

IS

4 | 2023

ILMANSUOJELU

Ympäristöministeriön raportti: Mitä jokaisen tulisi tietää
KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN LASKENNASTA? s. 4

WMO:n pääsihteerin **KOKEMUKSIA**
MAAILMANPARANTAJIEN VALTAKUNNASTA s. 8

SAHARAN PÖLYÄ SUOMESSA?
– Kansalaisten lumihavainnot tutkimuksen apuna s. 12

KAUKOLÄMMÖN PÄÄSTÖLASKURI
tekee näkyväksi tuotannon pienenevät hiilidioksidipäästöt s. 16

Ilmastopaneelin puheenjohtajan arvio:
MILTÄ NÄYTTÄÄ UUDEN HALLITUKSEN ILMASTOTYÖ? s. 20

MAAKAASUKÄYTTÖISEN TYÖKONEMOOTTORIN prototyypin päästöistä s. 22





4

Tuore ympäristöministeriön julkaisusarjan raportti valottaa kasviuonekaasupäästöjen laskennan periaatteita. ISY on toinen raportin rahoittajista.



12

Talvella 2021 Saharan pölyä kulkeutui yläilma-kehässä tuhansia kilometrejä Suomeen asti. Ilmatieteen laitos pyysi kansalaisia avuksi ja näin kerättiin tutkimusnäytteitä sadoista eri paikoista.



8

WMO:n väistyvä pääsihteeri Petteri Taalas (vas.) kertoo kokemuksistaan YK-järjestön johdossa. Häntä varoiteltiin aikanaan, ettei suuren järjestön toimintatapoja voi onnistua uudistamaan.



28

Jokavuotisen ISY:n opintomatkan kohteena oli tällä kertaa Euroopan ympäristöpääkaupunki Tallinna. Kerromme retken kulusta!

SISÄLLYS 4/2023

- 4 Ympäristöministeriön raportti: Mitä jokaisen tulisi tietää **KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN LASKENNASTA?**
- 8 WMO:n pääsihteerin **KOKEMUKSIA MAAILMANPARANTAJIEN VALTAKUNNASTA**
- 12 **SAHARAN PÖLYÄ SUOMESSA?** – Kansalaisten lumihavainnot tutkimuksen apuna
- 16 **KAUKOLÄMMÖN PÄÄSTÖLASKURI** tekee näkyväksi tuotannon pienenevät hiilidioksidipäästöt
- 20 Ilmastopaneelin puheenjohtajan arvio: **MILTÄ NÄYTTÄÄ UUDEN HALLITUKSEN ILMASTOTYÖ?**
- 22 **OPINNÄYTETYÖ:** Maakaasukäyttöisen työkonemoottorin prototyypin päästöistä
- 26 **VALOKEILASSA:** Hannele Korhonen
- 28 **TAPAHTUU:** ISY:n opintomatka Euroopan ympäristöpääkaupunki Tallinaan

Pääkirjoitus

Konkarit keskellämme – kuulkaamme heitä!

Kädessäsi olevassa vuoden viimeisessä lehdessä ääneen pääsee useampikin ilmansuojelutyön konkari. Kokeneimpien planeettamme elinkelpoisuuden tutkijoiden yhteinen viesti tuntuu yhä uudelleen olevan: “Tämä ei vielä riitä!” IPCC jyrähti maaliskuussa, etteivät ilmastotoimemme ole alkuunkaan riittäviä tavoitteisiin nähden. YK:n syyskuinen kestävä kehityksen raportti kertoi, että vain 15 % vuoden 2030 tavoitteista ollaan saavuttamassa, ja joulukuises-ta ilmastokokouksestaakin odotetaan haastavaa.

Kotimaassa Suomen Luontopaneelin edustajat nostivat esiin huolensa määrällisten tavoitteiden poistamisesta ja tiedepohjan heikentämisestä Suomen luontostrategiassa (HS 19.11.23). Tässä lehdessä vuorostaan Ilmastopaneelin puheenjohtaja pohtii suunniteltujen ilmastotoimien riittävyttä. Kuulemme jatkuvasti elämäntyönsä tutkimukselle antaneita konkariasiatuntijoita – miten onnistuisimme oppimaan heiltä? Ja millaista tiedeviestintää meidän tulisi ilmansuojelun osalta toteuttaa, jotta se tuottaisi hedelmää julkisuuden, talouden ja politiikan alueilla? Hyvät ideat ovat kalliit!

Tässä lehdessä perehdymme aluksi ympäristöministeriön ja ISY:n rahoittamaan tuoreeseen raporttiin, joka kuvaa ymmärrettävästi kansallista kasviuonekaasujen (KHK) päästölaskentajärjestelmää. Raportti selittää, miten KHK-inventaarion tietoja voi parhaiten käyttää, sekä oikaisee yleisiä väärinkäsityksiä.

Lehden vieraskynä-palstalla kirjoittaa Maailman ilmatieteen järjestön (WMO) pääsihteeri **Petteri Taalas**, joka lopettelee kahden nelivuotiskauden mittaista johtokauttaan järjestössä. Taalas kuvaa YK:n erityisjärjestössä työskentelynsä tuloksia – sekä tulevaisuuden näkymiä.

Kolmannessa artikkelissa kurkistamme yläilmakehän kulkeutumien sekä kansalaistieteen maailmaan: suomalaiset nimittäin osallistuivat talvella 2021 innokkaasti Saharan hiekkapölyn laskeuman tutkimukseen.

Kerromme tässä lehdessä myös, miten kaukolämmön päästölaskuri tarjoaa läpinäkyvää ja vertailukelpoista tietoa kaukolämmön hiilidioksidipäästöistä, sekä esittelemme Turku Energian kokemuksia laskurin hyödyntämisessä. Lehden toisessa vieraskynä-kirjoituksessa Suomen Ilmastopaneelin väistyvä puheenjohtaja **Markku Ollikainen** arvioi hallituksen ilmastotyön suunnitelmia. Hän korostaa vastuuta hiilinielukykyksen ratkaisemisessa ja muistuttaa vuoden 2030 ilmastotavoitteiden saavuttamisen tärkeydestä.

Tässä numerossa julkaistaan toinen ISY:n 2023 opinnäytetestipendi-artikkeli, joka tulee Tampereen yliopiston ympäristö- ja energiatekniikan tutkinto-ohjelmasta ja käsittelee maakaasukäyttöisen työkonemoottorin prototyypin päästöjä.

Raportoimme tottakai myös ISY:n syyskuisesta opintomatkasta Euroopan ympäristöpääkaupunki Tallinaan. Viron ilmanlaatu- ja ilmastotieteen lisäksi matkalla opittiin laivaliikenteen ja satamien päästöistä.

Me Ilmansuojelu-lehdessä uskomme, että tieteellisistä edistysaskelista – ja takapakeista – viestiminen on tärkeää yhteisten ilmastotieteen ja ilmanlaatu- ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Oivallusten ja inspiraation täyteisiä lukuhetkiä ja rauhaa joulunaikaa!

Jatkakaamme sitkeästi ilman ja ilmaston pelastamista konkarien jalanjäljissä!

TYTTI RINTANEN
Päätoimittaja

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
Tytti Rintanen
ilmansuojelulehti@isy.fi

Toimituskunta / Redaktionsråd
Petteri Haveri
Karri Saarnio
Olli-Pekka Siira
Laura Sokka
Antti Tohka
Jari Viinanen
Outi Väkevä

Taitto / Ombrytning
Hella Pakaslahti

Kannen kuva / Omslagsbild
Pixabay

Paino / Tryckeri
Scanseri Oy

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

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
Annonspis 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 Hanne Hartikainen
PL 136,
00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi

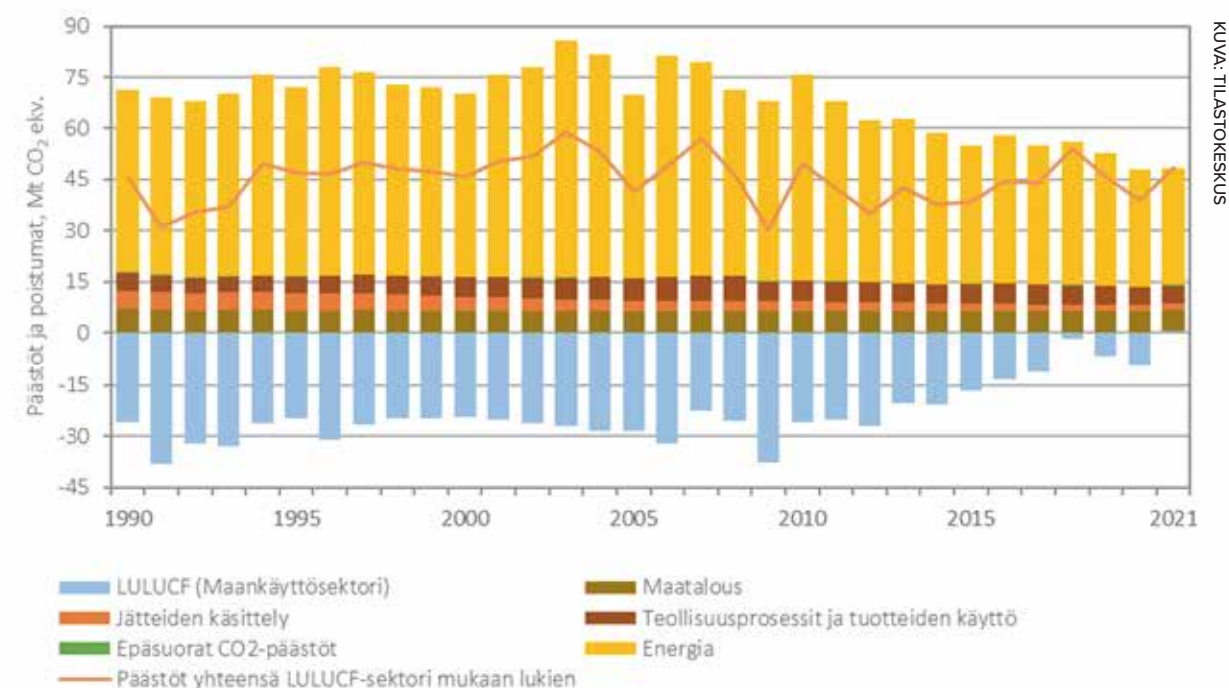
Ympäristöministeriön tuore raportti: **MITÄ JOKAISEN TULISI TIETÄÄ KASVIHUONEKAASU- PÄÄSTÖJEN LASKENNASTA?**



KUVA: MAREK PIWICKI / UNSPLASH

Juuri valmistunut ympäristöministeriön raportti vastaa kysymyksiin kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta. Se kertoo selkeästi asiat, jotka itse asiassa jokaisen olisi hyvä laskennasta ymmärtää. Raportti siis avaa ymmärrettävästi Tilastokeskuksen ylläpitämää virallista kansallista kasvihuonekaasujen päästölaskentajärjestelmää, joka on ollut käytössä jo 20 vuotta ja vastaa Suomen virallisen päästömäärän laskemisesta.

Jaakko Ojala, eläköitynyt ympäristöneuvos, ympäristöministeriö



KUVA: TILASTOKESKUS

Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2021. Kuvassa on esitetty kokonaispäästöt ilman maankäyttösektoria ja maankäyttösektori mukaan lukien sekä päästöt sektoreittain.

Ilmastopolitiikka ja ilmastonmuutoksen aiheuttamat säiden ääri-ilmiöt ovat olleet kuluneen kesän aikana keskustelujen ja uutisten keskiössä. Ne olivat sitä jo kevään eduskuntavaaleissa, kun pohdittiin Suomen metsien hiilinielujen romahtamista ja toimia nielujen palauttamiseksi sekä Suomen hiilineutraalisuustavoitteen kiireellisyttä.

Mennyt kesä kiihdytti keskusteluja, koska äärimmäiset lämpötilat aiheuttivat eri puolilla maailmaa kuivuutta ja sen seurauksena laajoja metsäpaloja. Välimeren alueella turistit säikähtivät metsäpaloja ja veden käytön säännöstelyä eräissä turistikohteissa. Toisaalta taas myöhemmin on syntynyt tulvia ja suuria sademääriä, mutta väärään aikaan ja väärään paikkaan. Keskustelujen tiimellyksessä nousee esiin usein kysymyksiä siitä, mihin ilmastonmuutoksen taustalla olevat kasvihuonekaasujen (KHK) päästötiedot perustuvat, miten päästöjä arvioidaan ja kuinka luotettavia päästöluvut ovat.

Raportin laadinnan ovat rahoittaneet ympäristöministeriö ja Ilmansuojeluyhdistys ry.

Näihin kysymyksiin vastaa juuri valmistunut ympäristöministeriön raportti (ympäristöministeriön julkaisu- ja 2023:34). Raportin toteuttajina ovat toimineet johtava asiantuntija Suvi Monni ja kestävä kehityksen asiantuntija Elise Lohman Sitowise Oy:stä sekä entinen kansallisen inventaariojärjestelmän kehittämispäällikkö Riitta Pipatti ja entinen ympäristöneuvos Jaakko Ojala. Raportin laadinnan ovat rahoittaneet ympäristöministeriö ja Ilmansuojeluyhdistys ry, jonka edustajana projektin ohjausryhmässä oli Helena Kivi-Koskinen. Matemaattis-Luonnontieteellisten Alojen Akateemiset MAL ry oli myös mukana ja rahoitti hankkeen loppuseminaarin.

Sisältäähän kyseessä oleva päästölaskenta paljon matemaattis-luonnontieteellisen perustiedon tuottamista ja hyödyntämistä.

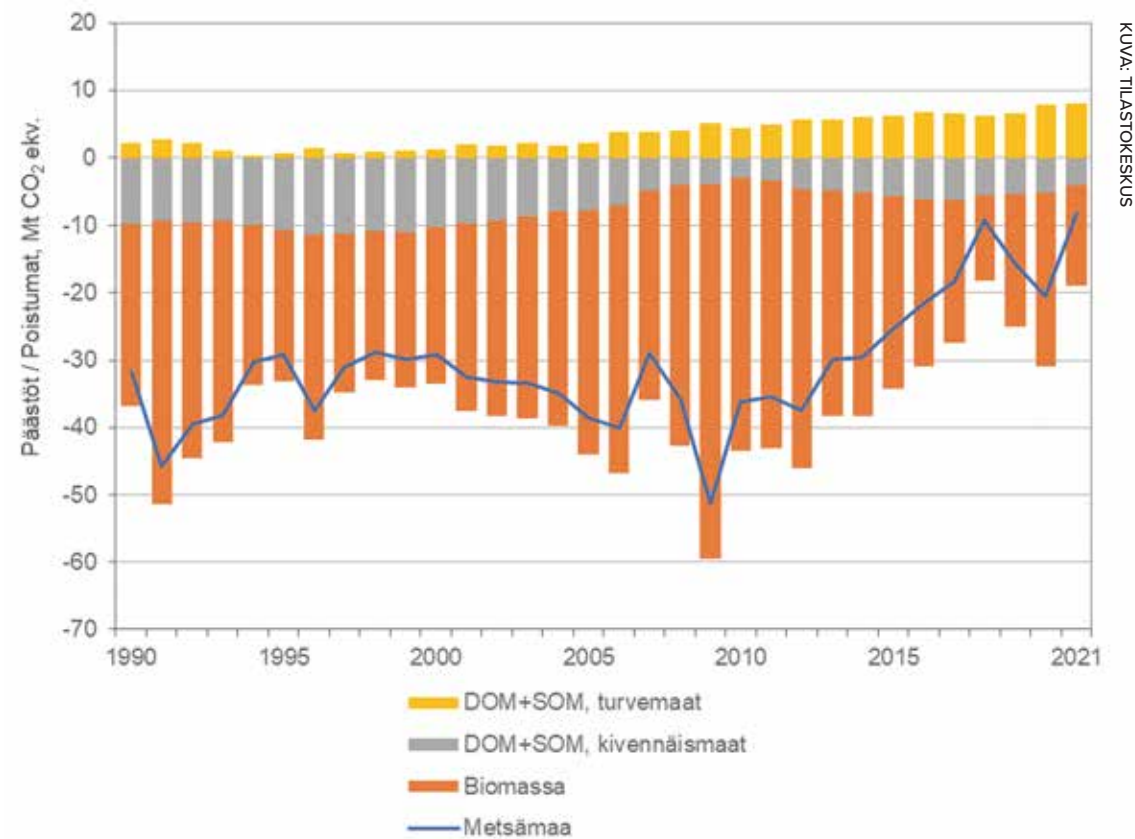
Raportti kuvaa ja avaa ymmärrettävästi Tilastokeskuksen ylläpitämää virallista kansallista kasvihuonekaasujen päästölaskentajärjestelmää. Tämä järjestelmä on ollut käytössä jo kaksikymmentä vuotta ja se tuottaa viralliset kasvihuonekaasujen päästömäärät Suomen osalta kansainväliselle YK:n sopimusjärjestelmälle. Järjestelmän kehittäminen ja rakentaminen aloitettiin jo kolmekymmentä vuotta sitten 1990-luvulla.

Hankkeessa kuvattiin järjestelmän rakennetta ja periaatteita, jotka perustuvat pitkäjänteiseen kansainväliseen menetelmäkehitystyöhön, mikä on ollut yksi keskeinen osa kansainvälisiä ilmastoneuvotteluja. Raportista käy ilmi myös se, mihin kansallisen KHK-inventaarion tuottamista tiedoista saa vastauksen ja mihin tietoja ei voida käyttää. Raportissa ja sen liitteissä on käsitelty muun muassa yleisten väärinkäsitysten syitä ja annettu niihin vastauksia.

KHK-inventaario luo yhtenäisen tietopohjan

Kansallinen KHK-inventaario tuottaa ajantasaisimman tiedon Suomen rajojen sisäpuolella tapahtuvista vuotuisista kasvihuonekaasujen päästöistä ja poistumista (nieluista) sekä niihin vaikuttaneista tekijöistä. Tiedot tuotetaan ensisijaisesti EU:n sekä Suomen kansainvälisten ja kansallisten päästövähennysvelvoitteiden ja -tavoitteiden seurantaan sekä päästövähennystoimien suunnitteluun. Inventaariotiedot auttavat myös ymmärtämään useita ajankohtaisissa keskustelussa olevia aiheita, kuten metsien hiilinielun muutoksia tai energiasektorin päästökehitystä.

KHK-inventaario luo ajantasaisen ja yhtenäisen tietopohjan hyödynnettäväksi eri toimijoiden päästölaskelmissa. Useimmat alueelliset, organisaatioiden ja tuotteiden päästölaskentamenetelmät mahdollistavat



KHK-inventaarion tiedot metsämaan eri hiilivarastojen muutoksista 1990-2021 (milj.tn CO₂-ekv).

KHK-inventaarion tietojen, kuten päästökerrointen, käytön. KHK-inventaario ei tuota tietoa esimerkiksi tuotteiden elinkaari päästöistä tai suomalaisten hiilijalanjäljistä, sillä hiilijalanjälkilaskelmissa tarkastellaan suomalaisten kulutuksen ja toiminnan aiheuttamia päästöjä niiden syntypaikasta riippumatta.

Inventaariotiedot auttavat ymmärtämään useita ajankohtaisessa keskustelussa olevia aiheita, kuten metsien hiilinielun muutoksia tai energiasektorin päästökehitystä.

Tutustumalla raporttiin voi paremmin ymmärtää ilmastopoliittista keskustelua. Raportti toimii myös hyvin kaikille niille toimijoille – yrityksille ja julkisille organisaatioille, joiden velvollisuudet päästöjensä raportoinnista kasvavat ja laajenevat Euroopan Unionin lainsäädännön myötä. Ympäristöhaittojen tunnistaminen ja vastuullisuus päästövähennystoimista alkaa olla myös rahoittajien, etenkin kansainvälisten rahoittajien, vaatimus monille toimijoille tulevaisuutta ajatellen. Isot yritykset joutuvat jo lähivuosina liittämään talousraportointiin myös ympäristö- ja vastuullisuusraportoinnin. Edelläkävijät jo tekevät niin ja auditoivat ulkopuolisten toimesta raporttinsa.

Laskentatapojen menetelmät ja erot esiin

Erilaiset toimijat, kuten kunnat, kaupungit, yritykset ja muut organisaatiot käyttävät ja tuottavat päästölaskelmia pohjautuen kansallisiin ja kansainvälisiin malleihin, menetelmiin ja standardeihin. Näiden laskelmien määritelmät ja rajaukset ovat usein keskenään erilaisia ja poikkeavat myös KHK-inventaariossa käytetyistä menetelmistä. Laskentatavan valintaan vaikuttaa sen tarkoitus ja tavoite. Laskelmien keskinäinen vertailtavuus ja myös vertailu KHK-inventaarion tietoihin saattaa aiheuttaa vääriä johtopäätöksiä ja tulkintoja, jos eroja ei tunneta. Raportti painottaakin eri laskentatapojen välisten erojen hahmottamisen ja avoimen kuvaamisen tärkeyttä, jotta päästötietoja voidaan vertailla ja hyödyntää tarkoituksenmukaisella tavalla. Laskelmien läpinäkyvä dokumentointi, jossa kuvataan tarkoitus ja tavoitteet sekä käytetyt menetelmät, lisäävät myös luottamusta laskelmien tuloksiin.

Hankkeen tavoitetta, lisätä ymmärrystä KHK-inventaariojärjestelmästä ja sen tuottamista päästö- ja poistumatiedoista eri toimijoiden käyttöön, palvelee raportin liitteet: liitteen 2 KHK-inventaarioraportin ja -taulukkopaketin sisältökuvaus, liitteen 3 ajankohtaisten kysymysten ja vastausten luettelo (luettavissa tämän artikkelin lopussa) sekä liitteen 4 esimerkit inventaariotietojen hyödyntämisestä eri toimijoiden päästölaskelmissa.

Kysymyksiä ja vastauksia KHK-inventaarion tietojen tulkinnasta ja käytöstä

Usein tulee vastaan kysymyksiä siitä, että miten ja miksi tietyt päästöt kussakin tapauksessa lasketaan. Näihin vastaamiseksi raportissa on liite, johon on valittu toistakymmentä yleisimmin esiin tulevaa tapausta. Valitut tapaukset pohjautuvat hankkeen toteuttajien ja ohjausryhmän havaintoihin aiheista, jotka usein herättävät päästölaskentaan liittyviä kysymyksiä tai väärintulkintoja. Kysymysten vastaukset on laadittu hankkeen toteuttajien toimesta ottaen huomioon ohjausryhmältä ja raporttiluonnoksen asiantuntijakommentoinnista saadut kommentit. Alla kaksi esimerkkiä raportin liitteen 3 kysymyksistä ja vastauksista.

KYSYMYKS 1:

Tuulivoiman osuus energiantuotannossa kasvaa. Miten se näkyy KHK-inventaariossa? Entä miten sähkön tuonti ja vienti otetaan huomioon?

VASTAUS 1: (LYHENNETTY VERSIO)

Sähkön tuotanto tuulivoimalla ei aiheuta suoria KHK-päästöjä mutta korvaamalla fossiilisten polttoainien avulla tuotettua sähköä se vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä. Tuulivoiman lisääntymien vähentää siis KHK-inventaarion energiasektorin päästöjä, mutta määrällistä vaikutusta ei saada suoraan KHK-inventaarion tiedoista. Vaikutusta voidaan arvioida tekemällä oletuksia siitä, minkä tyyppistä energiantuotantoa tuulivoima korvaisi. Tuulivoiman voidaan olettaa vähentävän esimerkiksi keskimääräisen sähkön tuotannon, keskimääräisen fossiililla polttoaineilla tuotetun sähkön tai markkinaperusteisen sähköntuotannon mukaisesti laskettuja tai arvioituja päästöjä.

Päästövähennämisen laskennassa käytetyt oletukset vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen. Suomen energiajärjestelmän vuotuiset päästöt ovat vähentyneet merkittävästi viimeisten vuosien aika, ja siksi myös keskimääräisen sähkötuotannon ominaispäästöt. Tuulivoima on vaikuttanut ja vaikuttaa edelleen kasvaessaan tähän kehitykseen suotuisasti.

Arvioissa on tuulivoiman oletettu olevan nollapäästöistä eli tuulivoiman rakentamisen ja käytön aikaisen toiminnan (vaikutukset maankäyttöön, huollot, korjaukset) päästöjä ei ole otettu huomioon. Vastavia päästöjä ei ole otettu huomioon myöskään sähkön keskimääräisissä, markkinaperusteisissa tai polttoainekohtaisissa päästökertoimissa. Polttoon perustavassa energiantuotannossa syntyy aina myös CH₄- ja N₂O-päästöjä, näiden huomioon ottaminen nostaisi muutamalla prosentilla arvioita tuulivoiman tuo-

tannon aiheuttamasta päästösäästöistä (vuonna 2021 CH₄- ja N₂O-päästöjen keskimääräinen osuus energiantuotannon päästöistä oli 2,5 %).

KHK-inventaariossa sähköntuotannon päästöjä ei oteta huomioon, koska sähköntuotannon päästöt raportoidaan siinä maassa, missä sähkö on tuotettu. Sähkön viennin päästöt vaikuttavat kansallisiin päästöihin siltä osin, kun sähkö on tuotettu fossiililla polttoaineilla (tuotantoperusteinen laskenta).

KYSYMYKS 2:

Miksi bioenergiasta puhutaan toisinaan nollapäästöisenä ja toisinaan sille lasketaan päästöt?

VASTAUS 2:

Biomassan poltosta vapautuu CO₂-, CH₄- ja N₂O-päästöjä. CO₂-päästöjä ei lasketa KHK-inventaariossa energiasektorin päästöihin, koska ne sisältyvät maankäyttösektorilla biomassan korjuun (hakkuut) aiheuttamaan hiilivaraston pienemiseen. Tämä hiilivaraston pieneminen raportoidaan CO₂-päästönä maankäyttösektorilla. Jos bioenergian CO₂-päästöt raportoitaisiin myös energiasektorilla, tämä tarkoittaisi kyseisten päästöjen kaksoislaskentaa.

Lyhytkiertoisien biomassan polton CO₂-päästöjä ei raportoida energiasektorilla, eikä niiden kasvun sitomaa CO₂:a oteta huomioon maankäyttösektorilla. Taustalla on oletus, että kasvun sitoma ja biomassan polton tai hajoamisen vapauttamat CO₂-määrät ovat tasapainossa. Maat voivat käyttää lyhytkiertoiselle biomassalle myös tarkempia menetelmiä, tässäkin tapauksessa arvioinnin tulokset näkyisivät maankäyttösektorilla.

Biomassan CO₂-päästöjen raportointikäytäntö poikkeaa KHK-inventaarion yleisestä periaatteesta, jonka mukaan päästöt raportoidaan siellä, missä ne tapahtuvat. Käytäntö perustuu IPCC:n vuonna 1995 julkaisemiin ohjeisiin ja käytäntö perustellaan käytännöllisyydellä ja kaksoislaskennan välttämällä.

Biomassan polton CO₂-päästöt eivät näy kokonaispäästöissä, jotka ilmoitetaan ilman maankäyttösektorin nettopäästöjä/poistumia. Kokonaispäästöihin, joissa maankäyttösektorin päästöt ja poistumat ovat mukana, biomassan polton CO₂-päästöt vaikuttavat poltetun biomassan korjuuajankohtana ja vain siltä osin kuin poltetu biomassassa on kotimaista alkuperää. Biomassan polton CH₄- ja N₂O-päästöt luetetaan aina energiasektorin päästöihin täysimääräisinä. KHK-inventaariossa biomassan poltto ei siis ole nollapäästöistä.

WMO:n pääsihteerin kokemuksia MAAILMANPARANTAJIEN VALTAKUNNASTA

Petteri Taalas, pääsihteeri, Maailman ilmatieteen järjestö (WMO)

Minulla on ollut mahdollisuus johtaa sää- ja ilmastoalan maailmanjärjestö WMO:ta viimeiset kahdeksan vuotta, mistä olen kiitollinen sekä valitsijoilleni, WMO:n 193 jäsenelle että Suomen hallitukselle. Valitettavasti Suomella on ollut varsin vähän johtavia YK-positioita verrattuna vaikkapa Ruotsiin, Norjaan ja Tanskaan. Olen vasta toinen suomalainen YK-järjestön johtaja kautta aikojen; Pekka Tarjanne johti Maailman telekommunikaatiojärjestöä 1980-luvulla, ja Martti Ahtisaari sekä Helvi Sipilä toimivat aikanaan apulaispääsihteereinä.

Oma tieni kansainvälisyyteen sisältänee cocktailin karjalaisia geenejä, maailmanparantajaa, tieteen palloa ja onnellisia sattumuksia. Olen pikkupojasta lähtien ollut kiinnostunut koko maailmasta; jo Pakistan kansakoulussa aarteeni oli karttakirja. Helsingin yliopiston fysiikan opintojen suuntautumisvaihtoehdoksi valitsin meteorologian kansainvälisyyden ja sen yhteiskunnallisen merkittävyyden vuoksi. Myös alan ympäristödimensio kiehtoi, ja aloitinkin työurani ilmanlaadun, otsonikadon ja globaalimuutosten parissa. 1980-luvulla puhuttiin sivistysyliopistosta, ja toteutin tätä suorittamalla Kehitysmainstituutin kursseja.

Parin lentokentillä vietetyn sääteknikkokesän jälkeen pääsin unelmieni työhön Ilmatieteen laitoksen Ilmanlaatuosastolle kehittämään ilmanlaatumalleja. Vaikka palkka oli vain 90 % valtion alimmasta palkkaluokasta, koin lievää syyllisyyttä, kun niin innostavasta työstä vielä maksettiin. Jäinkin vain kolmen opiskeluvuoden jälkeen täyspäivätyöhön, ja toinen puoli tutkinnosta ja jatko-opinnot suoritettiin työssäkäynnin ohessa.

Suomessa satsattiin maanpinnan otsonitutkimukseen osana Happamoitusprojektia 1980-luvulla, ja Etelämantereen otsonikadon havaitsemisen jälkeen IL satsasi sekä arktiseen että Etelämantereen otsoni-

ja UV-tutkimukseen. Tästä kasvoi suurehko tutkimusyksikkö, ja olimme mukana EU:n, Suomen Akatemian, EUMETSAT:in, ESA:n ja NASA:n ohjelmissa. Tulin yllätyksekseni valituksi IL:n johtoon, jolloin minusta tuki tutkimuksen edistäjä muttei enää tekijä.

Vuoden 2003 WMO:n Kongressi oli minulle järkytys. - - Epäilen, että Neuvostoliiton puoluekokoukset olivat yhtä kiinnostavia.

Olin aiemmin ollut WMO:n Etelämantereen ja UV-tutkimuksen asiantuntijaryhmien jäsen, mutta Ilmatieteen laitoksen pääjohtajana edustin Suomea WMO:ssa. Vuoden 2003 WMO:n Kongressi oli minulle järkytys: neljä viikkoa kestävässä yleiskokouksessa hinkattiin dokumenttien sanamuotoja satojen osallistujien toimin. Epäilen, että Neuvostoliiton puoluekokoukset olivat yhtä kiinnostavia.

Valitsimme 20 vuotta WMO:ta johtaneen Obasin seuraajaksi ranskalaisen Jarraudin. Jarraud teki ensimmäisen virkamatkansa Suomeen, ja houkutteli minua WMO:hon. Sain tarjouksen WMO:n johtajaksi, ja suostuin siihen hieman pitkin hampain liikenne- ja viestintäministeriön kansliapäällikkö Juhani Korpe-
lan ja perheeni kannustuksen vuoksi. Tämän myötä silmäni avautuivat näkemään WMO:n potentiaalin, mutta toisaalta sen vanhanaikaisuuden ja hitauden.

Suomessa taas johdin erästä maailman parasta ilmatieteen laitosta. Olen selittänyt Suomen menestystä J.J. Nervanderista alkaneella vahvalla tiedepohjalla ja Suomen surkealla ilmastolla lumine ja jääneen. IL:llä onkin vahva kansainvälinen asema tie-teessä, palvelujen laadussa sekä kansainvälisenä alan konsultointi/kehityshankkeiden toteuttajana. IL on toteuttanut hankkeita yli sadassa maassa, ja nauttii myös muun muassa EU:n ja Suomen Akatemian rahoitusta työlleen.



Pääsihteeri Petteri Taalas.

Olen selittänyt Suomen menestystä J.J. Nervanderista alkaneella vahvalla tiedepohjalla ja Suomen surkealla ilmastolla lumine ja jääneen.

WMO:n johtajana työskentely jätti sieluuni kytemään kipinän WMO:n modernisoinnista ja sen kansainvälisen aseman parantamisesta. Se olisi mahdollista vain pääsihteeriyden kautta. Suomen hallitus päätti asettaa minut ehdokkaaksi, ja UM:n sekä LVM:n että presidenttien tukeman kampanjan kautta tulin valituksi 2/3:lla WMO:n jäsenmaiden äänistä. Sain paljon varoituksia, ettei WMO:ta eikä YK-toimintoja voida uudistaa, ja aiemmat pienetkin yritykset ovat vetäneet vesiperän. Ryhdyin siitä huolimatta töihin yhdessä sekä WMO:n ydinryhmän että WMO:n hallintoneuvoston kanssa.

Lopputuloksena aiemmasta kahdeksasta teknisestä komissiosta muodostettiin kaksi, yksityis sektorille avattiin ovet, ja tiedemaailma tuli tiiviimmin mukaan toimintoihimme. Panostimme myös voimakkaasti ilmastosta tilasta viestimiseen ja maailman vesivarojen hallintaan. Myöhemmin uudistimme WMO:n vapaan datapolitiikan, loimme standardin maailman säähavaintoverkon tiheydelle ja rahoitusmekanismin havaintojen lisäämiseksi. Myös WMO:n organisaatio-

ja henkilöstörakenne on uudistettu, olen päässyt valitsemaan uudet johtajat sekä palkkaamaan suuren määrän nuoria asiantuntijoita aiemman avustavan henkilöstön sijaan.

Sain paljon varoituksia, ettei WMO:ta eikä YK-toimintoja voida uudistaa, ja aiemmat pienetkin yritykset ovat vetäneet vesiperän.

WMO on nykyään eräs keskeisimpiä ilmastoalan toimijoita sekä YK-maailmassa että maailman medioissa. Olemme myös IPCC:n isäntä- ja perustajaorganisaatio. Ilmastomuutoksesta onkin tullut koko YK:ta läpileikkaava teema viimeisten kymmenen vuoden aikana. Minulle on ollut ilo tehdä tiivistä yhteistyötä YK:n pääsihteeri António Guterresin kanssa ilmastokysymysten parissa. Olen toiminut hänen neljän YK-johtajan ilmastoryhmän jäsenenä, ja muun muassa vetänyt hänen ilmastohuippukokouksensa tiederyhmää. WMO tuottaa vuosittaiset raportin ilmastosta, vesivarojen ja kasvihuonekaasujen tilasta. Olemme ryhtyneet tuottamaan myös vuosittaisia ilmaston tilaraportteja kuudelle WMO:n alueelle.

Eräs YK:n keskeinen ilmastofoorumi ovat COP-kokoukset, joita irvileuat kutsuvat myös maailmanparantajien messuiksi. Näissä ja etenkin niihin johtavissa



KUVA: WMO

Maailman ilmatieteen järjestön pääsihteeri Petteri Taalas ja YK:n pääsihteeri António Guterres.

ennakkokeskusteluissa edistetään ilmastomuutoksen torjuntaa ja kasvavassa määrin myös siihen sopeutumista. Minulla on ollut ilo olla avajaispuhujana pääsihteerikauteni COP-kokouksissa, ja lisäksi WMO on ollut erittäin aktiivinen toimija useissa oheistapahtumissa.

Tähän mennessä merkittävää edistystä on saavutettu luonnollisesti Pariisissa 2015, mutta myös Glasgow'ssa 2021. Jälkimmäisessä rikkaimmat maat, eli G7 ja EU sitoutuivat 1,5 asteen tavoitteeseen, mutta valitettavasti loput G20-maista eivät toistaiseksi. G20 vastaa noin 80 % maailman päästöistä. YK:n kulisissa yritetään saada etenkin Aasian isojen päästöjen tuottajia, kuten Kiinaa, Intiaa, Indonesiaa ja Vietnamia nostamaan ilmastotoimiensa kunnianhimotasoa. Samoin painostetaan Amazonin alueen, Keski-Afrikan ja Kaakkois-Aasian maita lopettamaan ei-uusiutuvien sademetsien hävittäminen, mikä on maailman suurin maankäytön haaste.

YK:n kulisissa yritetään saada etenkin Aasian isojen päästöjen tuottajia, kuten Kiinaa, Intiaa, Indonesiaa ja Vietnamia nostamaan ilmastotoimiensa kunnianhimotasoa.

Olemme nykyinen matkalla 2,5–3,0 asteen haarakkaan vuosisadan loppuun mennessä. Meillä on käynnissä vasta ilmastomuutoksen esinäytös. Nega-

tiivinen trendi sääilmiöissä jatkuu ainakin 2060-luvulle saakka riippumatta menestyksestämme torjuntatoimissa. Ja valitettavasti jäätiköiden sulaminen ja meriveden pinnan nousu tulevat jatkumaan jopa tuhansia vuosia, elleimme keksi tehokasta keinoa hiilen poistoon ilmakehästä. Meriveden pinnan nousunopeuteen ja etenkin Etelämantereen sulamisnopeuteen liittyy suurta epävarmuutta. NASA:n tutkimuksissa on osoitettu jopa yli kymmenen metrin nousuriski vuoteen 2300 mennessä.

Väestönkasvu on ilmastomuutoksen ohella maailman suuria haasteita tällä vuosisadalla. Muun muassa Afrikan tähänastinen ja ennakoitu väestönkasvu tulee tuottamaan lisää ilmastomuutoksesta kärsiviä pakolaisuuspotentiaaleineen. Samoin tämä tuottaa painetta päästöjen kasvulle ja luontokadolle.

WMO edistää omalta osaltaan ilmastotoimia kommunikoimalla aktiivisesti ilmaston tilasta. Lisäksi olemme edistämässä kolmea ilmastoon liittyvää hanketta. YK:n pääsihteeri on antanut tehtäväkseni laatia suunnitelman vähemmän kehittyneiden maiden sääpalvelujen parantamiseksi, ja COP-27 hyväksyi 3,1 miljardin dollarin toimintasuunnitelman, minkä olimme laatineet YK:n katastrofijärjestö UNDRR:n, Telekomunikaatiojärjestö ITU:n ja Punaisen Ristin Federaatio IFRC:n kanssa. Tavoitteena on, että vuonna 2027 kaikilla maailman mailla olisi käytössään kelvolliset sään ennakkovaroitusjärjestelmät viranomaistoimintoinen. Siihen liittyy on jo käynnissä SOFF-hanke etenkin Afrikan ja saarivaltioiden säähavaintotoiminnan parantamiseksi ja CREWS-hanke sääpalvelujen parantamiseksi.

Tavoitteena on, että vuonna 2027 kaikilla maailman mailla olisi käytössään kelvolliset sään ennakkovaroitusjärjestelmät viranomaistoimintoinen.

Olemme myös laatineet uuden konseptin hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin lähteiden ja nielu- jen nykyistä paremmaksi monitoroinniksi. Tässä yhdistetään maanpinnalta Global Atmospheric Watch -verkoston ja satelliittien (USA, Kiina ja Japani) mitauksia sekä käytetään assimilaatiomallitusta, jotta pystymme seuraamaan edellä mainittujen kaasujen nieluja ja lähteitä nykyistä paremmin. Muun muassa metaanin lähteisiin ja biosfäärin vaikutukseen hiilidioksidin nieluna/lähteenä liittyy tällä hetkellä suurta epävarmuutta.

Kolmas aloitteemme on kilometriskaan ilmastomallitus. Nykyisillä malleilla voidaan arvioida ilmaston keskimääräisyyksiä varsin hyvin, mutta sään ääri-ilmiöiden, sateen ja napajäätiköiden sulamisnopeuden simulointi on puutteellista. Maailman johtavat ilmastotutkijat ovatkin tehneet aloitteen aluksi virtuaalisten, myöhemmin fysikaalisten keskustelujen kehittämiseksi, jotta ilmastomallien resoluutio voisi saavuttaa kilometriskaan. Tämä edel-

lyttää nykyistä suurempien supertietokoneressurssien käyttöön saamista ja voimavarojen kansainvälistä yhdistämistä Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa. Tavoitteena on tuottaa uusia tulevan ilmaston arvioita piakkoin käynnistyvän IPCC:n seitsemännen arviointiraportin käyttöön.

WMO:n pääsihteerin kaudet on rajattu maksimissaan kahteen nelivuotiskauteen. Seuraajani argentiinalainen Celeste Saulo aloittaa tehtävässään tammikuussa 2024, jolloin palaan Ilmatieteen laitokselle. Suomella on erittäin paljon osaamista kaikkien kolmen edellä mainitun hankkeen aloilla. Niin Ilmatieteen laitoksella, yliopistoilla kuin yrityksissä. Tulemme olemaan jatkossakin mukana maailman keskeisissä ilmaston ja sään toiminnoissa.

Maailman ilmatieteen järjestö (WMO) on hallitustenvälinen järjestö, johon kuuluu 193 jäsenvaltiota tai aluetta. Se on vuonna 1873 Wienissä alulle pannut Kansainvälisen ilmatieteellisen järjestön (IMO) seuraaja. Maaliskuussa 1950 perustetusta WMO:sta tuli YK:n meteorologian, operatiivisen hydrologian ja liitännäisten geofysikaalisten tieteiden erityisjärjestö. Genevessä päämajaansa pitävää sihteeristöä johtaa pääsihteeri ja järjestön ylin elin on Maailman ilmatieteen kongressi.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMANLAADUN JA UUSIUTUVAN ENERGIAN ASiantuntija

- Päästöjen leviämismalliselvitykset
- Ilmanlaadun mittaukset
- Mittalaitteiden kalibroitopalvelut
- Ilmakemian analyysipalvelut
- Ilmanlaadun seurantasuunnitelmat
- Ilmanlaadun koulutus- ja konsultointipalvelut
- Tuulimittaukset
- Tuuli- ja jäätämistalustulosten analysointi
- Paikallisen tuulivoimapotentiaalin määrittäminen
- Tuulivoiman tuuliennusteet
- Aurinkoenergian tuotantopotentiaali ja ennusteet
- Kansainväliset hankkeet ja tutkimushankkeet

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI/ILMANLAATUPALVELUT
ILMANLAATUPALVELUT@FMI.FI



Kuva: Laura Karlin

SAHARAN PÖLYÄ SUOMESSA?

Kansalaisten lumihavainnot tutkimuksen apuna

Helmikuun 23. päivänä talvella 2021 Suomen lumihangille laskeutui paikoin näkyvä kerros Saharan hiekkapölyä, joka oli kulkeutunut yläilmakehässä tuhansia kilometrejä. Ilmatieteen laitos pyysi ihmisiä keräämään näytteitä hiekkapölyn värjäämästä lumesta ja lähettämään ne tutkittavaksi. Näytteitä saapui epävirallisen maailmanennätyksen verran: kaikkiaan 525 eri paikasta.

Outi Meinander, johtava tutkija, Ilmatieteen laitos

KUVA: ADOBE STOCK

Ilmatieteen laitoksen SILAM-kaukokulkeutumismalli (Sofiev et al. 2015) ennusti Saharan pölyn saapumisen Suomeen helmikuussa 2021 viisi vuorokautta etukäteen. Hiekkapöly oli kulkeutunut yläilmakehässä tuhansia kilometrejä ja sa-toi Suomessa lumen mukana maahan. Ilmiö herätti paljon kiinnostusta, sillä Saharan hiekkapölyä ei havaita Suomessa kovin-kaan usein. Ilmatieteen laitos pyysi ihmisiä keräämään näytteitä ohjeen mukaan ja lähettämään ne tutkittavaksi. Monet näytteen lähettäneet pyysivät tutkijoita kertomaan myöhemmin, mitä näytteistä löytyy, mihin niitä käytetään, ja miten työ etenee. Toiveisiin vastattiin julkaisemalla vuosina 2021–2022 uutiskirjettä niille, jotka olivat kiinnostuneita seuraamaan näytteiden matkaa laboratoriotutkimuksissa. Suomeksi ja englanniksi julkais-tulla uutiskirjeellä tuotiin projektin etenemisestä kertovat päi-vitykset helposti kaikkien saataville.

Tutkimustyö eteni samaan aikaan kahta reittiä: toisaalta eri-laisten kaukokulkeutumis- ja säämallitulosten sekä satelliittitu-lostien kautta ja toisaalta Suomessa kerättyjen kansalaisnäytteiden analyysien avulla. Nyt nämä tulokset on yhdistetty ja ensim-mäiset mallilaskelmien ja kansalaisnäytteiden vertailutulokset ovat mukana käsikirjoituksessa, joka on parhaillaan vertaisar-vioitavana (Meinander et al. 2023). Kansalaisnäytteiden analy-sointi jatkuu edelleen, ja lisäksi seuraavana on vuorossa asian-tuntijoiden keräämien lisänäytteiden analysointi.



Saharan pölyä näkyvissä isoina täplinä lumen pinnalla helmi-kuussa 2021.

Kansalaisilta 525 paikasta tuhansia näytteitä

Saimme vuoden 2021 helmikuussa Suomeen epävirallisen Sa-haran pölynäytteiden kansalaistiede-maailmanennätyksen, kun Saharan pölynäytteitä lähetettiin yli 500 eri paikasta (Meinan-der et al. 2022a). Tarkka luku oli 525 paikkaa ja jokaisesta paikas-ta saapui yksi tai useampi näyte. Näiden lisäksi aineistossa on asiantuntijoiden keräämiä lisänäytteitä. Aiempi Saharan pöly-näytteiden ennätys on Ranskan ja Sveitsin Alpeilta 152 näytettä

Saharan pölynäytteiden keräysohje 2023



- Kansalaistiede / Saharan pöly Suomessa / Outi Meinander 1.11.2023 -

Vuoden 2021 kansalaisnäytekeruun ohjeessa luminäyte sulatettiin ja näytteen vesi joko haihdutettiin tai suodatettiin pois. 2023 uusitussa ohjeessa näyte kerätään suoraan foliolle ja ve-si haihdutetaan pois enintään 70°C lämpötilassa. Kuiva näytefolio taitellaan huolellisesti ja lähetetään Ilmatieteen laitokselle. Paras näyte syntyy, kun pölyä ei siirretä astiasta toiseen.

helmikuussa 2021 (Dumont et al. 2023). Kiitämmekin siis läm-pimästi kaikkia, jotka ottivat osaa Saharan kansalaistiedehank-keeseen lähettämällä näytteitä tutkittavaksi!

Ilmatieteen laitos, Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Ark-tinen keskus tiivistivät maaliskuussa 2022 yhteistyötä Saharan pölyn ja lumen ja jään kansalaishavaintojen keräämisessä. Kan-salaiset voivat ilmoittaa havaintonsa lumesta, jäädästä ja Saha-ran hiekkapölystä nyt samassa verkkopalvelussa ja ne kerätään yhteen tietokantaan. Näytteet lähetetään edelleen Ilmatieteen laitokselle.

Oletko kiinnostunut osallistumaan talvella 2023–2024?

Kun Suomessa havaitaan Saharan pölyä, siitä kerrotaan Ilma-tieteen laitoksen internet-sivustolla ja erilaisissa uutislähteissä. Tutustu halutessasi ennakoon uusiin ohjeisiin alla olevan tie-tolaatikon avulla. Ilmoita havainnot Saharan hiekasta verkko-palvelussa ja lähetä näyte Ilmatieteen laitokselle.

Näytteen keruuohje on uudistunut vuoden 2021 kampanjasta opitun perusteella: pölyhiukkasten magneettiset ominaisuudet säilyvät parhaiten, kun näytettä ei missään vaiheessa kuumenne-ta yli 70 °C lämpötilassa. Myös kaikki hiukkaskoot säilyvät par-haiten, kun näytettä ei turhaan siirretä astiasta toiseen tai suo-dateta. Odotettavissa on, että Suomeen laskeutuva Saharan pö-ly tulee märkälasseuman mukana, eli lumisateen, vesisateen tai jäätävän tihkun alas huuhtomana. Näyte voidaan silloin kerätä helpoiten lumi-, jää- tai sadantanäytteestä tavallisen uunipellin päälle, jossa on folio. Näyte sulatetaan, ja näytteen vesi haihdute-taan esimerkiksi uunin tai saunan jälkilämmöllä enintään 70 °C lämpötilassa. Kuiva näytefolio taitetaan huolellisesti kiinni, jot-ta pöly säilyy folion sisällä. Näyte voidaan myös kerätä suoraan kuivana pölynä, jos kuivalaskeuma suosii.

Kuinka usein pölyä kulkeutuu Suomeen?

Ensimmäinen arvio Suomeen kaukokulkeutuneesta pölystä on julkaistu tuoreessa *Environmental International* -lehdessä (Varga et al. 2023). Työssä löydettiin 86 kaukokulkeutuneen aavikkopölyn tapausta 42 vuoden aikana vuosille 1980–2022. Näiden lähteik-si arvioitiin 59 tapausta Saharasta, 22 Aralin ja Kaspian alueelta

ja viisi Lähi-Idän alueelta. Ainoastaan kaksi kertaa, eli vuosina 1991 (Franzen et al. 1994) ja 2021 (Meinander et al. 2022a, 2023), on todennettu laajamittainen Saharan pölyn laskeuma Suomessa. Tämän perusteella voidaan siis sanoa, että keskimäärin muuta-man kerran vuodessa Suomen ilmakehässä on kaukokulkeutu-nutta aavikkopölyä, mutta vain kahdesti viimeisen 42 vuoden aikana sitä on laajemmin havaittu lumella. Kuitenkin toden-näköisyys talvitapauksille on kasvanut erityisesti vuoden 2010 jälkeen (Varga et al. 2023), joten Saharan pölyn havaitseminen Suomen lumilla on tulevana vuosina todennäköisempää kuin aiemmin.

Saharan pölyn vaikutukset Välimerellä

Ilmatieteen laitos oli mukana kansanvälisessä tutkimuksessa, jossa selvitettiin äärimmäisen voimakkaan Saharan pölymyrs-kyn vaikutuksia itäisellä Välimerellä vuoden 2018 maaliskuussa (Monteiro et al. 2022). Pölymyrskyllä oli merkittäviä vaikutuk-sia alueen luontoon, talouteen, yhteiskuntaan ja ihmisten ter-veyteen. Saharan pöly levisi 21–22. maaliskuuta etenkin Kree-tan, Kreikan, Kyproksen, Turkin, Libyan ja Egyptin alueelle. Pöly värjäsi punertaviksi niin ilmakehän kuin esimerkiksi Kaukasus-vuoriston lumipinnat. Tutkijat kutsuvat pölyepisodia nimellä ”Minolainen punainen”. Tuolloin esimerkiksi Kreetalla mitatut hiukkaspitoisuudet olivat korkeammat kuin kertaakaan edelli-sen 15 vuoden aikana mitatut.

Tutkimusartikkeli julkaistiin *Science of The Total Environment* -lehdessä. Tuloksista selviää, että pölymyrsky vaikutti laajasti yhteiskuntaan: myrskyn vuoksi esimerkiksi kouluja suljettiin ja keuhkosairauksiin ja hengenahdistukseen liittyvät sairaalakäyn-nit lisääntyivät. Pölymyrskyllä oli merkittävät kustannukset ja vaikutuksia oli myös lentoliikenteeseen ja energiantuotantoon. Tutkijat arvioivat, että yhden päivän aikana esimerkiksi Kreetal-la auringon energiatuotannon väheneminen ja muut vaikutuk-set, kuten lentoliikenteen pysähtyminen, aiheuttivat yhteensä yli 3,4 miljoonaa euron kustannukset. Jotta vastaavien pölymyrs-kyjen kielteisiä vaikutuksia voidaan hillitä, niitä on pystyttävä ennustamaan tarkemmin. Sitä varten tarvitaan panostustavar-haisen varoituksen järjestelmiin.



KUVA: MEINANDER ET AL. (2022b)

Mineraalipölyn kulkeutuminen ilmakehässä. Mineraalipöly on keskeinen ilmasto- ja ympäristömuuttaja, jolla on vaikutuksia esimerkiksi ilmastoon, lumen ja jään sulamiseen, säähän, ilmanlaatuun, meriympäristöön, ekologiaan ja terveyteen.

Myös pohjoisesta löytyy pöylähteitä

Mineraalipöly liitetään useimmiten lämpimän ilmaston aavikoihin, kuten Saharaan. Aavikkopöly kaukokulkeutuu tuulen mukana esimerkiksi mereen tai lumelle. Ilmakehässä kulkeutuva mineraalipöly on keskeinen ilmasto- ja ympäristömuuttaja, jolla on vaikutuksia esimerkiksi ilmanlaatuun, ilmastoon, lumen ja jään sulamiseen, säähän, meriympäristöön, ekologiaan ja terveyteen. *Atmospheric Chemistry and Physics* -lehdessä julkaistu tutkimus (Meinander et al. 2022b) osoittaa, että myös korkeilta leveysasteilta peräisin olevilla kylmän ilmaston maaperän pölyhiukkasilla voi olla merkittävä paikallinen, alueellinen ja maapallon laajuinen vaikutus. Tutkijat esittävät julkaisussa todisteita pöylähteistä ja nimesivät uuden niin kutsutun pohjoisen palonpuoliskon pölyvyön.

Nyt löydetty pohjoinen pölyvyö on korkeilla pohjoisilla leveysasteilla sijaitseva alue, jolla on yli 230 000 neliökilometriä erittäin todennäköistä maaperää pöylähteiden ja pölymyrskyjen synnylle. Lisäksi yli 500 000 neliökilometrin alueella on korkea pöylähteiden syntymisen mahdollisuus. Näitä lukuja voidaan verrata esimerkiksi Suomen pinta-alaan, joka on 338 424 neliökilometriä.

Tutkimuksessa esitelty pohjoisen pölyvyön löytö päivittää tietteellistä ymmärrystä maapallon mineraalipölyn lähteistä ja merkityksestä. Pohjoisen pölyvyön erityispiirre on, että sillä sijaitsevien pöylähteiden hiukkaset voivat olla hyvin erilaisia lähekkäin sijaitsevilla pöylähteillä. Lisäksi kylmien alueiden pölyhiukkasten ominaisuudet ovat erilaiset kuin esimerkiksi Saharan tai Amerikan aavikoiden hiukkasten. Julkaisun tulokset ovat arvokkaita korkeiden leveysasteiden pölyn mallintamiselle ja pöylähteiden ympäristö- ja ilmastovaikutusten arvioinnille.

Ilmastomuutos ja pohjoisten leveysasteiden mineraalipöly ovat liitoksissa toisiinsa kahdella tavalla: Pöly voi yhtäältä voimistaa ilmastomuutosta, esimerkiksi kun se tummentaa ja sulattaa lumi- ja jääpintoja. Toisaalta lämpenevän ilmaston vaikutuksesta lumen, jään ja ikeiroudan sulaessa paljastuu uusia maa-alueita, jotka voivat toimia pöylähteinä. Mineraalipöly on merkittävien ilmastovaikutusten lisäksi ilmansaaste, jolla on haittavaikutuksia ihmisten terveydelle. Pöly ei kuitenkaan ole pelkästään haitallista, vaan se voi tarjota myös ravinteita luonnolle, kuten Saharan pöly Amazonin sademetsälle.

Ilmatieteen laitoksen SILAM-kaukokulkeutumismalli:

<https://silam.fmi.fi/>

Kirjoittajan YouTube-video ”Saharan dust transported and deposited in Finland 23 Feb 2021, north from 60 oN”:

<https://www.youtube.com/watch?v=TrOoo6RECUl>

English summary

On 23 February 2021, Saharan dust was transported and deposited in the southern part of Finland. At the time, the ground was covered with snow, and therefore the dust deposition was more easily detectable. The deposition was accompanied by freezing rain in the most southern part of the country, and snowfall further north. Samples of dust in snow were collected by citizens and forwarded to the Finnish Meteorological Institute (FMI) following our researchers' guidelines advertised in social media. Most samples were a solid residue from 2 dl of superficial snow, that had been either melted and filtered using coffee filters, evaporated on an aluminum foil, or decanted with the help of containers. In addition, fresh samples were collected for reference and were stored in a freezer for further analysis. Samples were received from 525 locations and each of these contained one or more filtered, evaporated, or decanted dust samples. The event was forecasted by the operational SILAM global atmospheric-composition suite of FMI five days in advance. Our investigations aim at Saharan dust transport and deposition modelling verified through a citizen science campaign in Finland.

Lähteet:

Dumont, M., Gascoin, S., Réveillet, M., Voisin, D., Tuzet, F., Arnaud, L., Bonnefoy, M., Bacardit Peñarroya, M., Carmagnola, C., Deguine, A., Diacre, A., Dürr, L., Evrard, O., Fontaine, F., Frankl, A., Fructus, M., Gandois, L., Gouttevin, I., Gherab, A., Hagenmüller, P., Hansson, S., Herbin, H., Josse, B., Jourdain, B., Lefevre, I., Le Roux, G., Libois, Q., Liger, L., Morin, S., Petitprez, D., Robledano, A., Schneebeli, M., Salze, P., Six, D., Thibert, E., Trachsel, J., Vernay, M., Viallon-Galinier, L., and Voiron, C.: Spatial variability of Saharan dust deposition revealed through a citizen science campaign, *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 3075–3094, <https://doi.org/10.5194/essd-15-3075-2023>, 2023.

Meinander, O., A. Alvarez, Piedehierro, R. Kouznetsov, L. Ron-tu, A. Welti, A. Kaakinen, E. Heikkinen, A. Laaksonen. Saharan dust transported and deposited in Finland on 23 February 2021. EGU General Assembly Conference Abstracts (2022), Article EGU22-4818, 10.5194/egusphere-egu22-4818, 2022a

Meinander, O., Dagsson-Waldhauserova, P., Amosov, P., Aseyeva, E., Atkins, C., Baklanov, A., Baldo, C., Barr, S. L., Barzycka, B., Benning, L. G., Cvetkovic, B., Enchilik, P., Frolov, D., Gassó, S., Kandler, K., Kasimov, N., Kavan, J., King, J., Koroleva, T., Krupskaya, V., Kulmala, M., Kusiak, M., Lappalainen, H. K., Laska, M., Lasne, J., Lewandowski, M., Luks, B., McQuaid, J. B., Moroni, B., Murray, B., Möhler, O., Nawrot, A., Nickovic, S., O'Neill, N. T., Pejjanovic, G., Popovicheva, O., Ranjbar, K., Romanias, M., Samonova, O., Sanchez-Marroquin, A., Schepanski, K., Semerkov, I., Sharapova, A., Shevnina, E., Shi, Z., Sofiev, M., Thevenet, F., Thorsteinsson, T., Timofeev, M., Umo, N. S., Uppstu, A., Urupina, D., Varga, G., Werner, T., Arnalds, O., and Vukovic Vimić, A.: Newly identified climatically and environmentally significant high-latitude dust sources, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 11889–11930, <https://doi.org/10.5194/acp-22-11889-2022>, 2022b.

Meinander, O., Kouznetsov, R., Uppstu A., Sofiev M., Kaakinen A., Salminen J., Rontu L., Welti A., Francis D., Piedehierro A.A., Heikkilä, P., Heikkinen E., Laaksonen A. African dust transport and deposition modelling verified through a citizen science campaign in Finland, *Sci.Rep.*, accepted, 2023.

Monteiro, Alexandra, Sara Basart, Stelios Kazadzis, Athanasios Votsis, Antonis Gkikas, Sophie Vandenbussche, Aurelio Tobias, Carla Gama, Carlos Pérez García-Pando, Enric Terradellas, George Notas, Nick Middleton, Jonilda Kushta, Vassilis Amiridis, Kostas Lagouvardos, Panagiotis Kosmopoulos, Vasiliki Kotroni, Maria Kanakidou, Nikos Mihalopoulos, Nikos Kalivitis, Pavla Dagsson-Waldhauserová, Hesham El-Askary, Klaus Sievers, T. Giannaros, Lucia Mona, Marcus Hirtl, Paul Skomorowski, Timo H. Virtanen, Theodoros Christoudias, Biagio Di Mauro, Serena Trippetta, Stanislav Kutuzov, Outi Meinander, Slobodan Nickovic, Multi-sectoral impact assessment of an extreme African dust episode in the Eastern Mediterranean in March 2018, *Science of The Total Environment*, Volume 843, 2022, 156861, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156861>, 2022.

Sofiev, M. et al. Construction of an Eulerian atmospheric dispersion model based on the advection algorithm of M. Galperin: dynamic cores v.4 and 5 of SILAM v.5.5. *Geoscientific Model Development*, 8, 3497–3522, 2015.

Varga G, Meinander O, Rostási Á, Dagsson-Waldhauserova P, Csávcics A, Gresina F. Saharan, Aral-Caspian and Middle East dust travels to Finland (1980-2022). *Environ Int.* 2023 Oct;180:108243. doi: 10.1016/j.envint.2023.108243. Epub 2023 Sep 29. PMID: 37804716.

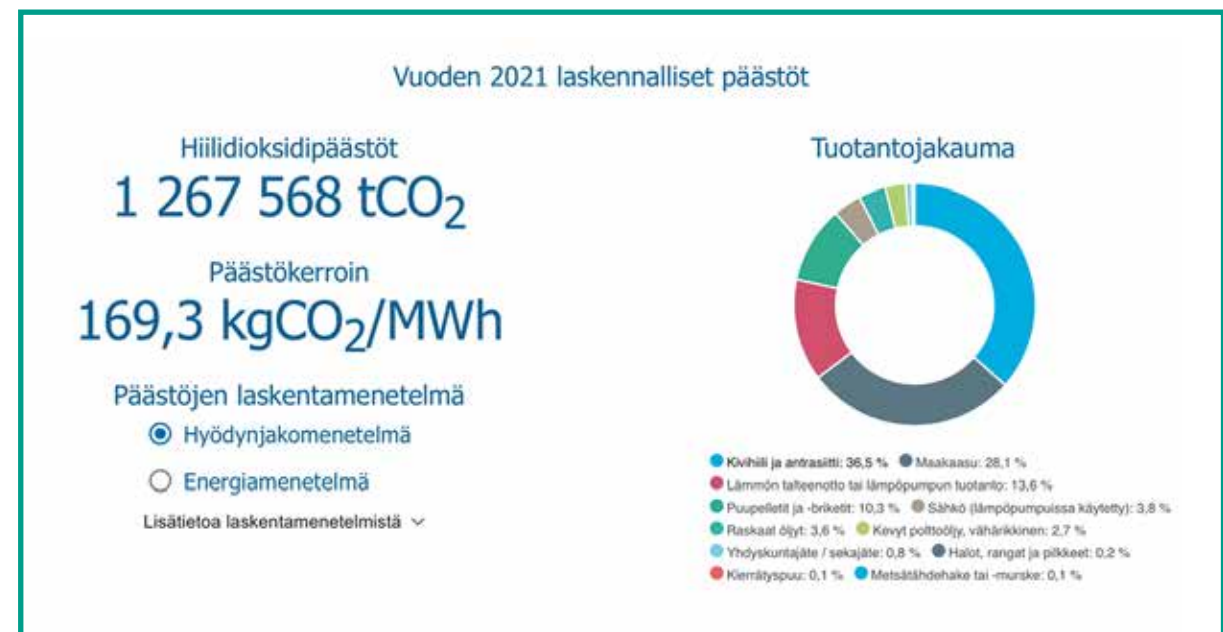


KUVA: TURKU ENERGIA

KAUKOLÄMMÖN PÄÄSTÖLASKURI

tekee näkyväksi tuotannon pienenevät hiilidioksidipäästöt

Kaukolämmön päästölaskuri on Paikallisvoima ry:n ja suomalaisten kaukolämpöyhtiöiden kehittämä laskuri, joka tarjoaa kaukolämpöasiakkaille sekä kaukolämmöstä kiinnostuneille toimijoille läpinäkyvää ja vertailukelpoista dataa kaukolämmön hiilidioksidipäästöistä. Päästölaskuri laskee ja esittää tarkasti ja yhdenmukaisesti kaukolämmön paikkakunta- ja kaukolämpöverkkokohtaiset hiilidioksidipäästöt. Laskurin käyttö on maksutonta, se toimii selainpohjaisesti eikä vaadi erillistä kirjautumista.



Esimerkki päästölaskurin tulossivun näkymästä. Laskurissa laskentamenetelmäksi voi valita hyödynjako- tai energiamenetelmän.

Anne-Mari Repola-Mäkinen, viestintäpäällikkö,
Turku Energia

Kaukolämmön päästölaskuri syntyi tarpeesta tuoda läpinäkyvästi ja vertailukelpoisesti oikea-aikaista ja sisältöistä dataa kaukolämpöverkkojen päästötiedoista eri käyttäjäryhmien käyttöön. Aiemmin käytössä olleet kaukolämmön keskimääräisiin päästöihin perustuneet laskurit antoivat kaukolämmölle samat päästöt polttoaineista riippumatta ja paikkakuntaakohtaisia kaukolämmön tuotantotapoja huomioimatta. Keskimääräiset päästöt olivat siis yksinkertaistettu kuvaus tilanteesta.

– Kaukolämmön tuotannon tuotantotavat ja polttoaineet vaihtelevat paikkakuntaakohtaisesti merkittävästi. Kaukolämmön päästölaskuri syntyi tarpeesta saada oikeaa dataa, oikea-aikaisesti ja helppokäyttöisesti saataville. Keskimääräisiin päästöihin perustuvat luvut eivät kertoneet oikeaa tilannetta, sanoo laskurin kehitysprojektista vastannut Jari Nykänen Paikallisvoima ry:stä.

Laskurissa on saatavilla viiden edeltävän vuoden päästötiedot sekä yhtiöiden kaukolämmön tuotantojakaumat. Lähtökohtana laskuriin syötettävillä tiedoilla on jäljitettävyyys ja valtakunnallisesti hyväksytty laskentaparametrit ja -tavat, joilla varmistetaan tiedon oikeellisuus ja vertailtavuus. Laskuriin syötetään tiedot Tilastokeskuksen virallisten ja standardoitujen määritelmien mukaisesti. Käytetyt polttoaineet saavat Tilastokeskuksen määrittämät polttoaineiden päästökertoimet. Mikäli energiayhtiön tuotantolaitos on mukana EU:n päästökaupassa, käytetään päästöluvan tarkkailusuunnitelmassa kuvattuja

mittausmenetelmiä, kuten analysoituja polttoaineiden päästökertoimia.

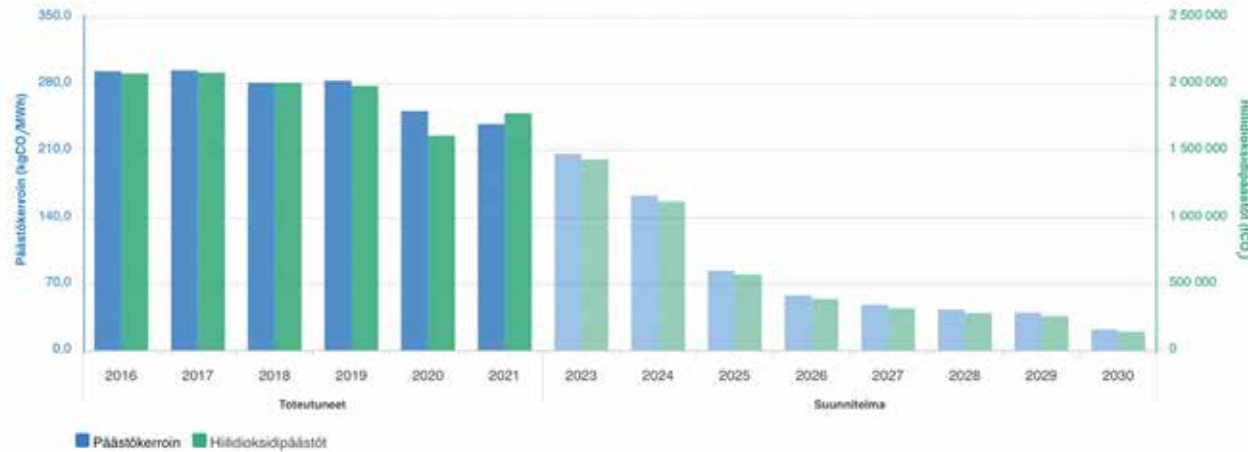
Tiedon syöttäjinä toimivat laskurissa mukana olevat energiayhtiöt. Laskuri mahdollistaa tietojen syöttämisen jopa viikkotasolla. Päästölaskuri kattaa noin 99 % koko maan kaukolämpötiedoista. Tarkempia kuukausitasoisia tietoja siihen syöttää jo yli 75 % kaikista Suomessa toimivista kaukolämpöyhtiöistä.

– Se, miten nopeasti laskuri on otettu eri tahojen käyttöön, kertoo, että se on todella kehitetty tarpeeseen. Laskurin myötä on saatu merkittävä parannus aikaisempaan tilanteeseen, jolloin käytettävissä saattoi olla parikin vuotta vanhaa tietoa. Tämä ei palvelut nopeasti kehittyvää kaukolämpöalaa. Kaukolämpö on paljon mainettaan parempi tuote, ja laskurin avulla haluamme lisätä ymmärrystä kaukolämmön ympäristöystävällisyydestä ja nopeasti laskevasta päästökertyksestä sekä kaukolämmön merkityksestä ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Aivan lähivuosina kaukolämmön päästökehitys painuu nollaan tai varsin lähelle sitä suuressa osassa maata, Nykänen jatkaa.

Laskurilla on monia käyttäjäkohderyhmiä: kaukolämmön loppukäyttäjät, asunto-osakeyhtiöiden päästösensitivistit, kiinteistöjen omistajat, institutionaaliset sijoittajat, viranomaiset, ministeriöiden edustajat, media ja päättäjät. Päästölaskuri on tullut käyttäjäryhmille tarpeeseen, sillä laskuria käytetään satoja kertoja päivittäin. Päästölaskurissa on julkisen internetsivun lisäksi avoimet rajapinnat hyödynnettäväksi esimerkiksi hiilijalanjälkilaskentaa tekeville palveluntarjoajille.

Käyttäjä voi päästölaskurissa helposti laskea oman kaukolämmön käyttönsä päästöt kiinteistökohtaisesti.

Päästötiedot 2016–2030



Päästölaskurista löytyy myös toteutuneet päästöt sekä päästöennuste.

Käyttäjä syöttää laskuriin toteutuneet kulutustietonsa, minkä jälkeen laskuri laskee viimeisen tilastovuoden mukaiset tulokset verkostohäviöt huomioiden. Mikäli kaukolämpölaskustakin selviävä vuosittainen kulutustieto ei ole käyttäjällä muistissa, voi oman kulutuksen päästön laskea syöttämällä päästölaskuriin tiedot asunnon pinta-alasta, talotyypistä ja rakennusvuodesta. Menetelmä on sama, jolla Motiva arvioi lämmön kulutusta kiinteistöissä. Laskurista saa oman kaukolämpöverkon päästötietojen lisäksi esimerkiksi vertailutiedon muihin yhtiöihin. Kaukolämpöasiakas voi sopia oman kaukolämpöyhtiönsä kanssa alkuperätkuilla varmennetun, uusiutuvan kaukolämmön käyttämisestä omassa taloudessaan. Uusiutuvan kaukolämmön varmentaminen alkuperätkuilla on asiakaskohtainen sopimus, joka ero-

aa hieman koko kaukolämpöverkon päästötiedoista.

Laskurin kehittäminen aloitettiin vuonna 2021 ja sen kehittämiseen meni noin puolitoista vuotta. Nyt laskurissa on mukana noin 50 kaukolämpöyhtiötä eri puolilta Suomea, pienistä suurimpiin. Mukana olevat yhtiöt myös toimivat laskurin rahoittajina. Päästölaskuria kehitetään sekä käyttäjäpalautteiden että mukana olevien yhtiöiden toiveista. Vuoden alussa laskuriin lisättiin tulevaisuusskenaariot-toiminnallisuus, jonka avulla kaukolämpöyhtiöt voivat kertoa samalla tilastollisella tasolla, kuinka yhtiöt aikovat siirtyä hiilineutraaliuteen.

Kaukolämpölaskuri löytyy osoitteesta:
<https://www.klpaastolaskuri.fi>

Päästölaskuri vastaa Turku Energian tarpeisiin

Vuonna 2022 Turku Energian kaukolämmön ominaispäästöt laskivat 14 prosenttia edellisvuoteen verrattuna haastavasta maailmantilanteesta huolimatta, ja uusiutuvilla energialähteillä tuotetun kaukolämmön osuus oli 78 prosenttia. Kaukolämmön tuotannon ssa valtakunnallisten keskiarvolastoja taakse piiloon. Tästä syntyi halu olla mukana kehittämässä kaukolämmön omaa päästölaskuria.

Turku Energia on jo kahden vuosikymmenen ajan edennyt kohti tavoitettaan olla myymänsä ja hankkimansa energian osalta hiilineutraali

vuoteen 2029 mennessä. Yhtiö on investoinut uusiutuvaa ja päästötöntä energiaa lisäävään tuotantoon omin laitoksiin ja osakkuusyhtiöidensä kautta. Investointien vaikutus seudulliseen päästökehitykseen on ollut merkittävä, sillä investoinneilla on korvattu fossiilisia polttoaineita, kuten kivihiiltä ja öljyä.

Turku Energian kaukolämpö lämmittää noin 200 000 turunseutulaista kotia Turussa, Naantalissa, Kaarinassa ja Raisiossa. Lämpö tuotetaan pääosin Turku Energian osakkuusyhtiön, Turun Seudun Energian-tuotanto Oy:n omistamissa tuotantoyksiköissä, Naantalissa voimalaitoksessa, Orikedon biolämpökeskuksesta ja Kakolan lämpöpumppulaitoksessa. Huippu-

kuorman aikana talvipakkasilla sekä perustuotantolaitosten häiriötilanteissa kaukolämpöä tuotetaan edellisten lisäksi Turku Energian Luolavuoren pellettilaitoksessa, Artukaisten höyrylämpölaitekeskuksessa ja öljykäyttöisissä lämpökeskuksissa. Kaukolämmön toimitusvarmuus on Turun seudulla huippuluokkaa, sillä asiakasta kohden laskettu keskeytysaika oli vuonna 2022 vain 36 minuuttia.

– Meillä Turussa on jo suurimmat investoinnit uusiutuvaan energiantuotantoon tehty, mutta matkaa täysin hiilineutraaliin tuotantoon on toki vielä. Tulevaisuuden ratkaisuna edistämme lämmöntuotannon hukkälämpöjen talteenottoa, sektori-integraation tuomia mahdollisuuksia, sähkökattilainvestointeja, kiinteistökohtaisia ratkaisuja kuten poistoilmalämpöpumppuja, lämmön varastointiratkaisuja ja fossiilisen öljyn korvaamista bioöljyllä. Tavoitteenamme on johdonmukaisesti vähentää myymämme ja tuottamamme kaukolämmön päästöjä toimitusvarmuudesta tinkimättä, sanoo Turku Energian lämpöyksikön johtaja **Jari Kuivanen**.

Investoinnit uusiutuvaan energiaan ovat myös mahdollistaneet laskevan päästökehityksen. Vuonna 2022 kaukolämmön ominaispäästöt Turun seudulla olivat 60 kgCO₂/MWh myytyä energiaa kohden ja vuoden 2023 aikana tavoitteena on päästä alle 50 kgCO₂/MWh. Turku Energian myymät jäähdytysratkaisut ovat päästöttömiä ja uusiutuvalla energial-

la hiilineutraalisti tuotettuja. Yhtiö tarjoaa asiakkailleen myös mahdollisuuden hankkia sataprosenttisesti uusiutuvilla energialähteillä tuotettua kaukolämpöä Ekotakuu-palvelullaan, joka varmistaa tuotannon alkuperän.

Päästölaskuri otettiin Turussa ilolla vastaan

Turku Energia oli alusta saakka mukana kehittämässä kaukolämmön päästölaskuria.

– Kaukolämpöyhtiön näkökulmasta päästölaskurin ehdoton etu on se, että saamme asiakkaillemme, medialle ja kaikille asiasta kiinnostuneille paikkakuntakohtaista läpinäkyvää ja vertailukelpoista tietoa kaukolämmön päästökehityksestä. Se toimii totta kai myös erinomaisena kaukolämmön myyntiä tukevana työkaluna, kun investointipäätöksiä tekevät päättäjät saavat todelliseen tilanteeseen perustuvaa dataa hyödynnettäväksi päätöksenteossa oman kiinteistönsä tarkkuudella, Kuivanen jatkaa.

Laskurin myötä kuntakohtaiset tiedot tulivat helposti saataville. Yhtiö päivittää oman verkkonsa osalta tiedot laskuriin aina edeltävän vuoden tietoihin perustuen, nyt laskurista on siis saatavilla vuoden 2022 tiedot.

Artikkelia varten on haastateltu Paikallisvoima ry:n edunvalvontapäällikköä Jari Nykästä sekä Turku Energian lämpöyksikön johtajaa Jari Kuivasta.



Turku Energian kaukolämmön tiekartta esittelee matkaa kohti hiilineutraalimpaa tuotantoa, eli siirtymää fossiilista uusiutuviin polttoaineisiin.



Ilmastopaneelin puheenjohtajan arvio: Miltä näyttää uuden hallituksen ilmastotyö?

Markku Ollikainen, emeritusprofessori, Helsingin yliopisto,
Ilmastopaneelin puheenjohtaja

Petteri Orpon hallitusohjelman ilmastollisesti perustavin linjaus on, että hallituspuolueet sitoutuvat Suomen vuoden 2030 ilmastotavoitteisiin ja hiilineutraaliustavoitteeseen. Ohjelmaan kirjattujen ilmastotoimien osalta nojataan erityisesti vihreän siirtymän edistämiseen. Siihen liittyvä kirjaus suurten pistemäisten kuormittajien hiilidioksidipäästöjen lopettamisesta vuoteen 2035 mennessä on uusi ja varsin radikaali. Hiilidioksidin talteenotolla ja pysyvällä varastoinnilla Suomi tuottaa negatiivisia päästöjä hiilineutraaliustavoitteen turvaamiseksi ja korvaa fossiilisia polttoaineita polttoaineiden hiilidioksidin uudelleenkäytöllä. Huomion arvoinen on linjaus, että hallitusohjelman mukaan hallitus ei kasvata ilmastopolitiikan päätöksin arjen kustannuksia. Hallituksen toimintaa kasvihuonekaasupäästöjen ja osin hiukkaspäästöjenkin osalta voidaan arvioida hieman konkreettisemmin, kun tueksi otetaan vuoden 2024 talousarvio ja julkisen talouden suunnitelma.

Vihreä siirtymä ja energiamurros etenee

Vihreän siirtymän tavoitteena on rakentaa Suomesta fossiilivapaa, kilpailukykyinen yhteiskunta, joka samalla suojelee ja vahvistaa luontoperustaansa; luonnon monimuotoisuutta. Vihreä siirtymä nojaa energiamurrokseen, jossa fossiilisten polttoaineiden käyttö energiasektorilla korvataan puhtaalla energialla. Runsas päästötön energia mahdollistaa fossiilisten polttoaineiden korvaamisen myös teollisissa prosesseissa: ensi vaiheessa sähköllä ja sitten vetytalouden ratkaisuilla. Julkisen talouden suunnitelma nostaa esiin mahdollisuuden, että vihreän siirtymän investoinnit voisivat jopa nostaa kansantalouden kasvun perusuraa korkeammalle uralle.

Hallitusohjelman mukaisesti budjettipäätökset sekä hallituksen kertaluontoinen investointiohjelma (4 mrd €) ohjaavat rahoitusta uusituvan energian taloudellisiin avustuksiin, hankkeiden luvituksen edistämiseen ja puhtaasti siirtymän investointeihin. Rahoitusta ohjataan myös hiilidioksidipäästöjen talteenoton, hyödyntämisen ja varastoinnin edistämiseen. Suomella on käytössään myös kertaluonteista rahoitusta EU:n palautumis- ja elpymisvälineestä ja REPowerEU-ohjelmasta. Rahoitus on merkittävä ja vie kehitystä päästöjen vähentämisen ja vetytalouden edistämisen suhteen oikeaan suuntaan.

Energiaverotusta sekä liikennettä ja lämmitystä koskevat linjaukset tuovat takapakkia

Valitettavasti energiaverotus ohjaa kehitystä samaan aikaan ilmastollisesti ja lähipäästöjen osalta väärään suuntaan. Esimerkiksi käyvät turpeen alempi verokanta ja verottoman käytön yläraja, sekä turvetta ja biomassoja polttavien CHP-laitosten verotuki. Myös puupohjaisten polttoaineiden verottomuus ja jätteenpolton verottomuus ovat ilmastoon kannalta ongelmallisia verotukia. Nämä verorakenteet periytyvät edelliseltä hallitukselta. Hallitus on myös linjannut liikenteen polttoaineiden verotuksen laskusta. Lopputuloksena hallitus itsekin arvioi, että energiaverotuksen päästöohjausvaikutus laskee budjettipäätösten myötä. Tähän arvioon voi hyvin yhtyä.

Fossiilisia päästöjä syntyy energian tuotannon ohella fossiilisten polttoaineiden käytöstä liikenteessä ja lämmityksessä. Liikenteen päästöjen vähentyminen on hidastunut meillä huomattavasti jo Sanna Marinin hallituksen aikana. Uudessa talousarviossa on useita linjauksia, jotka hidastavat edelleen päästövähennyksiä. Kaikkein haitallisimpia ovat jakeluvalvoitteen noston jarruttaminen ja polttoaineiden valmisteveron alennus sekä ilmastoperusteisten joukkoliikennetukien poisto. Reiluiden nimissä todettakoon, että jakeluvalvoitetta laski alun perin Marinin hallitus, joka ohjasi päätöksen päästöjen kasvua kompensoivasta jakeluvalvoitteen merkittävästä nostosta (13 prosentista 28 prosenttiin) vuodelle 2023, eli nykyiselle hallitukselle ja vältti täten autoilijoiden kriittiset reaktiot. Asuntojen lämmityksen osalta hallitus poistaa tuet yksityisten ja kuntien asuntojen öljy- ja kaasulämmitystaparemonteista, mikä hidastaa erityisesti lämmitysöljystä luopumista.

EU:n ilmastopolitiikka antaa kansalliselle politiikalle reunaehdot

Kun arvioidaan lähemmin hallituksen toimien vaikutusta päästöihin, on syytä selvittää, kuinka vastuu päästövähennyksistä ohjautuu EU:ssa. Päästökauppa on koko EU:n laajuinen markkina, jonka päästökattoa säätelee EU. Päästökauppaan kuuluvat suuret teollisuus- ja energiantuotantolaitokset. Päästökaupan ulkopuoliset fossiiliset päästöt luetaan ns. taakanjakosektoriin. Taakanjakosektoriin kuuluvat siten esimerkiksi liikenteen ja rakennusten erillislämmityksen päästöt. Tälle sektorille EU:ssa on yhteisesti sovittu jokaiselle jäsenvaltiolle oma päästövähennystavoite ja vuotuiset päästökiintiöt, joilla ohjataan jäsenmaita vähentämään päästöjään lineaarisesti laskevan uran mukaan. Jäsenvaltiot ovat vapaat valitsemaan ohjauskeinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Kolmas politiikan pilari on maankäyttösektori,

joka kattaa karkeasti ilmaistuna metsänielun ja maaperäpäästöt sekä maankäytön muutoksesta aiheutuvat nettopäästöt. Myös niille asetetaan jäsenvaltiokohtaiset tavoitteet.

EU:n päästökauppa vähentää päästöjä tehokkaasti. Suomen päästökaupparektorin yritysten päästöt olivat 19 miljoonaa tonnia (Mt) vuonna 2022. Hallituksen toimet vihreän siirtymän edistämiseksi vähentävät päästöjä pääasiassa juuri tällä sektorilla. Ilmastopaneeli on aiemmin arvioinut, että päästökaupparektorin päästöt laskevat noin 5 miljoonaan tonniin vuonna 2035. Mikäli hallituksen toimet hiilidioksidin talteenoton, hyödyntämisen ja varastoinnin osalta onnistuvat ja teknologia edistyy nopeasti, päästöt voivat olla jopa nolla tai negatiiviset.

Hallituksen toimet hidastava päästövähennyksiä taakanjakosektorilla

Vuonna 2022 taakanjakosektorin päästöt olivat 27 Mt ja vuoden 2030 päästövähennystavoite on 17,2 Mt (50 % vähennys vuoden 2005 päästöihin). Suurimmat kuormittajat taakanjakosektorilla ovat liikenne (9,8 Mt), maatalous (6,3 Mt), rakennusten erillislämmitys ja työkoneet (4,8 Mt). Orpon hallituksen liikennettä koskevat päätökset kasvattavat päästöjä suhteessa keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaan. Jakeluvalvoitteen noston jarruttaminen yksinään lisää liikenteen päästöjä kumulatiivisesti 4–5 Mt vuoteen 2030 mennessä ja tavoite puolittaa liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä vaarantuu. Lämmitystaparemonttitukien poisto hidastaa päästövähennyksiä vuosittain vähintään 0,1 Mt ja kumulatiivisesti vajeat miljoona tonnia. Liikenne ja lämmitys ovat myös hiukkaspäästölähteitä, joten päätökset kasvattavat myös hiukkaspäästöjä, joskin lievästi.

Alustava arvio päästökehityksestä voisi olla, että mikäli budjettipäätösten linja jatkuu ja hallitus nostaa jakeluvalvoitetta vuodesta 2025 alkaen asteittain 3 % vuodessa hallitusohjelman mukaisesti, taakanjakosektorin päästöt jäävät vuonna 2030 noin 3 Mt asetettua EU-tavoitetta korkeammalle tasolle. On vaikea enustaa, kuinka hyvin Suomi pysyy kumulatiivisia päästöjä säätelevien vuotuisten päästökiintiöiden puitteissa. Ilmastopaneelin alustava arvio on, että Suomen kumulatiiviset päästöt ylittävät vuotuisina päästökiintiöinä jaettavan päästökaton noin 5 miljoonalla tonnilla. Täten seuraava, vuoden 2027 vaalien jälkeen muodostettava hallitus saa haasteen kiristää päästöjä alaspäin suhteellisen nopeassa aikataulussa kummankin tavoitteen saavuttamiseksi. Vuoden 2030 tavoitteen saavuttamista auttaisi, jos sähköautot murtautuisivat pian markkinaehtoisesti läpi massamitassa.

Toimia riittämättömästi maankäyttösektorin nettonielun vahvistamiseen

Maankäyttösektorin nettonielu oli vuonna 2022 vain –1 Mt, kun vuoden 2030 tavoite on merkittävästi suurempi. Inventaariolaskennan uudet päivitykset pienentävät Suomelle ehdotettua alustavaa nielutavoitetta (–17,8 Mt) ja epävarmuus lopullisesta 2030 tavoitteesta on vielä suuri. Hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseksi Suomi tarvitsee nielua joka tapauksessa noin –18 Mt. Kansalliseen nielutavoitteeseen voidaan lukea sekä maankäyttösektorin nettonielu että negatiiviset päästöt biogeenisestä hiilestä, jota saadaan esimerkiksi biomassan poltosta ja sellutehtaiden piipuista.

Hallitusohjelma nojaa maankäyttösektorin nettonielun osalta metsien kasvun voimistamiseen. Budjetista poistetaan edellisen hallituksen päätös tukea kosteikkoviljelyä ja joutomaiden metsitystä, jotka kumpikin olisivat tehokkaita ilmastotoimia. Muita tehokkaita toimia maaperäpäästöjen vähentämiseksi ei ole tarjottu. Poliitiikan puuttuessa nettonielun kehitystä säänte-

lee hakkuiden markkinaehtoinen muutos. Lähinäkyä on suhdannetaantuma metsäteollisuudessa, mikä vähentää puun kysyntää ja hakkuita. Hakkuiden lasku kasvattaa välittömästi vuotuista metsänielua. Kun taantumasta nousee ja hakkuut kasvavat, nielu jälleen pienenee. On siis todettava, että samoin kuin Marinin hallitus, myös Orpon hallitus on nyt linjatuilla toimilla jokseenkin aseeton nielutavoitteen saavuttamisen suhteen. Halutessaan hallituksella olisi kuitenkin käytettävissä lukuisia keinoja nettonielun kasvattamiseksi. Kuten ilmastopaneeli on korostanut: lopetetaan metsäkato, siirrytään suometsissä jatkuvaan kasvatukseen maaperäpäästöjen vähentämiseksi, vetetään entiset turpeenottoalueet, edistetään kosteikkoviljelyä turvepelloilla, lisätään hiiliviljelyä, voimistetaan metsän kasvua, ja tarvittaessa hillitään hakkuita erilaisin kannustimin.

Loppuarvio

Hallitusohjelmassa ja talousarvion linjauksissa on sekä ilmastotoimia hidastavia että jouduttavia elementtejä ja uusia avauksia. Hidastavat toimet kohdistuvat taakanjako- ja maankäyttösektoreille, joissa Suomella on sitovat EU-tavoitteet vuodelle 2030. Ilmastotoimia edistävät toimet kohdistuvat pääasiassa päästökaupparektorille. Energiamurroksen ja vihreän siirtymän investointien edistäminen vähentää päästöjä lähinnä päästökaupparektorilla, jossa investoinnit pois fossiilista polttoaineista ja vetytalouden investoinnit ovat markkinaehtoisesti kannattavia. Hallitusohjelman jokerikortti on tekniset nielut, eli hiilidioksidin talteenotto, käyttö ja varastointi. Mikäli niiden tuottaminen edistyy nopeasti, se auttaa kaikkien fossiilipäästöjä koskevien tavoitteiden saavuttamista jo 2030-luvulla. Suomen välittömin haaste on EU:ssa yhteisesti sovittujen 2030 tavoitteiden saavuttaminen. Se on tärkeä etappi matkalla hiilineutraaliuteen ja siihen tarvitaan vielä lisätoimia.



ILMANSUOJELUYHDISTYS MYÖNTÄÄ
VUOSITTAIN STIPENDEJÄ ANSIOITUNEIDEN
OPINNÄYTETÖIDEN TEKIJÖILLE.



Ikääntyneen aerosolin ja mustan hiilen päästöt maakaasukäyttöisen työkonemoottorin prototyypistä erilaisissa ajotilanteissa

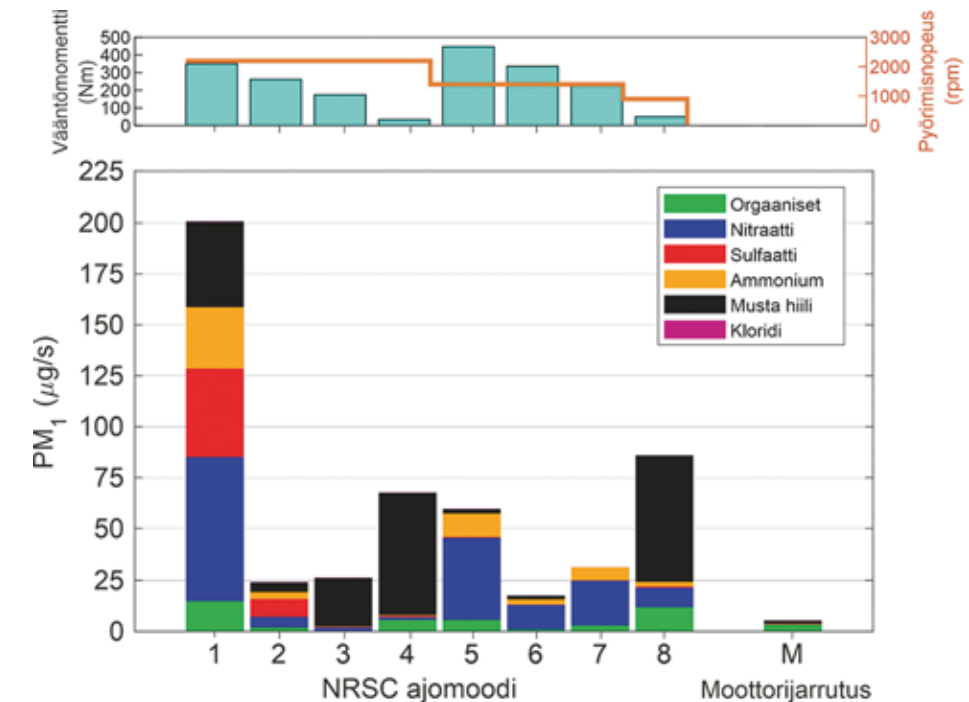
Nettopäästöttömässä tulevaisuudessa liikkuvat työkoneet saavat voimansa eri lähteistä kuin nykyään. Dieseltraktoreita voidaan suhteellisen pienillä muutoksilla saada käymään kaasulla. Polttoaine, voiteluöljy, ajotilanteet ja hiukkasten ikääntyminen ilmakehässä kaikki vaikuttavat iukkaspäästöjen määrään ja kemialliseen koostumukseen.

Petteri Marjanen, väitöskirjatutkija, Tampereen yliopisto

Liikkuvat työkoneet kuten traktorit tuottavat pakokaasupäästöjä, joita on vähennetty asteittain tiukennettavien päästörajojen velvoittamina. Edistyneet pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmät hapettavat ja pelkistävät haitallisia kaasumaisia yhdisteitä sekä suodattavat hiukkasia. Päästöjä voidaan myös vähentää muuttamalla polttoaineen ja voiteluöljyn kemiallista koostumusta. Hiukkasten massaa ja hiukkasten lukumäärää halutaan rajoittaa, koska hiukkasille altistuminen aiheuttaa ennenaikaisia kuolemia

sekä esimerkiksi verenkiertoon, hengitysteihin ja keuhkoihin liittyviä sairauksia. Hiukkaset vaikuttavat myös ilmastoon lämpenemiseen heijastamalla tai absorboimalla auringon säteilyä. Hiukkasten terveys- ja ilmastovaikutukset riippuvat hiukkaskoon lisäksi niiden kemiallisesta koostumuksesta.

Hiukkasten kemiallisen koostumuksen mittausta korkealla aikaresoluutiolla on lisäantynyt sen jälkeen, kun aerosolimassaspektrometri kehitettiin 2000-luvun alussa. Aerosolimassaspektrometri imee jatku-



Kuva 1. Ikääntyneiden hiukkaspäästöjen kemiallinen koostumus NRSC-testisyklin kahdeksan eri ajomoodin ja moottorijarrutuksen ajalta.

vasti näytettä, jossa olevat hiukkaset se höyrystää, ionisoi ja tunnistaa ionien lentoajan perusteella. Korkean aikaresoluution avulla nähtiin tässä diplomityössä esimerkiksi se, kuinka erilaisissa ajotilanteissa päästöjen kemiallinen koostumus ja sen perusteella päästöjen lähteetkin vaihtelivat. Polttomoottorin pakokaasun hiukkaset voivat olla peräisin palamiseen syötetystä polttoaineesta, voiteluöljystä, palamisilmasta tai moottorin osien kulumisesta.

Kaasumoottorin hiukkasten kemiallisen koostumuksen tutkiminen on erityistä, koska pääosin metaanista koostuva maakaasu ja pitkistä hiilivedyistä koostuva voiteluaine ovat koostumukseltaan hyvin erilaisia, joten niiden osuudet hiukkasten lähteinä pystytään suuremmalla luottamuksella erottelemaan. Vaikka maakaasu, joka on pääosin metaania, voi muodostaa palaessaan radikaalien ketjureaktioiden kautta monenlaisia tuotteita, tästä moottorista vastasyntyneet hiukkaset olivat koostumuksen perusteella enimmäkseen peräisin voiteluaineesta, joka oli päässyt moottorin läpi palamattomana tai joka oli osittain palanut. Voiteluöljyä joutuu mukaan palamiseen useilla mekanismeilla, joista kolme tärkeintä ovat kulkeutuminen männän tiivisterenkaiden ohi, haihtuminen sylinterin seiniltä ja kulkeutuminen huohottimen kautta palamiseen syötettävään ilmaan.

Hiukkasten elinikä ilmakehässä vaihtelee minuuteista viikkoihin, jonka aikana ne voivat kokea monenlaisia fyysikaalisia ja kemiallisia muutoksia. Hiukkaset voivat kokea hajoitusta eli yhdistyä, jäädä kiinni pinnoille, huuhtoutua pois sateiden mukana, menettää massaa haihtumalla tai kerätä massaa, kun kaasumaiset yhdisteet tiivistyvät

niiden pinnalle. Ne voivat kulua valokemiallisissa reaktioissa auringon valon ansiosta tai hiukkasten sisällä orgaaniset ja suoloja sisältävät aineet voivat erottua omiksi faaseikseen. Alun perin kaasumaiset yhdisteet voivat hapettua helpommin tiivistyviksi, hapettajat voivat kulkeutua hiukkasiin ja reaktioita voi tapahtua hiukkasten sisällä tai pinnoilla.

Diplomityön toteutus ja tavoitteet

Tässä työssä aerosolin ikääntymistä simuloitiin läpivirtausreaktorissa, jossa hiukkaset altistettiin suurelle määrälle hapettimia ja UV-säteilyä. Reaktorin kovissa olosuhteissa yhdeksää päivää vastaava ikääntyminen kesti noin 40 sekuntia. Ikääntynyttä aerosolia mitattaessa ollaan kiinnostuneita siitä, kuinka paljon hiukkasmassaa enintään voi syntyä niistä yhdisteistä, jotka pakokaasussa alkujaan on. Esimerkiksi palamisilman tyydestäkin voi pakokaasujen jälkikäsittelyjärjestelmässä ja ilmakehässä tapahtuvien reaktioiden kautta syntyä ammoniumnitraattia, jota ei tuoreessa aerosolissa havaita, mutta se on silti moottorista tullut päästö.

Tutkimusmoottorin suunnittelun tavoitteena oli muuttaa dieselmoottori mahdollisimman vähin muutoksien käymään maakaasulla. Tämä saavutetaan esimerkiksi lisäämällä imusarjaan suutin maakaasulle, jolloin maakaasu ja palamisilma kulkevat esisekoitettuna sylinteriin. Sylinterissä seos voidaan sytyttää joko sytytystulpalla (asennettu dieselsuuttimen tilalle), kuten tämän tutkimuksen moottorissa, tai ruiskuttamalla pieni määrä nestemäistä polttoainetta kaasun sytykkeeksi. Sytytystulpalla toimivan

	Musta hiili (mg/kWh)
NRSC tämä työ	1,76 ± 0,56
NRTC tämä työ	3,09
Vertailutulos todellisesta transienttijaosta samankaltaisella dieselmoottorilla (Martikainen et al. 2020)	4,44 ± 1,71

Taulukko 1. Mustan hiilen päästökertoimia tämän työn moottorista NRSC- ja NRTC-testisyklien ajalta ja vertailua varten mittaustulos samankaltaisesta dieselmoottorista.

kaasumoottorin etuna on mahdollisuus käyttää pakokaasujen jälkikäsitteilyjärjestelmänä verrattain yksinkertaista kolmitiekatalysaattoria. Traktoreita on muunnettu kaasulla käyviksi näillä tavoilla, jolloin lisäksi on asennettu kaasusäiliöt traktorin ulkopuolelle esimerkiksi katolle tai eteen. Jo maakaasun käyttö voi vähentää hiilidioksidipäästöjä nestemäiseen polttoaineeseen verrattuna, mutta biokaasun käyttö tarjoaa edelleen mahdollisuuksia omavaraiseen ja hiilineutraaliin polttoaineen tuotantoon.

Diplomityössä vastataan kysymyksiin: kuinka paljon maakaasumoottori voi tuottaa ikääntynyttä hiukkasmassaa erilaisissa ajotilanteissa, mikä on hiukkasten kemiallinen koostumus, sekä mistä hiukkaset ovat peräisin ja kuinka hiukkaspäästöjä voitaisiin vähentää.

Tuloksia

Diplomityön tutkimuksessa testipenkissä olevala moottorilla ajettiin kahta testisykliä: tasaista ajoa (non-road steady cycle, NRSC) ja nopeasti muuttuvaa ajoa (non-road transient cycle, NRTC). Mustalle hiilelle laskettiin päästökertoimet, jotta päästiin vertailemaan tasaista ja muuttuvaa ajoa keskenään ja pohtimaan kuinka päästöt vertautuvat samankaltaiseen dieselmoottoriin (taulukko 1). Mustaa hiiltä syntyi NRSC-syklissä 1,8 mg/kWh ja NRTC-syklissä 3,2 mg/kWh.

Tasaisessa ajossa siis syntyi vähemmän mustaa hiiltä kuin muuttuvassa ajossa. Samankaltainen työko- neen dieselmoottori on tuottanut muuttuvassa ajossa 4,44 ± 1,71 mg/kWh (Martikainen et al. 2020), joka ei paljoakaan eroa tässä työssä tutkitun kaasumoottorin mustan hiilen päästöistä.

On syytä korostaa, että tutkittu moottori oli prototyyppi. Aiemmissa tutkimuksissa kaasumoottoreilla mustan hiilen osuus hiukkasmassasta on ollut esimerkiksi < 1 % (Alanen et al. 2017) ja 8 % (Lv et al. 2023). Tästä voidaan päätellä, että tätä prototyyppimoottoria pitäisi vielä kehittää. Hiukkasten kemiallinen koostumus vaihtelee erilaisissa ajotilanteissa, koska palamiseen osallistuvien yhdisteiden määrät ja palamisen olosuhteet vaihtelevat. Tuloksia NRSC-testisyklin ajalta on esitetty kuvassa 1.

Korkeimmalla pyörimisnopeudella ja korkeimmalla vääntömomentilla ikääntynyttä hiukkasmassaa syntyi 200 µg/s ja hiukkasista löytyi järjestyksessä suurimmasta pienimpään nitraatteja, sulfaatteja, mustaa

hiiltä, ammoniumia ja orgaanista ainesta. Sulfaatit olivat todennäköisesti peräisin voiteluöljyistä ja niiden muodostumisen mahdollisti korkea lämpötila. Matalan vääntömomentin ajossa ei havaittu sulfaatteja eikä suurta osuutta nitraatteja, vaan jopa 72–91 % mustaa hiiltä. Suuri mustan hiilen määrä matalan vääntömomentin pisteissä kertoo, että palaminen on ollut epätäydellistä. Täydellisintä palaminen oli keskinopeuden ja -kuormituksen ajossa, jolloin hiukkasmassaa syntyi 32 µg/s, mustaa hiiltä ei syntynyt lainkaan mutta palamisilman tyypestä muodostui nitraatteja ja ammoniumia.

NRTC-syklissä havaittiin, että kesti noin kaksi minuuttia ennen kuin kolmitiekatalysaattori lämpeni sopivalle toiminta-alueelle. Tämän jälkeen päästöis- sä havaittiin ilmeisesti katalysaattorista vapautuvien prekursorien takia 1100 µg/s suuruinen huippu, joka koostui pääosin nitraatista ja ammoniumista. Kylmäkäynnistyksessä havaittiin orgaanisesta ja mustasta hiilestä koostuva 570 µg/s päästö, kun samalla kohtaa kuumakäynnistyksessä päästö oli yli puolet vähemmän 208 µg/s. Tulosten perusteella voisi olla eduksi, jos tehon muutokset voitaisiin hoitaa esimerkiksi sähkömoottorilla ja polttomoottoria voitaisiin ajaa koko ajan tasaisesti. Tämän tasaisen ajon pyörimisnopeus ja vääntömomentti voitaisiin valita siten, että haitalliset päästöt olisivat mahdollisimman pieniä.

Kun olemassa olevia moottoreita muunnetaan kaasukäyttöisiksi, niiden on täytettävä muutoskatsastuk- sen yhteydessä päästömittauksen raja-arvot. Hiljaitain viime syyskuussa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom antoi uuden määräyksen, jolla helpotettiin jo käytössä olevien traktoreiden siirtymistä vaihtoehtoi- siin käyttövoimiin (Traktorin käyttövoiman muut- taminen 2023). Uusien helpotusten myötä nähdään toivottavasti monipuolisia muutoksia olemassa ole- ven traktoreiden käyttövoimassa ja sitä myötä vähen- nyksiä sekä kaasu- että hiukkaspäästöissä.

Diplomityö tehtiin Tampereen yliopistossa, ympäristö- ja energiatekniikan tutkinto-ohjelmassa. Työ tehtiin osana BC Footprint -hanketta (530/31/2019 ja 528/31/2019) jota rahoitti Business Finland ja projektiin osallistuvat yrityk- set. Kiitos myös Suomen akatemian lippulaivarahoituk- selle (337551 ja 337552) sekä Suomen Akatemian projektin Effi rahoitukselle (322120).

English summary

Aged aerosol and black carbon emissions from a prototype non-road natural gas engine in various driving conditions

Non-road mobile machinery such as agricultural tractors produce exhaust emissions that have ad- verse impacts on human health and the climate. In a net zero emissions future also tractors will utilize different sources of power than fossil fuels. A trac- tor can be modified to run on natural or biogas by adding a gas nozzle to the intake manifold and ei- ther replacing the diesel nozzle with a spark plug or using a small amount of diesel as a pilot fuel.

We sampled aerosol from a spark-ignited com- pressed natural gas engine and simulated atmos- pheric aging in an oxidation flow reactor to re- search the chemical composition of aged aerosol. We saw high black carbon emissions during low- torque driving indicating poor combustion. On the contrast we saw no black carbon during me- dium speed medium torque driving, instead the aerosol composition was dominated by nitrate and ammonium originated from nitrogen in the com- bustion air. Less black carbon was emitted during a steady driving cycle than transient driving cycle 1.8 and 3.2 mg/kWh, respectively.

Thesis was written in Tampere University, master's degree programme in environmental and energy en- gineering, by doctoral researcher Petteri Marjanen.

Lähteet:

Alanen J, Simonen P, Saarikoski S, Timonen H, Kangasniemi O, Saukko E, Hillamo R, Lehtoran- ta K, Murtonen T, Vesala H, Keskinen J, Rönkkö T. Comparison of primary and secondary par- ticle formation from natural gas engine exhaust and of their volatility characteristics. Atmos Chem Phys. 2017 Jul 18;17(14):8739–55. <https://doi.org/10.5194/acp-17-8739-2017>

Lv Z, Wu L, Yang Z, Yang L, Fang T, Mao H. Com- parison on real-world driving emission cha- racteristics of CNG, LNG and Hybrid-CNG bu- ses. Energy. 2023;262(PB):125571. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125571>

Martikainen S, Karjalainen P, Rönkkö T, Järvinen A, Kalliokoski J, Keskinen J, et al. Characteriza- tion of Physical and Chemical Properties of Par- ticulate Emissions of a Modern Diesel-Powe- red Tractor under Real Driving Conditions. SAE Technical Papers. 2020 Sep 15;(2020). <https://doi.org/10.4271/2020-01-2204>

Tieliikenne: Traktorin käyttövoiman muuttaminen, TRAFICOM/285315/03.04.03.00/2022, 2023, Saatavissa (Viitattu 26.10.2023): <https://www.fin- lex.fi/fi/viranomaiset/normi/454001/49620>

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

www.hnunordion.fi

hnu[®] 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

VALOKEILASSA

Sarjassa haastattelemme ilmansuojelualalla toimivia ihmisiä heidän urastaan ja ajatuksistaan ilmansuojelun ja ilmastotyön tulevaisuudesta.

Hannele Korhonen

Työskenteletkö ilmansuojelun, ilmastokysymysten vai molempien parissa?

Johdan Ilmatieteen laitoksella Ilmastontutkimusohjelmaa, jossa tehdään sekä ilmanlaatuun että ilmastoon liittyvää tutkimusta ja palveluja. Omalla tutkijanurallani olen erikoistunut ilmakehän pienhiukkasiin, joilla myös on liittymäpintaa sekä ilmansuojeluun että ilmastokysymyksiin. Tieteelliset julkaisuni ovatkin käsitelleet molempia teemoja, mutta kyllä substanssiosaamiseni on kuitenkin selvästi vahvempi ilmastasioissa.

Kuinka kauan olet työskennellyt alalla?

Jo lähes neljännesvuosisadan, sillä aloitin ilmakehän pienhiukkasten mallintamista käsittelevän graduni tekemisen Helsingin yliopistossa vuonna 2000. Toimin päätoimisena tutkijana seuraavat 12 vuotta useissa kotimaisissa ja ulkomaissa organisaatioissa. Sen jälkeen esihenkilötehtävät ovat vieneet minua asteittain kauemmas niin sanotusta kädet savessa -tutkimustyöstä ja olenkin keskittynyt yhä enemmän tutkimushankkeiden koordinoointiin sekä laajemminkin ilmasto- ja ilmanlaatatutkimuksen edellytysten edistämiseen. Nykyiseen rooliini kuuluu myös paljon ilmastoviestintää niin mediassa kuin sidosryhmien parissa. Viimeiset neljä vuotta olen lisäksi ollut jäsenenä Suomen ilmastopaneelissa. Luonnontieteen tutkijalle tieteen ja politiikan rajapinnalla toimiminen on ollut erittäin opettavaista ja silmiä avaavaa.

Mitkä ovat olleet merkittävimmät murroskohdat ilmastonsuojelussa oman urasi aikana?

Julkisessa ilmastokeskustelussa IPCC:n 1,5 asteen erikoisraportti vuonna 2018 oli selkeä murroskohta. Siinä missä urani alkuaikoina ilmastomuutoksen etenemisestä ja sen seurauksista puhumiseen saatettiin suhtautua jopa hieman alentuvan huvittuneesti, 1,5 asteen raportin jälkeen yleinen asenneilmapiiri muuttui radikaalisti. Raportin myötä niin kansalaisten, yritysten kuin poliittisten toimijoiden ilmastotietoisuus ja toisaalta ilmastotiedon tarve suorastaan räjähtivät. Oli ihmeellistä ja hämmäntävääkin nähdä, kuinka ilmasto nousi keskiöön poliittisessa keskustelussa ja sen myötä yhdeksi seuraavan kevään eduskuntavaalien tärkeimmistä teemoista – tähän eivät tutkijoiden tuottama tieto ja synkkenevät varoitukset vuosikymmenien ajalta olleet aiemmin pystyneet. Iloitsen myös siitä, kuinka keskeiset suomalaiset yritykset ovat viime vuosina ottaneet ilmasto- ja laajemminkin kestävyyskysymykset omalle agendalleen.

Oman tutkimusalanani murroskohtia on sen sijaan

vaikeampi eritellä, sillä tiedehän kehittyy koko ajan ja yleensä melko hitaasti pikemminkin kuin harpauksin. On kuitenkin selvää, että teknologinen kehitys on mullistanut ilmakehätutkimusta valtavasti oman urani aikana. Massaspektroskopia on paljastanut ilmakehän pienimpien hiukkasten syntymekanismeja ja toisaalta satelliittihavainnot aiemmin raportoimattomia kasvihuonekaasujen päästölähteitä globaalilla tasolla. Suurteholaskennan kyvykkyyden kasvun ansiosta pystymme nykyisin tekemään ilmastomalliajoja Skandinavian alueelle muutaman kilometrin erotuskyvyllä; muutaman vuoden päästä tämä voi olla mahdollista jo globaalilla tasolla. Odotan innolla, miten esimerkiksi koneoppiminen tai vaikkapa kvanttilaskenta muuttavat ilmakehämallinnusta seuraavan vuosikymmenen aikana.

Mitkä ovat olleet viimeisimpiä työtehtäviäsi tai projektejasi?

Tutkimusohjelman johtajana työkönttäni on hyvin monipuolinen ja usein melko silppuinen. Viimeisen parin viikon aikana kalenterissani on ollut poikkeuksellisen paljon sidosryhmätyötä ja edustamista, mutta myös tutkimuksen laskenta- ja mittausrakenteiden tulevaisuuden pohdintaa, väitöskirjaansa viimeistelevän jatko-opiskelijan tsemppaamista, työsuojelutarkastukseen valmistautumista sekä tutkimusohjelman strategista ja resurssoinnin suunnittelua. Vaikka rakastin olla tutkija – se oli haaveeni teini-ikästä saakka – viihdyn myös erittäin hyvin tieteellistä työtä enemmän ylävinkkelistä katsovassa ja tukevassa roolissani.

Mitä näet suurimpina tulevinä trendeinä ja haasteina ilmastoalalla?

Ilmastomuutoksen torjunnan keskeinen haaste on ajaa päästöt alas nopeasti reilulla tavalla siten, että niin kansallisella kuin globaalilla tasolla erityisesti haavoittuvimmassa asemassa olevat pystytään pitämään muutoksessa mukana. Olen hieman huolestunut, kuinka viime vuosien nopea inflaatio Euroopassa on haastanut ilmastotoimien vahvaa kannatusta niin äänestäjien kuin päätöksentekijöidenkin parissa. En missään tapauksessa vähättele ihmisten kamppailua kohonneiden kustannusten ikeessä, mutta päätöksentekijöillä toivoisin katseen pysyvän pallossa. Tutkimus on jo kauan kertonut, että alati voimistuvan ilmastomuutoksen vaikutusten kanssa eläminen on merkittävästi kalliimpaa kuin muutoksen torjuminen, inhimillisen kärsimyksen lisääntymisestä puhumattakaan.

Mitä haluaisit saada aikaan urasi aikana?

Uraa on vielä parikymmentä vuotta edessä, joten on vaikea ennakoida, mihin se minut johdattaa. Olen aina nauttinut työelämässä eniten uuden oppimisesta ja itseni haastamisesta, enkä siksi osaa ajatella nykyistä-

kään tehtävääni eläkevirkana. Ilmastoteemassa haluaisin jatkossakin tukea tavalla tai toisella tietoon pohjautuvaa päätöksentekoa, puhuttiinpa sitten kansallisista, yritysmaailman tai yksilöiden päätöksistä. Nykyisessä roolissani koen erityisen tärkeäksi tukea ja kirittää nuorempia tutkijasukupolvia täyttämään oman potentiaalinsa ja kukoistamaan tutkimusalaan. Haluan myös luoda arvostavaa ja inhimillistä työkuulttuuria, jossa yrittäminen ja epäonnistuminen ovat sallittua ja työtehtävät on mahdollista hoitaa järkevien työtuntien puitteissa.

Hannele Korhonen on ilmastomallinnuksen tutkimusprofessori ja Ilmastontutkimusohjelman johtaja Ilmatieteen laitoksella. Hän on väitellyt tohtoriksi vuonna 2004 ja ollut aerosolifysiikan dosentti vuodesta 2007. Korhonen on julkaissut reilut 80 vertaisarvioitua tutkimusta sekä johtanut useita kansainvälisiä ja kansallisia tutkimushankkeita ilmakehätutkimuksen alalta. Hän toimii Suomen ilmastopaneelin varapuheenjohtajana (2020–2023).

20.-21.8.2024 LAPPEENRANTA ILMANSUOJELUPÄIVÄT





ISY:n opintomatkalaisia Tallinnan vanhassa kaupungissa.

ISY:N OPINTOMATKA EUROOPAN YMPÄRISTÖPÄÄKAUPUNKI TALLINNAAN

Ilmansuojeluyhdistys teki syyskuussa opintomatkan Tallinnaan, missä esiteltiin kaupungin toimintaa vuoden 2023 Euroopan ympäristöpääkaupunkina. Matkalla tutustuttiin laivaliikenteen päästöjen mallinnukseen sekä Helsingin ja Tallinnan satamien ilmastopäästöjä vähentäviin ja ilmanlaatua parantaviin toimenpiteisiin. Lisäksi kuultiin kaupungin ilmastosuunnitelmasta sekä Tallinnan ja muun Viron ilmanlaadusta.

Outi Väkevä, ilmansuojeluasiantuntija, Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY

Kuvat: **Saija Korhonen** ja **Outi Väkevä**

Imojen haltijat suosivat ISY:n opintomatkajia, sillä edellisen päivän tuulet ja sateet olivat väistyneet, kun kymmenkunta henkeä kokoontui Helsingin Länsisataman terminaaliiin odottamaan laivaan pääsyä syyskuun 14. päivän aamuna. Osallistujajoukko edusti monipuolisesti kaupunkia, yrityselämää sekä tutkimus- ja oppilaitoksia.

Laivalla päästiin heti kokoushuoneeseen aamiaisen ääressä kuulemaan Ilmatieteen laitoksen ja Helsingin Sataman edustajien esityksiä. Aluksi erikoistutkija **Lasse Johansson** Ilmatieteen laitokselta kertoi laivapäästöjen mallintamisesta globaalissa ja paikall

isessa skaalassa ja loi katsauksen Helsingin ja Tallinnan päästöihin. Mallintamisessa Ilmatieteen laitos käyttää STEAM-mallia, ja tiedot laivojen liikkumisesta saadaan automaattisesta alusten tunnistusjärjestelmästä (AIS). Päästöihin vaikuttavat laivojen tekniset ominaisuudet taas saadaan laajasta tietokannasta. Nesteytettyä maakaasua käyttävien LNG-laivojen käyttöönoton myötä on ilmaantunut metaanipäästöjä, joita laivaliikenteestä ei aiemmin tullut. Mallinnus osoittaa, että laivapäästöt eivät juuri näy vuosipitoisuuksissa, mutta tuntipitoisuudet satamien läheisyydessä voivat ajoittain nousta melko korkeiksi.

Helsingin Sataman ympäristöasiantuntija **Anton Airas** kertoi sataman toimenpiteistä kestävästä kehityksen ja ilmastonsuojelun edistämiseksi. Helsingin Satama on Euroopan vilkkain matkustajasatama, jonka kautta kulkee noin 12 miljoonaa matkustajaa vuodessa. Näistä noin kolme neljäsosaa matkustaa Helsingin ja Tallinnan välisellä reitillä. Hiilineutraali satama -toimenpideohjelmalla pyritään vähentämään sataman ilmastovaikutuksia. Tavoitteena on hiilineutraalisuus sataman omien päästöjen osalta vuoteen 2025 mennessä. Suurin osa päästöistä tulee kuitenkin alusliikenteestä, jossa tavoite on vähentää päästöjä

25 % vuoteen 2030 mennessä. Työkoneiden ja kumipyöräliikenteen päästöjä pyritään vähentämään 60 % vuoteen 2030 mennessä.

Automooring ja maasähkö vähentävät laivojen päästöjä

Monille vielä tuntematon keino vähentää laivojen päästöjä satama-alueella on ns. automooring, jossa laiva kiinnittyy laituriin automaattisen, alipaineella toimivan järjestelmän avulla. Tämä säästää aikaa ja vähentää päästöjä, mutta on myös aiempaa turvallisempi tapa kiinnittää laiva laituriin. Automooring on käytössä sekä Helsingin että Tallinnan satamissa. Maasähkö vähentää alusten apukoneiden käyttötarvetta ja päästöjä satamassa. Maasähkö on helpompi toteuttaa linjaliikenteessä, jossa samat alukset liikennöivät samalla reitillä. Risteilijöiden sähkön tarve on valtava ja alukset ovat erilaisia, mikä vaikeuttaa maasähkön käyttöä. Tallinnan linjaliikenteen laivat ovat kuitenkin usein laituriin vain noin tunnin ajan, jolloin maasähköä ei kannata käyttää. Helsinki-Tukholma-reitillä satamakääntö eli laivan käynti satamassa kestää pidempään ja maasähköä käytetään. EU:sta on tulossa vuonna 2030 satamille lakisääteinen velvollisuus tarjota maasähköä laivoille, jotka viipyvät satamassa yli kaksi tuntia.

Tallinnaan saavuttuamme suuntasimme kaupungin strategiseen keskukseen, jossa meidät ottivat vastaan **Maarja Pakats** ja **Airi Andresson**. Maarja kertoi Tallinnan valinnasta vuoden 2023 Euroopan ympäristöpääkaupungiksi. Tallinnan vahvuuksia hakuprosessissa olivat biodiversiteetti ja viheralueet, ilmastotiedot, innovaatiot ja kestävä johtaminen. Myös ilmanlaatu on Tallinnassa tunnetusti hyvä, mutta autoriippuvuus on suurta ja liikkumisasioissa kaupungilla on enemmän kehitettävää. Kesällä 2023 Tallinna lan



Maasähkölaite Tallinnan satamassa auttaa vähentämään alusten päästöjä satamassa.

seerasi oppaan ympäristöystävällisten tapahtumien järjestämiseen. Ympäristöystävällisissä tapahtumissa muun muassa kertakäyttöastioiden käyttö on kielletty. Markkinoille onkin tullut toimijoita, jotka toimittavat astioita sekä niiden palautuspisteitä.

Vihreän siirtymän yksikön päällikkö **Airi Andresson** esitteli Tallinnan kestävästä energiasta ja ilmastotoimintaohjelmaa vuodelle 2030. Tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä 40 % vuoteen 2030 ja



Tallinnan sataman automooring-laitteet nopeuttavat laivan kiinnittymistä laituriin.



KUMU-taidemuseossa ja Kadriorgin puistossa oli paljon nähtävää.

päästä hiilineutraalisuuteen vuoteen 2050 mennessä. Tärkeimpiä toimenpiteitä ovat kaukolämmön tuottaminen jätelämmöstä, jonka osuus tällä hetkellä on 2/3 kaukolämmön tuotannosta, loput tuotetaan kaasulla. Utilitas-yritys vastaa Tallinnan kaukolämmön tuotannosta ja suunnittelee myös jätelämmön ja meriveden käyttöä kaukojäähdytykseen. Suurimpana haasteena ilmastotavoitteiden saavuttamisessa on Tallinnan vanha asuntokanta, sillä noin 5000 kerrostaloa vaatii renovoitua, mikä tulee erittäin kalliiksi.

Joukkoliikenne on ollut Tallinnassa kirjoilla oleville asukkaille maksutonta jo vuodesta 2013 alkaen. Bussiliikenteen polttoaineista lähes 40 % on biometaanua, jota valmistetaan Virossa. Liikenteen päästöjä pyritään vähentämään laajentamalla sähköautojen latausverkostoa ja rakentamalla uusia juna-, raitio- sekä johdinautolinjoja.

Tallinnan satamalla on tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Tavoite on kunnianhimoinen, sillä se kattaa sataman omien toimintojen lisäksi myös laivaliikenteen, satamiin tulevan autoliikenteen ja vuokralaisten toiminnan. Tallinnan sataman laatu- ja ympäristöpäällikkö **Ellen Kaasik** kertoi, että tärkeimpiä toimia päästöjen vähentämiseksi ovat uusiutuva energia, maasähkö, automooring ja satamamaksujen alennus ympäristöystävällisille aluksille. Terminaalien katolla on jo suuri määrä aurinkopaneeleja, ja meriveden käyttöä lämmitykseen sekä jäähdytykseen suunnitellaan. Ryhmämme pääsi myös katsomaan laitureille asennettuja maasähkö- ja automooring-laitteita.

Iltaohjelmassa pääsimme opastetulle kierrokselle KUMU-taidemuseon ympäristöaiheiseen näyttelyyn, joka oli nimetty ”Taidetta antroposeenin aikakaudella”. Museossa sai tutustua myös pysyvään näyttelyyn, ja itse rakennuskin oli hieno nähtävyys. Kahvitausta pidimme aurinkoisessa säässä KUMU:n kahvilan te-



Joukkoliikenteen käyttäminen oli Tallinnassa kätevää ja matkalipun sai ladattu jopa HSL:n matkakortille.

rassilla. Paluumatkalla hotellille ihailimme Kadriorgin puiston upeita istutuksia. Kävelymatkan varrelle osui myös Liivalaian ilmanlaadun mittausasema vilkkaan kadun varrella. Asemalla on näyttötaulu, jossa näkyvät edellisen tunnin ilmansaastepitoisuudet ja indeksivärit. Illallista söimme Pegasus-ravintolassa, jossa oli tarjolla maukas kasvisateria.

Toisen päivän ohjelma käynnistyi hotelliaamiaisen jälkeen bussimatalla Tallinnan teknilliselle yliopistolle, jossa **Ilja Matjutenko** esitteli tutkimuslaitoksen toimintaa ja mallintamista, joilla saadaan tietoa muun muassa meren tilasta, merenpinnan korkeudesta ja meriveden lämpötiloista. Mallin tuottamat ennusteet auttavat varautumaan esimerkiksi äkillisiin merivesitulviin ja korkeisiin aaltoihin. Ennusteiden aikaväliä pyritään pidentämään koneoppimisen avulla.

Teknilliseltä yliopistolta lounastimme idyllisessä Weis Resto-ravintolassa, josta oli lyhyt kävelymatka viimeiseen tutustumiskohteeseen Viron ympäristötutkimuskeskukseen. Ilmanlaatu ja ilmasto-osaston johtaja **Erik Teinemaa** kertoi keskuksen toiminnasta, joka kattaa sekä maaperän, veden että ilmanlaadun tutkimuksen. Keskus vastaa koko Viron ilmanlaadun seurannasta, ja mittauksia tehdään sekä kaupunkiympäristöissä, tausta-alueilla että teollisuuslaitosten vaikutusalueella. Käytössä on myös siirrettäviä mittausasemia, typpidioksidin passiivikeräimiä ja kaksi mittausautoa. Kaupunkiasemista kolme sijaitsee Tallinnassa, yksi Tartossa, yksi Narvassa ja yksi Kohtla-Järven kunnassa. Mittausinfrastruktuuria ollaan modernisoimassa vuosien 2023–2029 aikana. Keskus käyttää integroitua Airviro-järjestelmää, ja ilmanlaadun mallinnus- ja mittaustiedot esitetään ilmanlaatuportaalisessa www.ohuseire.ee/en. Portaalissa on nähtävillä myös siitepöly- ja säteilymittausten tietoa. Vierailun päätteeksi saimme tutustua labora-



ILMANSUOJELUYHDISTYS

Ilmansuojeluyhdistys (ISY) toimii alansa valtakunnallisena ympäristönsuojelujärjestönä. Ilmansuojeluyhdistyksen tarkoituksena on edistää ilmansuojelua ja ilmansuojelututkimusta Suomessa sekä toimia yhdyssiteenä 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 ulkomailla
4. tiedottaa ajankohtaisista ilmansuojeluasioista jäsenlehdessään
5. antaa lausuntoja ja tekee esityksiä alansa kuuluvista asioista
6. harjoittaa julkaisutoimintaa
7. osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon

HALLITUS / STYRELSE

Puheenjohtaja / Ordförande
Anu Kousa

Varapuheenjohtaja / Viceordförande
Maija Leino

Jäsenet / Medlemmar
Suvi Haaparanta
Helena Kivi-Koskinen
Ville-Veikko Paunu
Johanna Vainiomäki

Varajäsenet / Suppleanter
Antti Hyvärinen
Topi Rönkkö
Tuula Pellikka
Janne Ruuth

LUFTVÅRDSFÖRENINGEN

Luftvårdsföreningen fungerar som nationell miljöföräning. Luftvårdsföreningens syfte 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 främja yrkeskvaliteten 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 diskussionstillfällen
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

YHTEYSTIEDOT / KONTAKT

ILMANSUOJELUYHDISTYS RY

Sihteeri Hanne Hartikainen
PL 136,
00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi

www.isy.fi

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

www.facebook.com/ilmansuojeluyhdistys

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

torioon ja ulkona näimme myös siirrettävän mittauskopin ja mittausauton.

Kahden päivän tiivis ohjelma päättyi ympäristökeskuksen vierailuun, jonka jälkeen osallistujille jäi pari tuntia aikaa tutustua omatoimisesti Tallinnaan. Paluulaiva lähti puoli seitsemältä kohti Helsinkiä, jonne saavuttiin ilta-yhdeksältä. Yleinen tunnelma oli, että matka oli ollut hyvin antoisa ja melko lyhyessä ajassa oli päästy näkemään monia mielenkiintoisia esityksiä ja kohteita. Opintomatka tarjosi myös hyvän tilaisuuden päästä keskustelemaan ja vaihtamaan kuulumisia muiden ilmanlaatu- ja ilmastoasioiden parissa työskentelevien kanssa.

Ilmansuojeluyhdistys järjestää opintomatkan vuorovuosina ulkomaille ja kotimaahan. Tervetuloa mukaan ensi vuonna kotimaan opintomatkalle!



Opintomatkan osallistujia Tallinnan Vapaudenaukiolla.

KIRJOITTAJAT 4/2023

HANNELE KORHONEN

toimialajohtaja, tutkimusprofessori
Ilmatieteen laitos
hannele.korhonen@fmi.fi

PETTERI MARJANEN

väitöskirjatutkija
Tampereen yliopisto
petteri.marjanen@tuni.fi

OUTI MEINANDER

johtava tutkija
Ilmatieteen laitos
outi.meinander@fmi.fi

JAAKKO OJALA

ympäristöneuvos (eläkkeellä)
ympäristöministeriö
ojalajaa@saunalahti.fi

MARKKU OLLIKAINEN

emeritusprofessori, puheenjohtaja
Helsingin yliopisto, Ilmastopaneeli
markku.ollikainen@helsinki.fi

ANNE-MARI REPOLA-MÄKINEN

viestintäpäällikkö
Turku Energia
anne-mari.repola-makinen@turkuenergia.fi

PETTERI TAALAS

pääsihteeri
Maailman ilmatieteen järjestö WMO

OUTI VÄKEVÄ

ilmansuojeluasiantuntija
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY
outi.vakeva@hsy.fi



* . PV73*