastoaiheisia kolumneja
- Vuonna 2021 julkaistiin esikoiskirja

massa vaarassa ovat pohjoisen suot, kuten palsasuot, joiden ennustetaan häviävän Suomesta kokonaan kuluvaan vuosisadan aikana.

### Muuttuvat elinympäristöt muuttavat lajistoa

Muuttuvien ja häviävien elinympäristöjen mukana osa lajeista väistämättä vähenee tai jopa katoaa. Erityisesti katoamisvaarassa ovat useat hyvin erikoistuneeseen ravintoon tai pienialaiseen ympäristöön tottuneet lajit, oli kyse sitten kalasta, linnusta tai hyönteisestä.

Isossa vaarassa ovat tietenkin myös lumesta ja jäästä riippuvaiset lajit, kuten saimaannorppa, ahma ja linnuista riekko ja kiiruna.

Monet sopeutuvaiset yleislajit pärjäävät, kuten linnuista talitiainen ja sinitiaainen tai nisäkkäistä kettu ja rusakko sekä kaniini. Myös monien hirvieläinten ennustetaan menestyvän yhä paremmin lumihankien vähentyessä ja lehtipuiden vallatessa alaa metsissä.

Muutoksia tapahtuu luonnossa väistämättä. Kuinka suuria muutoksia Suomen luonnossa tullaan kuluvalle vuosisadalla näkemään, riippuu ilmastonmuutoksen torjuntakeinojen tehokkuudesta ja luonnonsuojeluun panostamisesta.





Klapiautoyrittäjä Marko Manninen myi asukkaille polttopuuta Turussa Porsan asuinalueella 2.4.2020.

# PUUNPOLTON PÄÄSTÖJÄ pienemmiksi etäneuvonnalla

Tulisijojen käyttö tuottaa merkittävästi ilmanlaatua ja ilmastoa heikentäviä päästöjä. Myös saunan kiukaat ovat merkittävä päästölähde, mutta vähäpäästöisempiä kiukaita kehitetään jatkuvasti. Vanhan tulisijankin päästöjä voi kuitenkin vähentää käyttämällä tulisijaa taitavasti ja polttamalla vain puhdasta ja kuivaa puuta.









## Vinkkejä puunpolttoon

Polta vain kuivaa polttopuuta. Vie pahvit, tölkit ja muut roskat keräykseen. Roskien ja kostean puun poltto lisää haitallisia päästöjä.

[poltapuhtaasti.fi](http://poltapuhtaasti.fi)



Kuivaa asiaa -hanke jakoi puunpolttovinkejä pääkaupunkiseudun paikallislehdissä maaliskuussa 2021.

lisuuksia ei aina ole. Tällöin palamista voi parantaa tulisijan käyttötavalla. Myös käyttöolosuhteet vaikuttavat päästöihin. Eri kiukaiden välillä on suuria eroja erityisesti terveydelle vaarallisten PAH-yhdisteiden päästöissä.

### Uudet kiukaat ovat yleisesti vähäpäästöisempiä kuin vanhat

Yleisesti ottaen modernien kiukaiden päästötasot ovat alemmat kuin vanhemmissa kiukaissa. Perinteisissä kiukaissa ei ole erikseen primääri- ja toisioilman säätöjä, jotka sisältyvät yleensä uudempiin kiukaisiin. Kiukaalle tuli CE-merkinnät vuonna 2013, ja sitä uudemmilla kiukailla päästöt ovat pääsääntöisesti pienemmät kuin vanhemmilla kiukailla. Vanhan kiukaan päästöjä voi pienentää huoltamalla kiuasta hyvin sekä oikealla käyttötavalla.

Kiukaiden uusimisella voidaan vähentää merkittävästi puunpoltton päästöjä Suomessa. Kiukaiden päästöjen vähentäminen ja vähäpäästöisten kiukaiden kehittäminen sisältyykin ympäristöministeriön Kansallisen ilmansuojeluohjelma 2030:n toimenpiteisiin. Vähäpäästöisiä kiukaita ja niiden ympäristömerkintää kehitetään laajassa yhteistyössä KIUAS2-hankkeessa.

Polttoaineen kosteus hidastaa syttymistä ja palamista, kun taas märkä puu lisää päästöjä. Aivan rutikuiva puu kuitenkin lisää päästöjä takoiissa ja kiukaissa. Huonoissa olosuhteissa, kuten nuotiossa tai avotakassa tai hyvin kylmässä tulipesässä, on hyvä sytyttää tulit rutikuivalla puulla. Rutikuivasta puusta puhutaan, jos kosteusprosentti on alle kymmenen. Oikeaoppisesti kuivattu ja varastoitu polttopuu ei kuitenkaan yleensä ole rutikuivaa.

### Kuusessa on pienimmät päästöt, mutta sekapuuta voi myös hyvin polttaa

Kuoressa on enemmän tyyppiä, joten kuorellisesta puusta syntyy enemmän typenoksidipäästöjä. Hiukkaspäästöt ja nokipäästöt vaihtelevat eri puulajeilla kuorellisella ja kuorettomalla.

Pääsääntöisesti kuusella on matalimmat päästöt, mutta sekapuuta voi hyvin käyttää, toteaa Tissari.

Suurin merkitys päästöihin on laitteella itsellään ja sen käyttötavalla.

Pienhiukkaset kulkeutuvat sisätiloihin kaasujen tavoin. Suurin osa hiukkasista jää F7-luokan suodattimiin, mutta noin 20–30 prosenttia tulee läpi. On kuitenkin tärkeää, että suodattimet on huollettu ja vaihdettu riittävän usein. Suodattimet voivat helposti tukkeutua, ja hyvin kylmällä ilmalla tuloilmanotto voi myös heikentyä. Suodattimet poistavat ja laimentavat myös jonkin verran savunhajua. Tulisijoihinkin on olemassa suodattimia, joita käytetään esimerkiksi Keski-Euroopassa, mutta ne ovat melko kalliita ja vaativat ylläpitoa eivätkä ole tulleet Suomessa laajemmin käyttöön.

### Vinkkejä takan vähäpäästöiseen käyttöön

Nuohoojamestari Tapio Lehtimäki toimii nuohoojana Eurassa ja on myös Nuohousalan keskusliitto ry:n puheenjohtaja. Hän muistutti 12-päivän kunniaksi aluksi kuulijoita, että palovaroittimen paristot on syytä testata vuosittain. Sopiva korkeus on seinässä noin 170

senttiä lattiasta. Jos sijoitat varoittimen kattoon, sijoita se vähintään 30 sentin etäisyydelle seinistä.

Nuohousalan keskusliitto opastaa asiakkaita kaikissa puunpolttoon ja polttolaitteisiin liittyvissä kysymyksissä. Nuohooja havainnoi käynnillään, miten asukas sytyttää tulisijansa ja voi antaa käytännön neuvoja tarvittaessa.

Tärkeää on polttaa sopivan kuivaa puuta. Ulkovarastossa säilytetty ylivuotinen polttopuu, joka tuodaan sisälle 1–2 päivää ennen polttoa, on sopivan kuivaa. Lehtimäki muistutti, että roskia ei pidä polttaa tulisijassa. Märkää puuta ei myöskään pidä polttaa, sillä se nostaa päästöjä ja tuottaa vesihöyryä, joka ei tee hyvää tulisijalle. Jotkut saattavat polttaa märkää puuta, koska se palaa pidempään, mutta tämä ei missään nimessä ole suositeltavaa.

Sytyttäminen kannattaa tehdä päältä ja käyttää ensimmäisessä pesälisessä pieniä puita, jotka syttyvät helposti. On myös syytä opetella tuntemaan oma tulisijansa, kertoi Lehtimäki.

Erilaisissa tulisijoissa on omat ominaisuutensa, ja kannattaa noudattaa tulisijan valmistajan ohjeita. Varaavaa takkaa lämmitettäessä ei pidä polttaa liian suurella ilmamäärällä, koska silloin takka ei ehdi varaamaan lämpöä. Liian pienellä ilmamäärällä polttaminen taas tuottaa suuret päästöt, nokeaa tulisijaa ja lisää nokipalon riskiä. Varaava tulisija lämpenee viiveellä eikä luovuta lämpöä heti.

### Uusilla palveluilla voidaan parantaa puunpolttoa

Yksikön johtaja Henna Hurttala TTS:stä kertoi, mitä palveluita Kuivaa asiaa -hankkeessa on kehitetty helpottamaan puunpolttoa ja vähentämään sen päästöjä. Turun seudulla kehitettiin kahden eri yrittäjän kanssa yhteistyössä Klapiauto- ja Puurinki-palvelut.

Marko Mannisen Klapiauto-palvelu toimii Jäätelöauton tapaan. Klapiauto kulkee vakioreitillä Turun Portsan asuinalueella, ja siitä voi ostaa klapeja ilman ennakkotilausta irtomyyntinä.

Toinen Turussa testattu ja toimintaansa jatkava klapipalvelu on nimeltään PuuRinki Turku. Arttu Anttilan kehittämä PuuRinki-palvelu toimittaa voimaperisäkkeihin pakattua, koneellisesti kuivattua polttopuuta ennakkotilauksesta kotiovelle asti.

Hankkeessa kehiteltiin myös Klapiautomaattia, mutta se ei edennyt toistaiseksi toteutusasteelle saakka. Joskin pitkälle kehitetty, olemassa oleva konseptikin löytyi.

– Saatamme mielellämme yritysyritystyöstä kiinnostuneen yhteen klapiautomaatin kehittäjäryhmän kanssa, Hurttala totesi.

Nuohousalan keskusliiton kanssa on kehitetty Klapi-trainer-nuohoojapalvelua, jossa nuohooja antaa asiakkaalle osaamista ja tietoutta oman tulisijansa parhaasta mahdollisesta käyttötavasta. Palvelu tähtää tulisijan käytön arviointiin, opastamiseen ja mahdollisten haittojen arvioimiseen. Hurttala kertoi, että tulisijan käyttäjät haluavat yleensä toimia oikein ja parantaa tarvittaessa omaa toimintaansa.

Tarve tiedolle onkin suuri, ja erilaisissa tilaisuuksissa asiantuntijoille esitetään paljon kysymyksiä puunpoltosta. Kuivaa asiaa -hankkeen kehittämistä palveluista löytyy tietoa [www.poltapuhtaasti.fi](http://www.poltapuhtaasti.fi) -sivuilta. Sivuilta on myös laajasti tietoa ja vinkkejä polttopuiden tekemiseen ja säilytykseen sekä tulisijan käyttöön.



## AX-SUUNNITTELU KERTOO ILMASI LAADUN

Ilmansuojeluselvitykset

Sisäilmaselvitykset ja -mittaukset

Teollisuuden- ja työhygieniamittaukset

Energiakatselmukset ja -mallinnukset

Kemikaalien riskiarvioinnit sekä onnettomuus- ja leviämismallinnukset

Melu- /ympäristöselvitykset ja -mittaukset, hajupaneeli ja asukaskyselyt



[www.ax.fi](http://www.ax.fi)

Toimintamme on  
**sertifioitu**  
**ISO9001**  
standardin mukaisesti

ORGANISATION  
CERTIFIED BY  
**Inspecta**  
ISO 9001

**FINAS**  
Finnish Accreditation Service  
T232 (EN ISO/IEC 17025)

Insinööritoimisto AX-LVI Oy:n päästömittaus-toiminta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T232. Akkreditoinnin pätevyysalue löytyy FINASin sivuilta. Toimielin täyttää standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 vaatimukset.

Tekniikan moniosaajat kumppanina

AX-Suunnittelu Kuokkamaantie 4 A 33800 Tampere puh. 03 2680 111

ILMANSUOJELU 2 | 2021 29



MySMARTLife-hankkeen robottibussi Redin pysäkillä  
Helsingin Kalastamassa.



# mySMARTLife-hankkeessa kerättiin kokemuksia **ROBOTTIBUSSEISTA**





KUVA: EETU RUTANEN

**EETU RUTANEN**, projektipäällikkö, Ajoneuvo- ja konetekniikka, Metropolia AMK  
**ANTTI TOHKA**, innovaatiojohtaja, Puhtaat ja kestävät ratkaisut innovaatiokeskittymä, Metropolia AMK

**Liikenteen päästöt muodostavat lähes neljänneksen kaikista Euroopan kasvihuonekaasupäästöistä. Tieliikenteen päästöjen minimointi on tärkeä osa monien kaupunkien ilmastotavoitteita, joissa hiilineutraalius tulisi saavuttaa lähitulevaisuudessa, yleensä vuonna 2035. Kaupunkiliikenteessä tarvitaan siis nopeasti uusia teknisiä ratkaisuja. Metropoliaassa arvioitiin Horisontti 2020 rahoitteen mySMARTLife-hankkeen aikana, miten Helsinki voisi parantaa robottibussien avulla liikenteen energiatehokkuutta ja päästöjä autonomisten ajoneuvojen sekä IoT/ICT-ratkaisujen avulla. Mukana hankkeessa oli myös pilottikokeiluita Hampurin ja Nantesin kanssa.**

Yleisesti liikenteen päästöjen tärkeimmiksi vähennyskeinoiksi on tunnistettu seuraavat toimenpiteet ja tekniset ratkaisut:

1. *Vähennetään päästöjä tuottavan liikenteen suoritetta kilometreinä ja parannetaan liikennejärjestelmän energiatehokkuutta muilla tavoin.*
2. *Otetaan käyttöön enenevissä määrin vähäpäästöistä tai päästötöntä moottoritekniikkaa ajoneuvoissa.*
3. *Otetaan käyttöön nykyistä vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavia polttoaineita tai uusiutuvia polttoaineita.*

Erityishuomio koskee niin sanotun ”viimeisen mailin (last mile)”-liikkumista. Lyhyet matkat omalla autolla tulisi pystyä korvaamaan esimerkiksi julkisella liikenteellä, kävelyllä, pyöräilyllä tai vaikka erilaisilla kuljetuspalveluilla.

Robottibussien on nähty lisäävän julkisen liikenteen vähäpäästöisyyttä ja samalla vähentävän yksityisautojen käyttöä etenkin ”last mile” -etapin suhteen. Lähtökohtaisesti robottibussien tulisi siis vaikuttaa kaikilla kolmella edellä mainitulla tavalla.

### **Pilottikokemuksia Suomesta**

Yksi julkisen liikenteen järjestelmän haasteista on tarjota kustannustehokas ja kysyntään reagoiva palvelu harvaan asutuilla alueilla, joilla on vähän joukkoliikenteen käyttäjiä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi robottibusseja on pidetty nykyistä joukkoliikenneinfraa täydentävänä kuljetusvälinevaihtoehtona liikennejärjestelmässä.

Metropolia-ammattikorkeakoulun Älykkään liikkumisen innovaatiokeskittymän toteuttamat robottibussipilotit Suomessa ovat tarkastelleet käytettävissä olevan tekniikan kypsyydestä ja soveltuvuutta suomalaisen liikennejärjestelmään. Pilottien aikana robottibusseja on käytetty väliaikaisilla vakiintuneilla reiteillä täydentävänä ensimmäisen/viimeisen mailin julkisen liikenteen palveluna.

Nykyisiä virallisia julkisen liikenteen bussilinjoja ei voida korvata, koska koko automatisoitu joukkoliikenne-ekosysteemi etsii lopullista muotoaan. Metropoliaassa tutkittiin kuinka järjestää päivittäinen automatisoitu bussikäyttö mahdollisimman vähäisellä ihmisten välisellä vuorovaikutuksella sekä operatiivisessa toiminnassa





KUVA: EETU RUTANEN

Robottibussi operointiaikojen ulkopuolella säilössä/latauksessa kauppakeskus Redin huoltotunnelissa.

että etävalvomossa, kun robottibussit ovat edelleen prototyyppisiä, automatisoitujen ajoneuvojen käyttöä koskeva lainsäädäntö ei ole valmis ja sopivien reittien löytyminen on vaikeaa julkisen liikenteen palvelu- ja kattavuusasteella pääkaupunkiseudulla.

On todettu, että kokeelliset ja keinotekoiset pilottireitit houkuttelevat usein enimmäkseen ihmisiä, jotka vain kokeilevat bussia käyttämättä sitä osana matkaketjua. Yksityisautoilun sijaan se voi johtaa kävelyn korvaamiseen. Kun uutta tekniikkaa otetaan käyttöön ja mainostetaan yleisölle, se lisää uteliaiden "testimatkustajien" määrää.

Pilottien johtopäätöksenä voidaan todeta:

- *Kysyntään perustuvien automatisoitujen robottibussien tulisi kyetä täydentämään julkisen liikenteen tarjontaa ja tarjoamaan palvelu, joka vastaa nimenomaan kysyntää.*
- *Suuremman kysynnän alueilla robottibussit voisivat tarjota niin sanottuja viimeisen mailin matkoja ja täydentää syöttöliikennettä.*
- *On demand -palvelut voivat olla radikaalisti kustannustehokkaampia toteuttaa kuljettajattomana palveluna, jossa yksi henkilö voi samanaikaisesti seurata useiden ajoneuvojen toimintaa.*

Tekniikan laajamittaisessa käyttöönotossa on keskityttävä erityisesti siihen, minkälaiset vaatimukset robottibussien tulisi täyttää, ja mikä on sopiva hintataso matkustajakilometrille kilpailtaessa muiden liikkumismuotojen kanssa. Esimerkiksi viimeisen mailin reiteillä ja etenkin syöttöliikenteen reiteillä nopeusrajoitus voi helposti nousta joissakin osissa jopa 50 kilometriin tunnissa. Aikaisempien pilottien suurin saavutettu nopeus avoimilla teillä on ollut alle 30 kilometriä tunnissa.

Olennaista olisi, että koko reitin pystyisi kulkemaan yhdellä kulkuvälineellä. Jos vaihtoja pitää tehdä, palvelun houkuttelevuus heikenee ja matkaketjun toimivuus korostuu.

### Energiakulutukseen liittyvää lisätutkimusta ja kehitystyötä tarvitaan

Kokonaiskestävyyden suhteen tarvitaan lisää kokeita erilaisista käyttöolosuhteista ja reiteistä. Näin voidaan kokonaisvaltaisesti hahmottaa robottibussin keskimääräinen energiankulutus ja analysoida mahdollisuuksia optimoida kokonaisuus. Kokeiluiden perusteella voidaan todeta, että robottibussin autonomia tai itseohjautuvat ominaisuudet eivät toistaiseksi tarjoa mitään merkittäviä keinoja vähentää kulutusta verrattuna ihmisen ajamiin sähköajoneuvoihin. Päästöjä ja kulutusta voidaan siis verrata vastaavankokoisiin ei-autonomisiin ajoneuvoihin.

mySMARTLife-projektissa robottibussi toimi kahdella erillisellä pilottijaksolla Helsingissä vuosina 2018 ja 2019. Robottibussin ja pilotin ominaisuudet olivat seuraavat:

- *massa 2400 kg*
- *15 henkilön kapasiteetti*
- *ajo arkipäivisin noin 6 tuntia päivässä, 20 minuutin välein*
- *kokonaisajomatka 18–35 kilometriä päivässä.*

Käyttötuntien jälkeen bussin 33 kWh:n 80 V:n voimansiirtoakku ladattiin aina tiettyssä väliaikaisessa varastointipaikassa. Latausenergiasta mitattuna robottibussin energiankulutus oli keskimäärin 0,79 kWh / km ja 1,09 kWh / km.

Vertailun vuoksi Suomessa perinteisen sähköbussin massa on mallista riippuen 9500–12500 kg ja kapasiteetti 70–80 henkilöä.

Tällaiset sähköbussit kuluttavat noin 1 kWh / km keskimääräisissä optimaalisissa olosuhteissa, mutta kulutus voi nousta 1,5 kWh / km kylmissä, lumisissa ja liukkaissa olosuhteissa. Näin ollen pilottien toimintaolosuhteissa robottibussit kuluttivat melkein saman verran energiaa kuin bussi, jolla oli viisi kertaa suurempi matkustajamäärä.

Pilottien tuloksena voitiin huomata, että robottibussin voimansiirron lisäksi sää ja siten ilmastointilaitteen tai lämmityksen käyttö olivat merkittäviä energiankuluttajia. Muuten mahdolliseen käyttö-aikaan ja toimintamatkiaan vaikuttivat muun muassa:

- *reitin topografia*
- *aikataulu (kuinka kauan bussi pysyy tyhjäkäynnillä bussipysäkillä lähtöjen välillä)*
- *bussin eri sähkökomponentit, kuten anturit, tietokoneet ja näytöt*

Sähköajoneuvo ei ole automaattisesti kestävä. Riippuu paljon siitä, millaisissa olosuhteissa ajoneuvoa käytetään, kuinka käytetty sähkö tuotetaan ja miten ajoneuvo valmistetaan.

Robottibussiväylän toiminnan yleistä tehokkuutta voitaisiin parantaa jossain määrin esimerkiksi:

- *pelkästään kysyntälähtöisillä reitillä ja palvelulla (busi ajaa vain, kun kyydille on tilausta)*
- *keskittämällä toiminta ruuhka-aikoihin*
- *lähtöjen määrän lisääminen (edellyttäen, että tiheästi toimivalle palvelulle on kysyntää)*
- *etsimällä tapoja sammuttaa tai laittaa bussin komponentit lepotilaan silloin, kun bussia ei käytetä päätepusäkeillä*
- *tehostaa latausta*
- *vähentämällä ajoneuvon ja kalustonhallintalaitteiden tiedonkäsittelyn määrää.*



### Säilytykseen ja lataamiseen liittyvät ongelmat

Robottibussit eivät ole toistaiseksi osoittautuneet toimivaksi julkisen liikenteen täydentäjäksi. Laajojen investointien ja pitkän aikavälin päätösten puuttuessa robottibussit joutuvat toimimaan väliaikaisesti järjestetyissä ympäristöissä ja olosuhteiden mukaisesti. Käytännössä tämä näkyy erityisesti bussivarikkojen ja latausmahdollisuuksien yhteydessä. Robottibusseja on varastoitu ja ladattu ulkona, teltoissa tai jopa huoltotunneleissa. Lataus on suoritettu liikennöinti-aikojen ulkopuolella, mutta samalla on jouduttu rajoittamaan mahdollisia käyttöaikoja päivällä. Kustannukset väliaikaisten varikkojen varustamisesta tarvittavilla työkaluilla ja koneilla huoltotöitä varten voivat nousta suhteettoman korkeiksi robottibussikokeiluiden kestoon verrattuna.

Oikean alueen tai varaston löytäminen edes yhdelle ajoneuvolle on osoittautunut vaikeaksi. Syitä ovat muun muassa:

- *Hitaan operointinopeutensa vuoksi olemassa olevat joukkoliikennevälineiden varikot eivät sovi robottibusseille, koska ne sijaitsevat usein liian kaukana reitistä, jolla robottibussia käytetään.*
- *Pysäköintihallit ovat usein liian matalia robottibussin säilyttämiseen, jonka korkeus on tyypillisesti noin 3 metriä.*
- *Lataussähköä ei ole saatavana kaikista paikoista.*
- *Tiheästi rakennetussa ympäristössä on rajoitetusti väliaikaisia varastointipaikkoja.*
- *Lämmitetyn ja hyvin varustetun väliaikaisen varastointipaikan kustannukset ovat korkeat, varsinkin jos siellä tulisi olla useita ajoneuvoja.*

Varsinainen ajo operatiivisilta reiteiltä varikoille ja latauskaapelin kytkeminen on tapahtunut manuaalisesti eli bussissa on ollut kuljettaja. Suuritehoisia latausratkaisuja, samankaltaisia kuin käytetään täysikokoisten sähköbussien lataamiseen linja-autoasemilla linja-auton katolta, voitaisiin tutkia myös robottibusseissa. Myös induktiivista latausta voitaisiin käyttää, mutta latausnopeudet ovat olleet hitaita. Ohjelmoidulla reitillä robottibussi liikkuu automaattisesti muutaman senttimetrin tarkkuudella, mikä helpottaisi bussin sijoittamista latausvirroittimen alle tai induktiiviselle latausalustalle. Nämä vaihtoehdot mahdollistaisivat automaattisemmat ratkaisut lataamiseen liikennöinnin aikana ja niiden jälkeen ilman ihmisen väliintuloa, ja ajoneuvojen akkukapasiteettia voitaisiin vähentää.

### Robottibussien käyttöönotto vaatii edelleen kehittämistä

Robottibussien ja näihin liittyvien ratkaisujen lopullinen käyttöönotto kohtaavat haasteita, koska motivaatio siirtyä kohti uutta tekniikkaa ja halutun tekniikan saatavuus eivät aina kohtaa. Todennäköisimmät robottibussien laajamittaiset käyttöönottajat olisivat paikalliset julkisen liikenteen järjestäjät tai kaupungit. Julkisen sektorin innovaatioiden edistäminen perustuu strategioihin, jotka edistävät turvallisia ja tuottavia ennakoitavia tuloksia, riskialttiiden dynaamisten testien sijaan. Horisontti 2020 -hankkeet taasen tarjoavat mahdollisuuden pilotoida tulevaisuuden liikennematkailuun, joiden lopputuloksesta ei ole varmuutta. mySMARTLife-projektin ja aiempien robottibussihankkeiden lopputuloksena voidaan todeta, että ala vaatii kehittämistä tekniikan, infrastruktuurin, operointimallin ja lainsäädännön osalta.



## Päästömittausvelvoitteet kiristyvät, varmista laitoksesi lupien mukainen toiminta myös tulevaisuudessa!

Gasmeter tarjoaa kokonaisvaltaiset päästömittausratkaisut ja asiantuntevan tuen laitteiston koko elinkaaren ajalle. Tutustu tarkemmin ratkaisuihimme kotisivuillamme [www.gasmeter.fi](http://www.gasmeter.fi)

**Gasmeter Technologies Oy**

+358 9 7590 0400 / [contact@gasmeter.fi](mailto:contact@gasmeter.fi)

Mestarintie 6, 01730 Vantaa





# ILMANSUOJELUYHDISTYKSEN KEVÄTSEMINAARI 2021

## Maatalouden ja siihen liittyvän maankäytön ilmastopäästöjen hillintämahdollisuudet

Maatalouteen liittyvät päästöt ovat huomattavia – mutta niitä voidaan myös hillitä. Ilmansuojeluyhdistys ry:n kevätseminaarissa 12.4.2021 käsiteltiin maatalouden ja siihen liittyvän maankäytön ilmastopäästöjä. Vaikka muilla sektoreilla päästöjen väheneminen on jo saatu hyvälle alulle, maatalouteen liittyvät päästöt ovat pysyneet vuosia likimain vakiotasolla. Kun Suomi pyrkii hiilineutraaliuteen vuoteen 2035 mennessä, on tarpeellista vähentää myös maatalouden päästöjä. Keinoja tähän on erityisesti turvemaidella, mutta kannustimet ovat riittämättömät.

**HEIKKI LEHTONEN**, Tutkimusprofessori, Luonnonvarakeskus  
**KRISTIINA REGINA**, Tutkimusprofessori, Luonnonvarakeskus  
**ILKKA SAVOLAINEN**, Tutkimusprofessori emeritus

### Maatalouden ilmastopäästöt ovat suhteellisen suuria

Maataloussektorin ja siihen liittyvien maatalousmaiden päästöt olivat vuonna 2019 yhteensä 16 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalentteina (MtCO<sub>2e</sub>), noin 30 prosenttia Suomen päästöistä vuonna 2019 (Tilastokeskus 2021). Maatalouteen liittyvistä päästöistä likimain puolet aiheutuu varsinaiselta maataloussektorilta (6,6 MtCO<sub>2e</sub> mm. eläinten ruoansulatuksesta, maaperästä ja lannasta) ja maatalouden energiakäytöstä (0,9 MtCO<sub>2e</sub>).

Toinen puoli päästöistä aiheutuu maankäyttösektorilta (8,8 MtCO<sub>2e</sub>), pääosin suopeltojen turvekerroksen hajoamisesta (Kuva 1). Toistaiseksi turvepeltojen päästöjä ei ole juurikaan vähennetty, vaan turvepeltoja raivataan jopa lisää. Maatalouteen liittyvät päästöt ylittävät selvästi esimerkiksi liikennesektorin päästöt (11 MtCO<sub>2e</sub>). Seminaarissa Ilkka Savolainen esitteli päästöarvioita Tilastokeskusten julkaisemien tietojen pohjalta.

### Turpeen ja turvemaiden hyödyntämisen päästöt ovat merkittäviä

Yli puolet maatalouteen liittyvistä päästöistä on seurausta turvemaiden viljelystä. Muutenkin turpeen ja turvemaiden hyödyntämisestä aiheutuvat ilmastopäästöt ovat Suomessa merkittäviä.

Metsäojitetuilla soilla pohjaveden pinnan laskeminen on yleensä parantanut puiden kasvua, mutta samalla vedenpinnan yläpuolelle jäänyt turvekerros hapettuu tuottaen vuosittain ilmastopäästöjä luokkaa 7 MtCO<sub>2e</sub>. Joillakin niukkaravinteisilla alueilla puiden kasvu on kuitenkin heikkoa, mutta turpeen hapettuminen voimakasta. Näissä tapauksissa kuivatusojien tukkiminen on perusteltua päästöjen vähentämiseksi, ja tätä on jo tehtykin jonkin verran.

Turpeen energiakäytöstä aiheutui hiilidioksidipäästöjä sekä itse

poltosta että turvepolttoaineen tuottamisesta vuonna 2018 yhteensä noin 7,9 MtCO<sub>2e</sub> (Tilastokeskus 2020). Tämä päästö on mitä ilmeisimmin vähenemässä turvepolttoaineen verotuksen muutoksen ja päästöoikeuden hinnan nousun seurauksena. Yhteensä turpeen ja turvemaiden hyödyntämisen päästöt vuonna 2018 olivat noin 22 MtCO<sub>2e</sub>, kun otetaan huomioon maatalouden turvemaat, metsäojitetut turvemaat ja turpeen energiakäyttö. Kun verrataan Suomen päästöihin, tämä oli lähes 40 prosenttia vuoden 2018 päästöstä 56 MtCO<sub>2e</sub>.

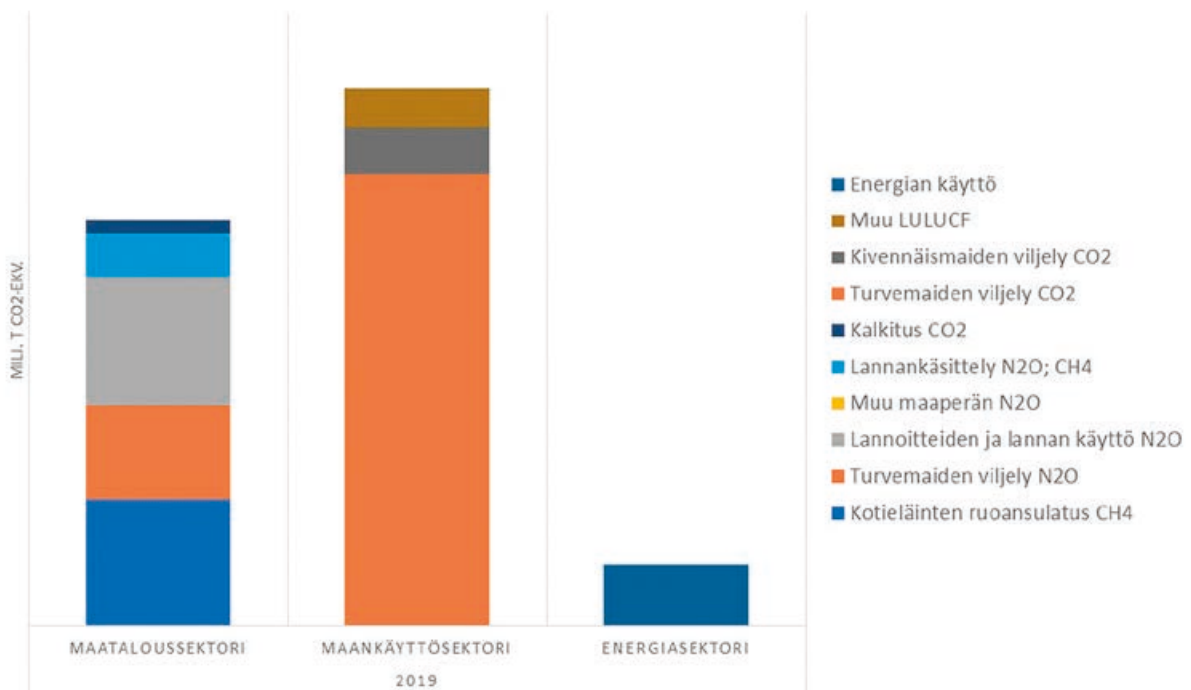
### Turvepeltojen päästöjen hillinnän mahdollisuudet

Turvepeltojen päästöjä ja niiden rajoitusmahdollisuuksia kuvasi esitelmässään Kristiina Regina. Turvepeltojen pinta-ala on jonkin verran lisääntynyt vuoden 2000 jälkeen, koska pellon saatavuus laajentavien mautilojen tarpeisiin on ollut riittämätöntä. (Kuva 2)

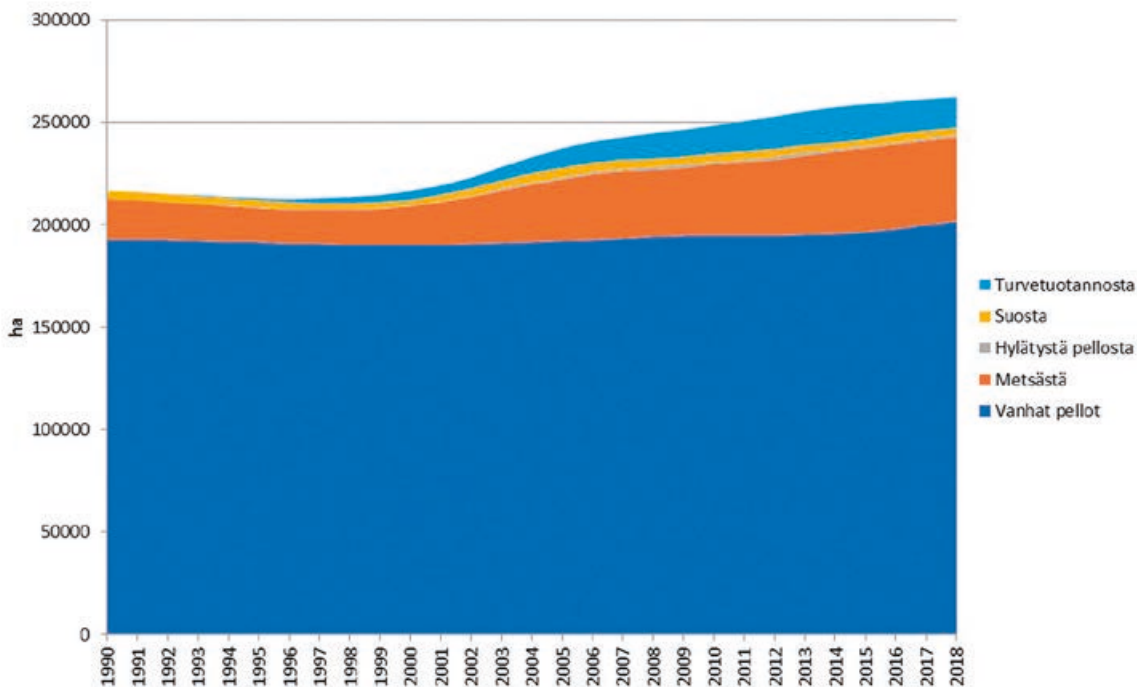
Osa mautiloista on kasvanut voimakkaasti investointitukien vauhdittamana samalla kun pinta-alaperusteisesti maksettavien maataloustukien kasvu 2000-luvun alussa on hidastanut pellon tarjontaa. Tällöin uuden pellon raivaus turvemaista on noussut varteentotehtäväksi vaihtoehdoksi alueilla, joissa laajojen yhtenäisten peltolohkojen muodostaminen turvemaista on mahdollista. Kokonaispeltoala ja ruoantuotanto eivät ole kasvaneet, mutta turvepeltojen osuus kasvoi kahdeksasta yhteentoista prosenttiin vuosien 1990 ja 2018 välillä. Ensisijainen tavoite päästöjen hillinnässä tulisi olla turvepeltojen raivauksen loppuminen.

Turvepeltojen hiilivaraston arvioidaan vastaavan 550–820 miljoonaa tonnia hiilidioksidia (Turunen & Valpola 2020). Jos päästöt jatkuvat ennallaan eikä uutta peltoa raivata, noin 90 vuoden kuluessa turve on hajonnut loppuun. Nykymuotoinen maatalouden ympäristöohjaus hidastaa turvekerroksen kulumista, mutta ei säilytä sitä. Ainoa tapa säilyttää turpeen hiilivarasto on nostaa pohjaveden pintaa, mutta sille ei ole olemassa kannusteita, vaan viljelijä voi nykyasetelmassa päinvastoin menettää maataloustukia ja tuloja niin





Kuva 1. Tärkeimmät maatalouteen liittyvät ilmastopäästöt raportointisektoreiden mukaan jaoteltuna (Tilastokeskus 2021).



Kuva 2. Turvepeltojen pinta-alan kehitys (Tilastokeskus 2020b). Turvepeltoja raivataan lisää erityisesti metsäisiltä turvemailta. Pellot ovat maankäytön muutoksen jälkeen 20 vuotta muutosluokassa, sen jälkeen luokassa "vanhat pellot" (cropland remaining cropland).

tehdessään. Ilmastopolitiikan tavoitteiden saavuttaminen vaatii vetämisen tukemista ja sen pullonkaulojen ratkaisemista.

Mahdollisimman suuri osa turvepelloista tulisi ohjata ennallistamisen piiriin. Aina se ei ole mahdollista, joten on kehitetty tapoja käyttää turvepeltoja kosteikkoviljelyssä, joka on nykymuotoisen pellonkäytön ja ennallistamisen välimuoto.

Kosteikkoviljelyssä viljellään kasveja, jotka menestyvät määrässä maassa. Jos viljeltävät kasvit ovat tukikelpoisia ja näille kasvituotteille on ostajia, viljelijä voi saada edelleen tuottoa pellostä, vaikka pohjavesi olisi pinnassa. Veden vallassa olevan turpeen hiili ei hajoa hiilidioksidiksi, mutta pelloilta voidaan silti korjata myytävää

tuotetta kuten ruokohelpeä kuivikkeeksi tai kasvualustan materiaaliksi (Kuva 3).

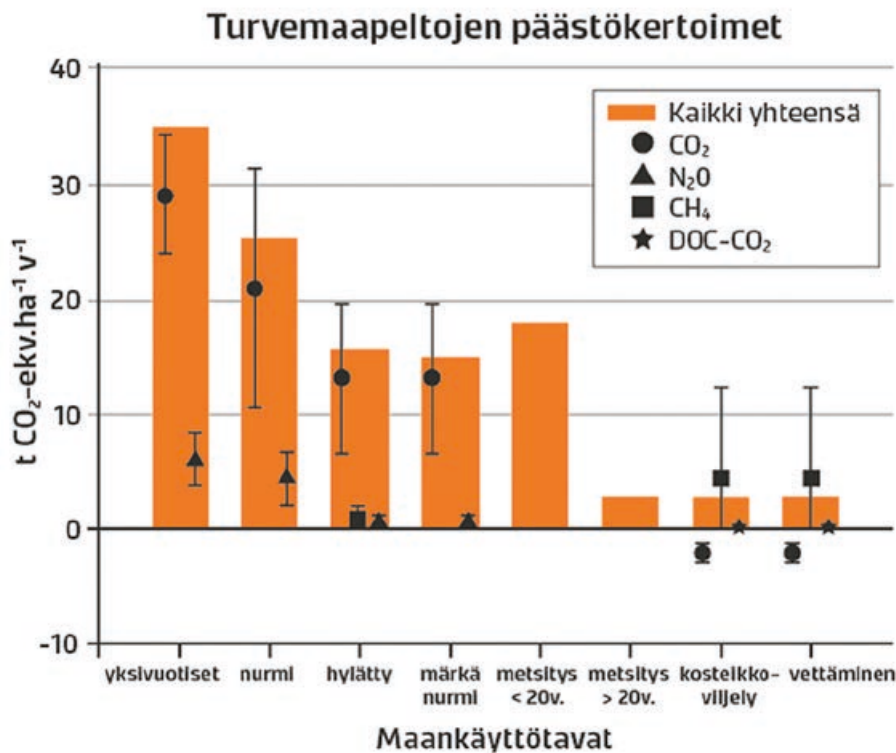
Kuluttajat tietävät varsin vähän turvepeltojen päästöistä. Vaikka kuluttaja haluaisi välttää turvepelloilla tuotettua varsin suuripäästöistä ruokaa, siihen ei ole nykyisin keinoja. Kuluttajia tulisi valistaa turpeen päästöistä, ja lisäksi tarvittaisiin brändi tai tuotemerkinnät ilmaisemaan, että tuote tulee kivennäismaalta. Vähäpäästöinen tuote voisi olla tuotettu myös esimerkiksi kosteikkoviljelyllä kasvualustalla.

Viljelijöiden kannalta turvepelloista luopuminen on vaikeinta siellä, missä niiden osuus on iso, kuten Pohjanmaalla, jossa kiven-





Kuva 3. Kosteikkoviljeltyjen materiaalien käyttötapoja.



Kuva 4. Turvemaan päästökertoimia eri maankäyttövaihtoehdoissa.

näispeltomaata on suhteellisesti vähemmän tarjolla. Merkittävä osa turvepelloista sijaitsee kuitenkin ei-turvevaltaisilla alueilla. Näillä olisi luultavasti helpompi siirtää viljelyä turvemailta kivennäismaaille. Osa turvepelloista on menettänyt tuotantokykynsä esimerkiksi madaltuneen ojituksen vuoksi, ja näistä voisi piankin löytyä alaa esimerkiksi pohjaveden nostoa vaativille toimille, jos siihen olisi tarjolla rahoitusta.

#### Maatalouden ilmastotiekartta näyttää reittiä päästöjen vähentämiseen

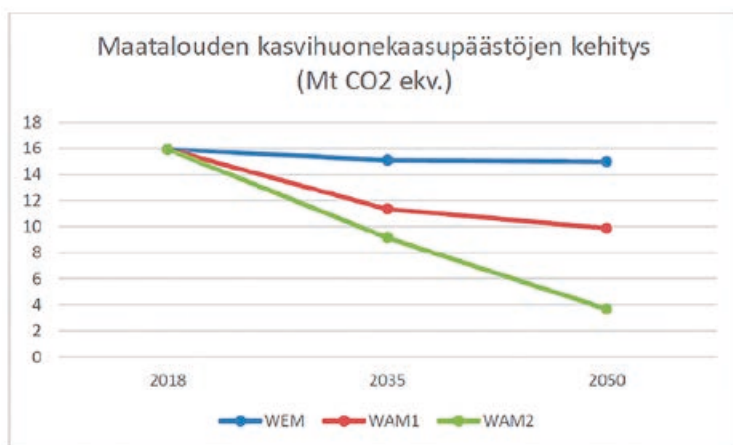
Maataloustuottajien keskusliitoille (MTK ja SLC) tehtyä ilmastotiekarttaa esitteli Heikki Lehtonen. Tiekartan (Lehtonen, H. ym. 2020) mukaan merkittävimmät maatalouden toimenpidealueet ilmastopäästöjen pienentämiseksi ovat turvemaiden päästöjen vä-

hentäminen, hiilensidonta kivennäismailla ja energiantuotannon kehittäminen.

Tiekartassa toimenpidevaihtoehtoja tutkittiin kolmessa skenaariossa, joista yksi oli perusura ja kaksi voimakkuudeltaan erilaista päästönvähennysskenaariota. Kuvassa 4 on esitetty turvemaiden päästökertoimia erilaisilla maankäyttötavoilla (IPCC 2013, Maljanen ym. 2010).

Tehostettuun hiilensidontaan vaikuttavat skenaarioissa muun muassa viljanviljelyalan pieneneminen ja korvautuminen palko- ja öljykasveilla sekä erilaisilla pellon kasvukuntoa parantavilla saaneerauskasveilla, viherlannoitusnurmella ja biokaasuksi viljeltävillä nurmilla. Toisaalta lämpeneminen nopeuttaa hiilen vapautumista maasta.

Hiilensidonta kivennäispeltomaahan on erityisen voimakasta ske-



	2018	2035	2050
WEM	15,93	15,09	14,97
WAM1	15,93	11,35	9,88
WAM2	15,93	9,16	3,68

Kuva 5. Maatalouden ilmastopäästöjen kehitys perusuralla (WEM) ja kahdessa skenaariossa (Skenaario 1, WAM1 ja Skenaario 2, WAM2), jossa hillitään päästöjä laajalla toimenpidekirjolla (Lehtonen, H.,ym. 2020).

naariossa 2. Biokaasuinvestoinnit lantaa ja nurmeen tuottavat energiaa ja parantavat ravinteiden kierrätystä. Keinolannoitteiden osuus vähenee ja kierrätysravinteiden osuus kasvaa. Suuri osa maataloista voi tulla energian suhteen omavaraisiksi biokaasun ja aurinkosähkön tuotannon vuoksi ja myydä ylijäämäenergiaa.

Kuvassa 5 on esitetty maatalouden ilmastokaasujen päästöjen kehitys tiekartassa tarkastelluissa skenaarioissa. Skenaariossa 1 (WAM1) päästö vähenisi nykytasosta 29 % vuoteen 2035 mennessä ja vuoteen 2050 mennessä 38 %. Skenaariossa 2 (WAM2) vastaavat vähennykset ovat 47 % ja 77 %.

Juuri julkaistussa tutkimuksessa (Lehtonen, A., ym. 2021) on tarkasteltu koko maankäyttösektoria koskevia päästörajoitustoimia. Merkittävimmät toimet tässä tutkimuksessa koskevat metsäojitetuista soiden ja turvepeltojen päästöjen hillintää.

Päästöjen rajoittamisessa tärkeää on myös ottaa huomioon taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset sekä viljelijä- että yhteisötasolla. Sekä viljelijöiden että kuluttajien näkökulma on otettava huomioon, esimerkiksi se, että ymmärretäänkö ilmastotoimiksi huonotuottoisten peltometsä ja turvepellon jättäminen pois viljelystä. Suurilla viljanviljely- ja kotieläintiloilla on muita paremmat mahdollisuudet uusien teknologioiden ja tuotantotapojen käyttöönottoon. Pienten ja syrjäisten tilojen mukana pitäminen tehokkaassa työnjaossa vaatii erityistä huomiota.

Turvemaiden toimiin tarvitaan rahoitusta sekä investointeihin että eri toimien kannustimiin. Toisaalta turvemaiden päästövähennystoimet ovat halvimmillaan suhteellisen edullisia, 6–9 euroa hiilidioksiditonniä kohti. Skenaarioiden toimien kokonaiskustannus on useita miljardeja euroja vuoteen 2050 saakka. Skenaariossa 1 mukaan on mahdollista päästä suuriinkin päästövähennyksiin muuttamatta suuresti ruokavaliota ja kotieläintuotantoa vähentämättä.

Ilmastotoimet kytkeytyvä myös maatalouspolitiikkaan, jota mm. ollaan uudistamassa EU:n tasolla. Ongelmana on, että nykyiset maataloustukien ehdot ovat jäykät ja kannustavat huonosti tehokkaihin päästövähennystoimiin. Päästövähennysten tueksi tarvitaan esim. maan hiilen säilyttämisen painoarvon merkittävää nostoa EU:n

The Spring Seminar of the Finnish Air Pollution Prevention Society on 12 April 2021 – Mitigation possibilities of greenhouse gas emissions from agriculture and related land use.

The greenhouse gas emissions from agriculture and its land use are considerable, but they can be controlled and reduced. While in other sectors the reduction in emissions has already a good start, emissions related to agriculture have remained at almost constant levels for years. As Finland strives for carbon neutrality by 2035, mitigation of the agricultural emissions will also be necessary. Significant emission reductions can be achieved on agricultural peatlands, but the incentives are insufficient.

maatalouspolitiikassa ja -budjetissa. On mahdollista, että erityisesti turvepeltojen päästövähennyksiin voidaan päästä helpommin kokonaan muiden kannustimien kautta. Kustannustehokkaihin päästövähennyksiin päästäisiin paremmin, jos viljelijöille maksettaisiin suoraan päästövähennyksistä, mikä ei ole mahdollista nykyisen maatalouspolitiikan keinoin.

#### Viitteet

IPCC 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands.

Lehtonen, H., ym. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta - Tiekartta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. 131 s. Julkaisija: MTK ry. Tekijä: Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020082161330>

Lehtonen, A. ym. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet. Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Maljanen ym. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. Biogeosciences 7:2711–2738.

Tilastokeskus 2020. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990 – 2019. Tilastokeskus, Helsinki.

Tilastokeskus 2020b. [http://stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_raportointi.html](http://stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_raportointi.html)

Tilastokeskus 2021. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2019. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol, Submission to the European Union, 15 March 2021. Statistics Finland. [https://www.stat.fi/static/media/ulods/tup/khkinv/fi\\_nir\\_eu\\_2019\\_2021\\_03\\_15.pdf](https://www.stat.fi/static/media/ulods/tup/khkinv/fi_nir_eu_2019_2021_03_15.pdf)

Turunen, J., Valpola, S. 2020. The influence of anthropogenic land use on Finnish peatland area and carbon stores 1950–2015. Mires and Peat 26, Article Number 26



## TAPAHTUU

Tapahtuu-osiossa kerromme ISYn järjestämistä kiinnostavista tapahtumista, seminaareista ja retkistä  
Lisää tietoa: isy.fi

# Ilmansuojeluyhdistyksen kevään vuosikokous ja tulevia tapahtumia

**K**evätseminaarin jälkeen Ilmansuojeluyhdistys oli kutsunut koolle jäsenistöään vuoden 2021 ensimmäiseen vuosikokoukseen. Kokouksen puheenjohtajaksi valittiin yhdistyksen jäsen Jari Viinanen. Kokouksessa myönnettiin vastuuvapaus edellisen vuoden hallitukselle. Lisäksi käsiteltiin yhdistyksen vuoden 2020 vuosikertomus sekä tilintarkastus- ja toiminnantarkastuskertomus, jotka hyväksyttiin kokouksen päätteeksi.

COVID-19-tilanteen jatkumisesta huolimatta Ilmansuojeluyhdistyksen tapahtumatoiminnassa on luvassa Ilmansuojelupäivät kaksipäiväisenä webinaarina elokuussa 17.-18.8. Päivien ohjelma on julkaistu ISY:n verkkosivuilla. Yh-

distyksen hallitus ja suunnittelutoimikunta ovat myös toiveikkaita, jotta Ilmanlaadun mittaajatapaaminen saadaan järjestettyä lähitapahtumana Porissa 8.-9.9.2021.

Lisäksi stipendiaattien haku on juuri käynnistynyt. Yhdistys myöntää vuosittain 1-2 stipendiä ansioituneille ilmanlaatu- ja ilmastoaiheisille oppinäytetöille. Perusopiskelijoiden kiinnostusta ilmansuojelua ja ilmastoasioita kohtaan tuetaan myös tarjoamalla viime vuoden tapaan maksuton osallistuminen Ilmansuojelupäiville yhteistyössä Gasmät Technologies Oy:n kanssa.

**Seuraamalla ISY:n verkkosivuja sekä sosiaalisen median kanavia pysyt kärryillä tulevista tapahtumistamme!**



## IS-lehti valittu mukaan Tutkitun tiedon teemavuoteen 2021

**Teemavuoden tarkoituksena on edistää tutkitun tiedon näkyvyyttä Suomessa.**



■ Tutkitun tiedon teemavuosi on opetus- ja kulttuuriministeriön, Suomen Akatemian ja Tieteellisten seurain valtuuskunnan yhteinen hanke, jota toteutetaan laajan yhteistyöverkon kanssa. Ilmansuojelu-lehti on valittu mukaan edistämään tutkitun tiedon näkyvyyttä ja tunnettuutta yhdessä lukuisten muiden eri alojen kotimaisten tapahtumien ja tekojen avulla. Teemavuoden kohderyhmänä ovat kaikki kansalaiset aikuisista lapsiin sekä päättäjät ja elinkeinoelämä.

Yhtenä valinnan ehtona oli toteuttaa Tutkitun tiedon teemavuoden arvoja: saavutettavuutta, osallisuutta, monipuolista näkökulmaa tutkittuun tieteenalaan sekä monipuolista yhteistyötä. IS-lehti on avoimesti saatavilla verkossa sekä se toimitetaan maksutta useille eri kirjastoille. Lehti pyrkii julkaisemaan ilman- ja ilmastonsuojelun ajankohtaisia tutkimus- ja tapahtumatietoa kevyemmin luettavassa ja

helpommin ymmärrettävässä muodossa. IS-lehden artikkelit on kohdistettu enemmän kotimaiselle yleisölle ja ne ovat paremmin heidän hyödynnettävissään kuin maksulliset kansainväliset palvelut.

IS-lehden sisältö koostuu ilman- ja ilmastonsuojelua laajasti käsittelevistä aiheista koskien useita eri toimialoja niin liikenteestä rakentamiseen, energian- ja ruuantuotantoon kuin myös ilmanlaatu- ja ilmastoviestintään. Tietoa päivitetään jatkuvasti saatavilla olevien uusien tutkimustulosten ja hankkeiden myötä. Lehden sisällön taustalla on laaja asiantuntijaverkosto.

**TUTKITUN TIEDON TEEMAVUOSI** nostaa esiin aktiivisesti eri tekoja ja tapahtumia ympäri vuoden. Tutustu Teemavuoteen: [www.tutkittutieto.fi](http://www.tutkittutieto.fi)

#### HALLITUS / STYRELSE

##### Puheenjohtaja / Ordförande

Anu Kousa

##### Varapuheenjohtaja / Viceordförande

Maija Leino

##### Jäsenet / Medlemmar

Suvi Haaparanta  
Helena Kivi-Koskinen  
Ville-Veikko Paunu  
Kari Wellman

##### Varajäsenet / Suppleanter

Antti Hyvärinen  
Rea Oikkonen  
Tuula Pellikka  
Janne Ruuth

#### YHTEYSTIEDOT / KONTAKT

##### Ilmansuojeluyhdistys ry.

Sihteeri Essi Haapaniemi  
PL 136,  
00251 Helsinki  
Puh. 045 1335989  
sihteeri@isy.fi

[www.isy.fi](http://www.isy.fi)



@ISY\_fi



[www.facebook.com/ilmansuojeluyhdistys](https://www.facebook.com/ilmansuojeluyhdistys)

#### ILMANSUOJELUYHDISTYS

Ilmansuojeluyhdistys (ISY) toimii alansa valtakunnallisen ympäristönsuojelujärjestönä. Ilmansuojeluyhdistyksen tarkoituksena on edistää ilmansuojelua ja ilmansuojelututkimusta Suomessa sekä toimia yhdysiteenä ilmansuojelun parissa työskentelevien henkilöiden ja yhteisöjen välillä Suomessa ja ulkomailla.

Ilmansuojeluyhdistys pyrkii toiminnallaan edistämään ilmansuojelualalla toimivien henkilöiden ammattitaitoa. Ilmansuojeluyhdistys on perustettu vuonna 1976.

##### Ilmansuojeluyhdistys:

1. seuraa alansa tutkimuksen, koulutuksen, tekniikan sekä hallinnon ja lainsäädännön kehitystä
2. suunnittelee ja järjestää koulutusta sekä keskustelutilaisuuksia
3. järjestää ekskursioita kotimaassa ja ulkomaille
4. tiedottaa ajankohtaisista ilmansuojeluasioista jäsenlehdessään
5. antaa lausuntoja ja tekee esityksiä alansa kuuluvista asioista
6. harjoittaa julkaisutoimintaa
7. osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon

#### LUFTVÅRDSFÖRENINGEN

Luftvårdsföreningen fungerar som nationell miljövärd förenig. Luftvårdsföreningens syftemål är att främja luftvärden och luftvårdsforskningen i Finland och fungera som förbindelselänk mellan personer och samfund som arbetar med luftvårdsfrågor i Finland och utomlands

Luftvårdsföreningen strävar att bättra yrkesskickligheter hos personer som arbetar med luftvårdsfrågor. Luftvårdsföreningen är grundad år 1976.

##### Luftvårdsföreningen:

1. följer med den vetenskapliga, forskningsmässiga, tekniska samt förvaltnings- och lagstiftningsmässiga utvecklingen i sin bransch
2. planerar och ordnar skolningstillfällen samt bedriver publikations
3. ordnar exkursioner både i Finland och utomlands
4. rapporterar om aktuella luftvårdsfrågor i sin medlemstidning
5. avger utlåtanden och tar initiativ i luftvårdsfrågor
6. bedriver publikationsverksamhet
7. deltar i det internationella luftvårdssamarbetet

#### FINNISH AIR POLLUTION PREVENTION SOCIETY

Finnish Air Pollution Prevention Society (FAPPS) is the national air pollution prevention association. The purpose of FAPPS is to prevent air pollution and to promote the research of air protection in Finland. FAPPS connects people and communities working with air protection issues in Finland and abroad. FAPPS aims to further the professional skills of the people working in the field. FAPPS was founded in 1976.

##### FAPPS:

1. follows technical, scientific, administrative and legislative developments of air protection
2. plans and organizes education and seminars
3. organizes excursions in Finland and abroad
4. informs about air protection issues of current interest in the magazine of FAPPS
5. gives statements and prepares proposals about air protection issues
6. publishes
7. participates in the international information exchange

**PORI**

## Mittaajatapaaminen Porin Yyterissä 8.-9.9.2021



**ILMANSUOJELU-  
YHDISTYS ry.**



Tule mukaan kuulemaan ajankohtaista tietoa ilmanlaadun seurannasta!

Yrityksillä mahdollisuus esittäytyä omalla ständillä.

Ota yhteyttä: [sihteeri@isy.fi](mailto:sihteeri@isy.fi)

Kuva: Visit Pori/Topi Vuoti



## 2/2021 KIRJOITTAJAT

### **OUTI KESÄNIEMI**

seututietoasiantuntija  
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY  
Ilmalantori 1, 00240 Helsinki  
050 571 0662  
outi.kesaniemi@hsy.fi

### **KERTTU KOTAKORPI**

meteorologi  
Yleisradio  
Uutiskatu 5, Helsinki  
040 6749003  
kerttu.kotakorpi@gmail.com

### **HEIKKI LEHTONEN**

tutkimusprofessori  
Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki  
029 532 6316  
heikki.lehtonen@luke.fi

### **LEENA LINDÉN**

puutarhatieteen yliopistonlehtori  
Helsingin yliopisto  
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta,  
Maataloustieteiden osasto  
PL 27, 00014 Helsingin yliopisto  
leena.linden@helsinki.fi

### **KRISTIINA REGINA**

Tutkimusprofessori  
Luonnonvarakeskus  
Tietotie 4, 31600 Jokioinen  
029 532 6474  
kristiina.regina@luke.fi

### **ANU RIIKONEN**

vanhempi asiantuntija  
Sitowise  
anu.riikonen@sitowise.com

### **EETU RUTANEN**

projektipäällikkö  
Ajoneuvo- ja konetekniikka  
Metropolia AMK  
eetu.rutanen@metropolia.fi

### **ILKKA SAVOLAINEN**

Tutkimusprofessori emeritus  
040 595 0325  
ilkka.savolainen@outlook.com

### **HEIKKI SETÄLÄ**

kaupunkiekosysteemitutkimuksen professori  
Helsingin yliopisto  
Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta,  
Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma  
Niemenkatu 73, 15140 Lahti  
heikki.setala@helsinki.fi

### **MIKKO SIPILÄ**

apulaisprofessori,  
Värriön tutkimusaseman johtaja  
Ilmakehätieteiden keskus, Helsingin yliopisto  
Ainijärventie 114, 98840 Ruuvaaja  
040 709 3103  
mikko.sipila@helsinki.fi

### **ANTTI TOHKA**

innovaatiojohtaja  
Puhtaat ja kestävät ratkaisut innovaatiokeskittymä  
Metropolia AMK  
antti.tohka@metropolia.fi

### **JUHA VIHOLAINEN**

ilmastoasiantuntija  
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY  
Ilmalantori 1, 00240 Helsinki  
050 476 1237  
juha.viholainen@hsy.fi

### **OUTI VÄKEVÄ**

ilmansuojeluasiantuntija  
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY  
Seutu- ja ympäristötieto /  
Ilmansuojeluyksikkö  
PL 100, 00066 HSY  
045 635 7698  
outi.vakeva@hsy.fi

### **VESA YLI-PELKONEN**

kaupunkiekologian dosentti  
Helsingin yliopisto  
Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta,  
Ekosysteemit ja ympäristö -tutkimusohjelma  
PL65, 00014 Helsingin yliopisto  
vesa.yli-pelkonen@helsinki.fi

