

Laudaturtyöselostus

**SMEAR II -MITTAUSASEMA EKOSYSTEEMIN JA
ILMAKEHÄN VUOROVAIKUTUKSEN
TUTKIMUKSESSA: PÄIVYSTÄJÄN KOKEMUKSIA**

Mikko Äijälä

17.12.2008,
korjaukset:
11.2.2009

Ohjaajat: **Hanna Manninen, Veijo Hiltunen, Markku Kulmala**

Tarkastajat: **Prof. Markku Kulmala, FM Hanna Manninen**

Ilmakehätieteiden osasto
Fysiikan laitos
Helsingin yliopisto

1. Tiivistelmä

Tämä selostus käsittelee Hyytiälässä sijaitsevaa Helsingin yliopiston SMEAR II -asemaa sen mittausten ja toiminnan kannalta. Työssä esitellään lisäksi hieman esimerkkimittausaineistoa, lähinnä aseman aerosolifysikaalisista mittauksista. Työn kirjoittaja toimi kesällä 2008 kolme kuukautta päivystäjänä asemalla. Tämä selostus perustuukin suurelta osin aseman kesäpäivystyksestä saatuihin kokemuksiin ja mittaustuloksiin.

2. Johdanto

Vuonna 1995 perustettu SMEAR (*Station for Measuring Ecosystem - Atmosphere Relationships*) II -asema Hyytiälässä on Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen sekä maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan yhteinen mittausasema, jossa suoritetaan ympäristötieteellisiä mittauksia. Tutkimuskohteena ovat ekosysteemin ja ilmakehän väliset keskinäiset vuorovaikutukset. Useimmat aseman mittausjärjestelyistä ovat luonteeltaan pysyviä, ja mittausten pitkäaikaisuus sekä mittaustuloksista saatavat pidemmän ajan aikasarjat ovatkin tärkeä osa aseman toiminta-ajatusta. Kuten ympäristötieteissä yleistä, myös monitieteellisyys on aidosti tärkeässä asemassa SMEAR:illa, ja aseman mittaustoiminta vaatii usein fysiikan, kemian, biologian, sekä metsä- ja insinööritieteiden asiantuntijoiden tietoja. Aseman merkittävyys Suomen - sekä myös kansainvälisessä - mittakaavassa perustuu paljolti juuri mittausten pitkäaikaisuuteen ja monipuolisuuteen.

Asemalla on jatkuvasti käynnissä suuri määrä mittauksia. Pysyvien mittausjärjestelyiden lisäksi asemalla suoritetaan kampanjaluontoisia mittauksia. Suuri osa mittausjärjestelmistä on automatisoitu, ja myös mittausten valvonnassa käytetään tietokoneohjelmia. Asemalla tarvitaan kuitenkin ihmistyötä laitteistojen tarkkailun ja valvonnan suorittamiseen sekä huolto- ym. toimenpiteisiin ja mittaustulosten arviointiin. Lukuisten rutiinien hoitamiseen tarvitaan useampia ihmisiä.

SMEAR II -aseman mittausaineistoa analysoidaan Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen- sekä maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan laitoksilla, sekä muissa aseman kanssa yhteistyössä toimivissa laitoksissa, esimerkiksi Ilmatieteen laitoksella. Kaiken kaikkiaan asemalla tehtävään tutkimukseen osallistuu 50-100 ihmistä [1]. Asemalta saatu data on yhteistyötahojen lisäksi koti- ja ulkomaisten tutkijoiden saatavilla. SMEAR II -asemalta saatuja mittaustuloksia käsitteleviä referoituja artikkeleita julkaistaan vuosittain eri tieteellisissä lehdissä n. 50 kpl [1, 2].

3. SMEAR II -asemasta

3.1 Yleistä

SMEAR II on yksi kolmesta Helsingin yliopiston SMEAR -tutkimusasemasta. Itä-Lapissa (Värriössä) sijaitseva SMEAR I perustettiin alunperin tutkimaan Kuolan niemimaalta tulevien päästöjen vaikutusta Lapin metsiin, mutta asemalla mitataan nykyään lisäksi metsän ja ilmakehän vuorovaikutusta. Urbanisissa ympäristöissä ilmakehämittauksia suoritetaan Helsingin Kumpulassa sijaitsevalla SMEAR III-asemalla.



Kuva 3.1. SMEAR -asemien sijainti [<http://www.atm.helsinki.fi/SMEAR>].

SMEAR II sijaitsee Juupajoella Pirkanmaalla, n. 60 km Tampereelta koilliseen (61° 51' N, 24° 17' E), Hyytiälän metsäntutkimusaseman yhteydessä (Kuva 3.1). Lähin kaupunki, Orivesi, sijaitsee asemalta n. 20 km etelään. 1995 perustettu asema sijaitsee suhteellisen tasaisessa maastossa, keskellä melko homogeenista (*Pinus Sylvesteris*) mäntymetsää. Ympäröivä metsä istutettiin 1962, alueen kuloutuksen ja kevyen maanmuokkauksen jälkeen [Hari & Kulmala 2005]. Varsinainen asema koostuu yhdestä suuremmasta ja kahdesta pienestä hirsimökistä, joiden ympärille on pystytetty masto sekä muutamia pienempiä torneja mittauksia varten. SMEAR II sijaitsee n. 500 metrin päässä Hyytiälän metsäntutkimusasemasta, ja esimerkiksi henkilökunnan majoitus ym. palvelut järjestetään metsäasemalla. Yhteistyö SMEAR II:n ja metsäaseman välillä on erittäin tiivistä.

3.2 Toiminta-ajatus

Kantava ajatus SMEAR II -aseman toiminnan taustalla on pitkäaikainen ja kattava metsän, maaperän ja ilmakehän keskinäisten vuorovaikutusten mittaaminen. Asemalla mitataan erityisesti erilaisia vuosureita, joiden avulla pyritään määrittämään mahdollisimman monet energian ja massan vuot metsän, ilmakehän ja maaperän välillä. Koska metsä on jatkuvasti muuttuva ympäristö, mitataan vuosureiden ja konsentraatioiden lisäksi metsän sisältämän energia- ja massavaraston kehitystä. Näin toivotaan saatavan mahdollisimman kattava pohja mittauksille joiden avulla analysoidaan metsän ja maaperän vaikutusta ilmastoon, sekä toisaalta muuttuvan ilmaston vaikutusta metsien kehitykseen [Hari & Kulmala 2005].

3.3 Tutkimuskohteita

SMEAR -asemilla tehdään tutkimusta ilmastonmuutoksen ymmärryksen lisäämiseksi. Yksi merkittävä osa-alue tästä on ilmakehän aerosolien tutkimus, jossa tutkimuskohteena on ilmakehän pienhiukkasten vaikutus ilmastoon. Aerosolien vaikutus maapallon säteilytasapainoon on yksi suurimpia epävarmuustekijöitä ilmastonmuutoksen mallinnuksessa [IPCC 2007]. Aerosolimittaukset ovatkin suuri ja edelleen kasvava osa-alue myös SMEAR II:n mittauksissa.

Tärkeän tutkimuskohteen muodostaa metsän, maaperän ja ilmakehän keskinäinen kaasujen vaihto. Esimerkiksi CO₂ on kasveille välttämätön kaasu, josta fotosynteesissä muodostuu happea ja samalla sitoutuu ilmakehän sisältämää hiiltä metsän biomassaan. Pohjoisen havumetsän toiminta hiilinieluna onkin yksi tärkeistä tieteellisen tutkimuksen kohteista, ja kaikkea hiilen vuota ekosysteemissä ja ekosysteemin ja ympäristön välillä mitataan myös SMEAR II:lla [Hari & Kulmala 2005]. Hiilen vuota voidaan mitata eddykovarianssimenetelmällä, ja arvioida maan ja puiden respiraatiomalleilla. Jälleen molemmilla menetelmillä saadut tulokset vastaavat toisiaan melko hyvin [Vesala et al. 1998]. Myös ilmakehässä pienempinä pitoisuuksina esiintyviä hivenkaasuja (*trace gases*), kuten CO, NO_x, SO₂ ja O₃, mitataan aseman kaasuanalysaattoreilla. Nämä kaasut liittyvät usein ilmansaasteisiin ja vaikuttavat ilmakehän prosesseihin.

Koska radioaktiivinen hajonta poislueutena kaikki luonnon kiertokulussa tarvittava energia saadaan auringosta, on auringon säteilyn mukanaan kuljettava energia erittäin oleellinen tekijä tutkittaessa elävän luonnon, kuten metsän, kehitystä ja vuorovaikutuksia. SMEAR II:lla säteilymittaukset on toteutettu varsin monipuolisesti. Asemalla mitataan auringosta tulevan säteilyn spektrin lisäksi latvustosta ja maasta takaisin ilmakehään heijastuvaa säteilyä, jolloin saadaan arvio metsään ja maahan imeytyvälle nettosäteilylle. Lämpövaikutuksen lisäksi auringon säteily, erityisesti korkea taso UV-A -aallonpituusalueella, korreloi hiukkasmuodostustapahtumien todennäköisyyden kanssa [mm. Lyubovtseva et al. 2005], ja aiheuttaa fotokemiallisia reaktioita kuten otsonin muodostumista. Myös säteily kasvien fotosynteesin energialähteenä tekee siitä tärkeän mittauskohteen. Fotosynteettisesti aktiivisen säteilyn eli PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) -aallonpituusalue käsittää aallonpituudet välillä n. 400-700 nm. SMEAR:illa PAR:ia mitataan monipuolisesti latvuston ylä- ja alapuolella. Fotosynteesi on hyvin tunnettu ja mallinnettu biologinen prosessi, ja PAR -mittaukset antavat hyvän pohjan fotosynteesissä syntyvien reaktiotuotteiden määrän teoreettiselle arvioinnille ja mallinnukselle.

Varsin oleellinen metsän kasvuun vaikuttava tekijä on lisäksi sadanta. Sademäärää mitataan asemalla läpi vuoden, joskin talvella mittaukset tosin suoritetaan lumensyvyysmittauksina. Asemalla on käytössä myös sääanturi, joka ilmaisee sateen (lumi tai vesi) määrän millimetreinä. Koska tarkoituksena on mitata myös tutkittavalta alueelta poistuvat vuot, halutaan lisäksi mitata maaperästä valunnan mukana poistuva vesimäärä, sekä vesihöyryn vuot maan, metsän ja ilmakehän välillä. Veden evapo-transpiraatiota voidaan mallintaa eddykovarianssimittauksista, joista lisää kappaleessa 4.1, ja toisaalta maaperän sisältämän veden määrän mittauksista. Nämä kaksi tapaa vaikuttavat antavan hyvin yhteneviä tuloksia [Vesala et al. 1998].

4. Meneillään olevat mittaukset

Koska aseman tutkimuskohteena ovat kolmen osatekijän, maaperän, kasvillisuuden ja ilmakehän, väliset vuorovaikutukset, on monipuoliseen tutkimukseen tarvittavien erilaisten mittausten ja mittalaitteiden määrä suuri. Selkeyden vuoksi SMEAR -aseman mittaukset jaotellaankin usein mittauskohteensa mukaan ilmakehä-, puu- ja maamittauksiin. Lista mittalaitteistoista löytyy liitteestä [C].

4.1 Ilmakehämittaukset

Ilmakehämittaukset keskittyvät lähinnä aerosolimittauksiin, ilmakehän hivenkaasujen pitoisuuksien analysointiin, vuo- ja säteilymittauksiin sekä sääolojen tarkkailuun. Joissakin tapauksissa, kuten säteilyä mitattaessa tai kaasupitoisuuksia analysoitaessa, halutaan mitata myös tilannetta puiden latvuston yläpuolella. Tähän tarkoitukseen on käytettävissä 73-metrinen masto ja 18-metrinen "säteilytorni".

Aerosolimittauksille on erikseen rakennettu ns. Hitu-mökki, joka sisältää suurimman osan hiukkasilmmaisimista. Pääasiassa mitataan hiukkaskokojakaumia, mutta myös hiukkasten kasvua ja nukleaatiota. Kokojakauman mittausta varten mökissä on kaksois-DMPS (*Differential Mobility Particle Sizer*)-systeemi. DMPS kokoonpanoja tarvitaan 2 kappaletta, jotta saadaan mitattua hiukkasia laajalla kokovälillä (3-1000 nm). Hiukkasten kokonaisuuttä mitataan tavallisilla CPC:illä (*Condensation Particle Counter*) useammassa yhteydessä. Kondensatioon perustumattomia hiukkaslaitteita ovat lisäksi APS (*Aerodynamic Particle Sizer*), ilmakehän mustaa hiiltä (nokea) mittaava aethalometri, BSMA (*Balanced Scanning Mobility Analyzer*) -ionispektrometri, hiukkaskonsentraatiota valon sironnan avulla mittaava nephelometri, sekundaarisia orgaanisia aerosoleja keräävä automatisoitu PM-10-suodatinkeräin, sekä Burkard-bioaerosolikeräin. Lisäksi Hitu-mökissä sijaitseva Dekati PM-10 impaktori mittaa alle 10 µm hiukkasia, jotka ovat tärkeitä, koska kyseisen kokoluokan hiukkasia joutuu hengitettäessä keuhkoihin.

Aerosolihiukkasten ominaisuuksien tutkimusta varten on Hitu-mökissä myös 3-15 nm hiukkasten varaustilaa (*charging state*) mittaava ioni-DMPS [Gagné et al. 2008], ja hiukkasten sisältämien haihtuvien yhdisteiden määrää mittaava volatility-DMPS, jolla mitataan evaporaatiota hiukkasten pinnalta kuumennettaessa. Myös volatility-DMPS vaatii kaksois-DMPS-systeemin toimiakseen kokoalueella 3 - 1000 nm. Aerosolihiukkasten hygroskooppisia ominaisuuksia tutkitaan hydroskooppisella tandem-DMA:lla (H-TDMA), jolla mitataan aerosolihiukkasten kasvua vesihöyryn kondensaation vaikutuksesta, ja aerosolihiukkasten aktiivatiota ja kasvua pilvipisaroina mitataan CCN (*Cloud Condensation Nucle*)-laskurilla. H-TDMA ja CCNC molemmat mittaavat hiukkasten kasvua korkean saturaation olosuhteissa.

Aerosolimittausten piiriin kuuluu myös Ilmatieteen laitoksen Sun-photometri, joka kuuluu NASA:n AERONET (*Aerosol Robotic Network*) -mittausverkkoon. Laitte sijaitsee omissa, sille erikseen pystytetyssä tornissaan, ja mittaa oman automatisoidun ohjelmansa mukaisesti ilmakehän pienhiukkasten optisia ominaisuuksia. Lisäksi Ilmatieteen laitoksen EMEP-ohjelman mukaisesti kerätään kaasua ja hiukkasmaisia rikki- ja typpiyhdisteitä kolmiastekeräimellä.

Ilmakehän hivenkaasujen pystysuoraa jakaumaa mitataan mastossa, kuudelta tasolta. Hivenkaasupitoisuuksien mittaukset tapahtuvat maston eri tasoilta lähteviltä näytelinjoilta, jotka on mitoitettu yhtä pitkiksi putkihäviöiden arvioinnin helpottamiseksi. Mastomittausten kaasuanalysaattorit sijaitsevat sisällä SMEAR:in päämökissä. Mitattavat kaasut ovat hiilidioksidi (CO₂), häkä (CO), vesihöyry (H₂O), typen oksidit (NO, NO_x), otsoni (O₃) sekä rikkidioksidi (SO₂). Analysaattorit mittaavat vuorotellen kultakin korkeudelta (4.2, 8.4, 16.8, 33.6, 50.4 ja 67.2m) 50 sekuntia kerrallaan.

SMEAR:in perusajatuksen mukaisesti myös vuomittaukset ovat tärkeässä asemassa ilmakehämittauksissa. Niitä toteutetaan sekä eddykovarianssimittauksilla, että REA (*Relaxed Eddy Accumulation*) -menetelmällä. Eddykovarianssimittaukset tapahtuvat mastossa, säteilytornissa, sekä niitä varten pystytetyssä 3 metriä korkeassa mastossa säteilytornin vieressä. Menetelmä perustuu tuulen suunnan mittaamiseen anemometrillä, sekä tuulitietojen yhdistämiseen nopealla vasteajalla toimiviin analysaattoreihin. Näin saadaan mitattua erilaisia vuosureita, kuten liikemäärän ja lämmön vuota (ml. latentti lämmönsiirto), hiukkasvuota ja eri kaasujen (CO₂, H₂O, O₃ ja CH₄) vuota.

REA on eddy-mittauksista kevennetty versio, jossa analysaattoreille asetetut vaatimukset eivät ole yhtä kovat. Menetelmällä näyteilmaa kerätään kahteen eri kammioon sen mukaan onko tuulen suunta ylös vai alaspäin, ja analysoidaan kammioiden ilmaa vuorotellen. Näin saadaan pidemmältä ajalta keskiarvoistettuja tuloksia em. vuosureista.

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (*Volatile Organic Compound, VOC*)-yhdisteitä mitataan PTR-MS (*Proton-Transfer Reaction Mass Spectrometer*)-massaspektrometrillä, jonka toiminta perustuu nimensä mukaisesti protoninvaihtoreaktioon. Sillä on mahdollista erotella suhteellisen tarkasti orgaanisten kaasumolekyylien koot, ja siten yrittää tunnistaa mistä yhdisteestä on kyse. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden, kuten monoterpeenien emissio pohjoisista havumetsistä vaikuttaa olevan yhteydessä aerosolihiukkasten syntyyn alueilla, joilla ei juuri ole antropogeenisiä hiukkaslähteitä [Tunved et al. 2006].

Säteilymittaukset tapahtuvat mastossa 70 m:n korkeudella (heijastunut kokonaissäteily, heijastunut PAR ja nettosäteily) ja säteilytornissa 18 metrin korkeudella (diffuussisäteily, kokonaissäteily, PAR, UV-A ja UV-B), sekä metsäaseman asuin- ja ruokalarakennuksen ("A-talo", [3]) katolla sijaitsevalla radiospektrometrilla. Radiospektrometri mittaa säteilyspektriä 280–580 nm aallonpituusalueella, eli lähinnä näkyvän valon, mutta myös osin ultraviolettialueilla (UV-A ja UV-B). Myös latvuston alle pääsevää säteilyä mitataan ns. MaaPAR-systeemillä, jossa on neljä PAR-anturia ja kaksi nettosäteilyanturia n. puolen metrin korkeudella maasta. Muutamia PAR-antureita on myös puustomittausten kammioissa, joista lisää ekosysteemin mittausten yhteydessä.

Myös yleistä säätilaa tarkkaillaan ja mitataan jatkuvasti. Mitattavia asioita ovat lämpötila, ilmanpaine, ilmankosteus, tuulen suunta ja nopeus, sademäärä, pilvenkorkeus ja näkyvyys. Nämä tiedot ovat usein oleellisen tärkeitä taustatietoja muille mittauksille, sillä erityisesti ilmansaasteiden (kaasujen ja aerosolihiukkasten) määrä riippuu suunnasta, josta mitattava ilmassa on peräisin [Tunved et al. 2006, Sogacheva et al. 2005]. Ilmankosteus ja säteily määrä puolestaan vaikuttavat esimerkiksi aerosolihiukkasten muodostumiseen ja deponitioon [Hyvönen 2005, Boy 2003].

Tuulen suuntaa ja nopeutta mitataan maston eri tasoilla (4.2, 8.4, 16.8, 33.6, 50.4 ja 67.2 metrissä) ultraääni ja kuppianemometreillä. Noin 400 metrin päässä SMEAR:ilta [3] metsäaseman konehallin katolla sijaitsevalla SODAR:illa (*Sound Detection And Ranging*) mitataan lisäksi alueen kolmiulotteista tuuliprofiilia doppler-periaatteella. Sademäärää mitataan säteilytornissa Vector ARG100 sademittarilla sekä pinnankosteusanturilla, ja talvella mitataan lumen syvyyttä. Sadepisaroiden kokojakaumaa, sademäärää, sateen intensiteettiä, näkyvyyttä ja lämpötilaa mitataan Vaisala FD12P sääanturilla. Pilvenkorkeutta ja sadetta havainnoidaan myös lasermittaukseen perustuvalla ceilometrillä.

4.2 Puumittaukset

SMEAR:in puumittauksissa mitataan puiden massaa ja kasvua sekä kasvuolosuhteita. Lisäksi mitataan puiden kaasujen ja veden vaihtoa, sekä veden ja fotosynteesissä syntyvien yhdisteiden kulkeutumista puun rungossa. Joissakin tapauksissa halutaan suorittaa mittauksia samassa puussa eri korkeuksilla, jolloin käytetään 15 m korkuista "fototornia", jonka ympäriltä koepuut on valittu.

Puiden kaasujen vaihtoa ympäröivän ilman kanssa mitataan erilaisilla kammioilla. läpinäkyvästä pleksilasista valmistettuja kammioita on sijoitettu koepuiden eri oksiin eri korkeuksille siten, että osa oksan kärjestä neulasineen jää kammion sisälle. Kammion yksi seinä avautuu ja sulkeutuu paineilmalla toimivalla mekanismilla. Toinen kammio tyyppi on liukumekanismilla toimiva suorakulmaisen särmiön muotoinen kammio, jonka toiminta-idea on muuten sama. Kaasujen vaihtoa saadaan mitattua kammion ollessa kiinni, jolloin puun yhteyttäessä havaitaan esimerkiksi CO₂ pitoisuuden lasku.

Kammioon on sijoitettu termopari lämpötilan mittausta varten, sekä joissain tapauksissa PAR-antureita. Kammion sisäisen ilman koostumusta mitataan kaasuanalysaattoreilla (H₂O, CO₂, O₃, NO ja NO_x), jotka sijaitsevat sisällä päämökissä, ja joiden tefloniset näytelinjat ulottuvat kammioihin. Muutamista kammioista tehdään myös VOC -mittauksia PTR-MS:llä, joka on myös yhdistetty kammioihin teflonputkella. Kun kammioista imetään ilmaa kammion ollessa sulkeutunut, on alipaineen välttämiseksi kammioihin johdettava korvausilmaa toisella putkella. Korvausilmana käytetään kuivattua paineilmaa. Koska käytössä on useita kammioita ja vain yksi analysaattori per mitattava kaasu, on kammioita mitattava vuorotellen. Samoilla analysaattoreilla mitataan myös maakammioita, joista lisää kappaleessa 4.3. Kammioita mitataan kutakin vuorollaan valitun pituisen jakson (110 – 270 s) ajan ja samalla kammioita ohjataan niin, että se tämän jakson aikana sulkeutuu ja aukeaa jälleen. Vastaavalla kierrolla mitataan myös VOC -yhdisteitä. Kammiomittauksia ohjataan päämökissä sijaitsevalla tietokoneella ja Photo -ohjelmalla.

Puun sisäistä nesteiden virtausta mitataan systeemillä, jossa puuhun on samaan kohtaan noin 5-10 cm verran eri korkeuksille työnnetty kaksi neulaa. Kun toista neuloista lämmitetään, lämpiävät myös puun kuoren alla virtaavat nesteet, ja nesteiden virratessa ohi toisen neulan, mitataan sillä niiden lämpötila. Näin saadaan määritettyä pystysuora lämpötilagradientti ja siitä laskettua nesteiden vuo.

Fotosynteesin valoreaktioiden tehokkuutta mitataan asemalla fluoresenssimittauksilla Monitoring PAM fluorometrilaitteistolla, ja puiden kasvua mitataan automaattisesti ns. fenologiakameralla. Fenologiakamera on kaupallinen digitaalikamera, joka on asennettu säteilytorniin latvuston yläpuolelle ja kuvaa sieltä automatisoidusti yhden männyn latvaa kolmesti vuorokaudessa. Tarkastelemalla kuvia pitkältä aikaväliltä voidaan niistä mitata männyn pituuskasvu.

Mitattaessa metsän ja ilmakehän vuorovaikutusta vuosureiden avulla, on tarpeen mitata myös metsän kasvua, sillä metsä toimii nieluna esimerkiksi hiilidioksidin tapauksessa. Siksi on tehtävä oletus siitä, kuinka suuri metsäalue mitta-aseman ympärillä vaikuttaa aseman mittauksiin. Todellisuudessa tämä alue on erittäin suuri, ja vaihtelee esimerkiksi tuulen suunnan ja nopeuden muutosten vuoksi jatkuvasti, mutta käytännön syistä on valittu alueelle kiinteät rajat. Valittu ns. footprint- eli jalanjälki-alue on n. 200 metriä joka suuntaan aseman keskellä sijaitsevasta mastosta.

Metsän kasvua tällä alueella seurataan kerran vuodessa suoritettavilla koealamittauksilla. Käytetyt linjakoealat on valittu mastolta kaikkiin pää- ja väli-ilmansuuntiin lähteviltä suorilta linjoilta, jossa yksittäiset koealat sijaitsevat 20–30 metrin välein. Yksittäiset koealat ovat ympyrän muotoisia, säteeltään n. 5 metriä. Näillä koealoilla puut on merkitty maalatuilla rasteilla, ja erityiset satunnaisotannalla valitut koepuut vielä erillisellä merkillä. Vuosittaisissa mittauksissa mitataan kaikkien puiden rinnankorkeusläpimitat, sekä lisäksi koepuista tarkemmat tiedot, kuten pituus läpimitta eri korkeuksilla, latvusrajan korkeus, kuoren paksuus ym. tietoja. Tuloksista saadaan metsäntutkimuksellisilla menetelmillä laskettua arvio jalanjälkialueen puuston kokonaisuudelle puulajeittain. Lisäksi mittauksista saadaan arvioitua oksien ja neulasten biomassa.

4.3 Maamittaukset

Kolmas osatekijä ilmakehän ja puuston lisäksi on maaperä sekä metsän aluskasvusto. SMEAR:in maamittausten osa-alueita ovat vesimittaukset, maan lämpötilan mittaukset, pitoisuudet ja vuot eri alkuaineiden ja yhdisteiden osalta, sekä maan biologisten prosessien vaikutus ilmakehään.

Maamittauksissa on tärkeää tuntee maaperän ominaisuudet mittausalueella, erityisesti veden valunnan osalta. Ongelma on SMEAR:illa ratkaistu valitsemalla koealue valuma-alueiden mukaan siten, että kaikki sieltä maassa poistuva vesi kulkee kahden pisteen kautta. Käytännössä koealue on padottu kahdella betonista ja vesivanerista tehdyllä peruskallioon ulottuvalla padolla, joilla kummallakin on oma juoksupiste [ks. liite A, *Haataja & Vesala 1997*]. Asemaa perustettaessa paikka valittiin mittaamalla peruskallion geometria maatumalla, jolloin todettiin peruskallion olevan yhtenäinen ja valuma-alueiden selkeästi rajattuja [Vesala et al. 1998]. Alueelta poistuva vesi mitataan padoilla erikseen pinta- ja pohjavalunnan osalta, ja molemmista otetaan vesinäytteet säännöllisin väliajoin.

Koealueelta on lisäksi valittu 7 pienempää koealaa, joihin mittalaitteet ja keräimet on asennettu. Tyypillisesti keräimiä ja mittareita on seitsemän kappaletta; yksi jokaista koealaa kohden. Koealat, eli ns. "pitit" on valittu edustamaan eri mittaussyvyksiä (50, 60, 70, 80, 100, 130 ja 160 cm), ja nimetty 'pit 50', 'pit 70' jne. [Liite A].

Sadantaa mitataan ilmakehämittausten osuudessakin mainitulla latvuston yläpuolisella säteilytornin sademittarilla, sekä vastaavalla mittarilla latvuston alla. Latvuston läpi tulevaa sadantaa mitataan sadevesikeräimillä, jotka ovat metallisia V:n muotoisia kouruja, joihin satanut vesi valuu vesimittarin läpi ja varastoidaan kanistereihin. Latvuston alapuolelle pääsevän sadannan lisäksi on huomioitava sateella puun runkoja pitkin latvustosta valuva vesi. Tätä varten muutamissa valuma-alueen koepuissa on runkovaluntakeräin, joka on käytännössä puun ympärille tiiviisti kiinnitetty kouru, josta vesi valuu kanisteriin. Sadevesikeräinten ja runkovaluntamittausten kanisterit tyhjennetään tietyin väliajoin ja niiden sisältämä vesimäärä punnitaan ja vesi analysoidaan. Arvioimalla runkovalunnan ja latvuston alle päätyvän veden osuudet, sekä puuston määrää ja peittävyys valuma-alueella saadaan veden vuo alueelle arvioitua.

Veden läpivirtauksen arvioinnin lisäksi on huomioitava myös, että maaperä toimii lisäksi veden varastona. Maaperän vesipitoisuutta mitataan TDR (*Time Domain Reflectometer*) -systeemillä, sekä alipainetta mittaavilla tensiometreillä, jotka mittaavat miten voimakkaasti maaperä imee vettä. Tämä imuvoima on verrannollinen maaperän vesipitoisuuteen, joten käytännössä myös tensiometreillä mitataan maan sisältämän veden määrää. TDR toimii automatisoidusti, mutta osa tensiometreistä mitataan manuaalisesti. Sadantaa, poisvirtausta ja veden varastointia mittaamalla saadaan tietoa myös haihdunnasta, jota ei voida suoraan mitata.

Maan lämpötilaa mitataan lämpötilasensoreilla kaikilla piteillä automatisoidusti, sekä lisäksi yhdessä pisteessä maan lämmönjohtavuutta lämmityselementti-lämpötila-anturi -yhdistelmällä. Lämpötilaa mitataan eri syvyyksillä, jolloin saadaan maan lämpötilaprofiili syvyyden ja ajan funktiona.

Maaperän ja ilmakehän välistä kaasuvuota mitataan kammioimittauksilla, joissa mitataan eri kaasuja (CO₂, CH₄, N₂O). Kammioimittaukset suoritetaan käsikäyttöisellä kammioilla säännöllisin väliajoin. Kaasujen vuota mitataan lisäksi automaattikammioilla, jotka on kytketty päämökkiin kaasuanalysaattoreihin teflonputkilla samankaltaisella järjestelyllä kuin puumittausten kammiot. Myös kammioiden toiminta muutoin on vastaava: ainoana erona kammion alaosa on aina auki maata vasten ja yläosa avautuu paineilmalla. Kaasujen vaihto ilman ja maan välillä liittyy myös biologisiin prosesseihin, sillä maaperä ja maanpinnan aluskasvillisuus toimii pääasiassa puiden tapaan joidenkin kaasujen nieluna, ja toisaalta maasta vapautuu biologisten hajoamisprosessien kautta toisia kaasuja kuten metaania. Tässä suhteessa vuorovaikutukset eivät siis ole ainoastaan elottoman maaperän ja ilmakehän välisiä, vaan myös biologiset prosessit on huomioitava.

Eri yhdisteiden ja alkuaineiden pitoisuuksia mitataan kammioiden kaasujen analysoinnin lisäksi vielä kahdella tavalla: karikeräyksellä ja vesinäytteitä analysoimalla. Karikeräys tapahtuu koealueelle eri puolille sijoitetuilla suppilomaisilla keräimillä, joista puista putoava karike saadaan talteen keräyspusseihin. Pussien sisältö jauhetaan ja analysoidaan kemiallisesti. Koealueelle maahan putoavat oksat ja niiden palat kerätään vuosittain tietyiltä ja koealoilta ja analysoidaan vastaavasti kuin muukin karike.

Padoista, runkovalunnasta ja sadevesikeräimistä, sekä säteilytornissa sijaitsevista kahdesta sadevesikeräimestä saatavat vesinäytteet analysoidaan Hyytiälän metsäaseman laboratorioissa ja Metsäntutkimuslaitoksella. Analysoitavia yhdisteitä ovat H^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , NH_4^+ , NO_3^- , N-org, SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , sekä liennut hiili. Käytettäviä analyysimenetelmiä ovat ICP, HPLC, TOC, FIA ja spektrofotometria [Haataja & Vesala 1997].

5. Päivystyksestä SMEAR II-asemalla

Suurin osa aseman mittauksista on toiminnassa jatkuvasti, ja pois ainoastaan huollon, kalibroinnin tai vastaavien toimenpiteiden ajan. Suurin osa mittauksista toimiikin automaattisesti. Kuitenkin monet mittalaitteistot ja tietokoneet ovat herkkiä laitteita, joihin tulee toisinaan vikoja. Haasteeksi muodostuu tällöin mittalaitteiden toimintakunnon valvonta. Osa valvonnastakin suoritetaan jo tietokoneohjelmilla, mutta niiden ajamiseen ja tulosten arviointiin tarvitaan kuitenkin vielä ihminen. Samoin mittauksista saatavan datan järjestyttä on usein vaikea arvioida koneellisesti.

Toisaalta monet mittalaitteet tarvitsevat säännöllistä huoltoa päivittäin, viikoittain, kuukausittain tai harvemmin. Vaikka suurelle osalle laitteita on periaatteessa nimetty vastuuhenkilöt yliopiston tutkijakunnasta, joista useimmat asuvat ja työskentelevät Helsingissä, tarvitaan käytännössä paikan päälle joku huolehtimaan rutiinimaisista huoltotoimenpiteistä, kalibroinneista ja tarkistuksista.

Lisäksi osaa mittauksista ei pystytä kustannustehokkaasti automatisoimaan, ja ne joudutaan suorittamaan käsin. Tällaisista esimerkkeinä ovat esimerkiksi vesi- ja karikekeräykset, jotkut kammiomittaukset sekä puustomittaukset. Käytännön syistä on yksinkertaisempaa, että joku aseman henkilökunnasta suorittaa monet tämänkaltaiset yksinkertaiset, usein toistuvat mittaukset. Lisäksi esimerkiksi vesinäytteiden keruun ajankohta riippuu sademääristä ja sääennusteista, joten on helpompaa, jos niiden kerääjän ei tarvitse matkustaa Helsingistä asti.

Mm. edellä mainituista syistä johtuen SMEAR II -asemalla on tarpeen olla päivystäjä, joka huolehtii aseman arkirutiineista [Liite B]. Mittalaitteiden valtavan lukumäärän takia tarvitaan rutiineistakin huolehtimiseen useampi henkilö. Kesäaikaan asemalla on lisäksi useampia kesätyöntekijöitä huolehtimassa päivystyksestä sekä avustamassa mittauskampanjoissa ja muissa tarvittavissa töissä. Koska SMEAR II sijaitsee Hyytiälän metsäaseman yhteydessä, on ollut järkevää järjestää monia toimintoja metsäaseman kanssa yhteistyössä, ja henkilökunnan työtehtävät saattavatkin joskus mennä ristiin asemien välillä.

5.1 Laitteistojen tarkistukset

Jatkuvasti päällä olevat mittaukset on usein täysin automatisoitu, eivätkä ne juuri tarvitse ihmisen ohjausta toimiakseen kun ne on kerran käynnistetty. Toisaalta jatkuvasti toimivat laitteistot voivat olla kovemmalla kulutuksella kuin silloin tällöin käytettävät, ja tietokoneet sekä herkkät mittalaitteet ovat usein herkkiä vioille ja esimerkiksi sähkökatkoille tai virtapiikeille sähköverkossa. Tämä on ongelma erityisesti kesällä ukkosella. Tästä syystä myös automaattimittauksia on valvottava säännöllisesti. SMEAR:in lähes kaikkien mittausten toiminta tarkastetaan päivittäin tai vähintään muutaman kerran viikossa.

Useimmat näistä tarkistuksista voidaan tehdä SMEAR:in sisäisen tietoverkon kautta etäyhteydellä, jolloin luodaan yhteys mittaustietokoneille ja voidaan tarkistaa niiden toiminta käymättä joka kerta mittauspaikalla. Lisäksi mittausten valvontaan on olemassa Matlab -tarkistusohjelmia, joilla voidaan tarkistaa, että mittausohjelmat toimivat ja ovat tallentaneet mittausdatan määrättyinä aikana, sekä että data on edelleen varmuuskopioitu palvelinkoneille. Ohjelmien käyttökelpoisuus on juuri niiden nopeudessa, ja niiden avulla voidaan esimerkiksi viikonlopun tai sähkökatkon jälkeen saada parissa minuutissa nopea yleiskuva mittausten toiminnasta ja mahdollisista häiriöistä, kun laitteistojen läpikäynti yksi kerrallaan olisi hyvin pitkä urakka. Näin voidaan keskittyä ensin korjaamaan mahdolliset viat ja jatkaa sen jälkeen huolellisempia tarkistuksia.

Tietokoneilla tehtävien tarkistusten lisäksi pyritään mittalaitteet tarkistamaan myös paikan päällä. Koska mittaukset sijaitsevat joskus kaukana toisistaan sekä mahdollisesti hankalissa paikoissa, kuten torneissa tai mastossa, suoritetaan joitakin fyysisiä tarkastuksia hieman harvemmin, usein muiden huoltotoimenpiteiden yhteydessä. Kaikkia tarkistuksia ei pystytä tekemään tietokoneen kautta vaan, esimerkiksi rotametrien ja kaasukellojen luku sekä pumppujen tarkistukset on tehtävä aina paikan päällä.

5.2 Huoltotoimenpiteet ja kalibroinnit

Erilaisten tarkastusten lisäksi suuren osan SMEAR-päivystäjän ajasta vievät laitteiston rutiinomaiset huoltotoimenpiteet ja kalibroinnit. Tähän luokkaan kuuluvat erilaisten suodattimien ja keräinkalvojen vaihdot, sekä niiden esikäsitely ja toimittaminen analysoitavaksi, datan kopioinnit joiltakin mittauskoneilta, käyttönesteiden täydennys (erityisesti aerosolimittalaitteilla), virtausmittaukset, ulkona olevien mittalaitteiden puhtaanapito jne. Useimmat näistä toimista ovat yksinkertaisia ja helppoja, mutta laitteistojen suuren määrän vuoksi niiden suorittamiseen kuluu paljon aikaa.

Aikaavievin rutiini asemalla on Dekati PM-10 –impaktorin keräyskalvojen vaihto, sekä muut siihen liittyvät toimenpiteet. Kyseisen impaktorin kalvot vaihdetaan kolmesti viikossa, ja samassa yhteydessä impaktorista poistetut kalvot punnitaan Hyytiälän laboratorion laminaarikaapissa mikrogramman tarkkuudella, varastoidaan pakastinhuoneeseen, sekä valmistellaan uudet kalvot. Tarvittaessa myös käsitellään suuremmissa erissä valmisteltavia kalvoja keräysrasvalla ja punnitaan ne, sekä pestään ja puhdistetaan impaktorin osat ultraäänipesurilla. Muita keräinkalvojen vaihtotoimenpiteitä ovat esimerkiksi EMEP-keräimen vaihto kolmesti viikossa, sekä Burkard -bioaerosolikeräimen keräinnauhan valmistelu ja vaihto säteilytornissa ja Ilmatieteen laitoksen radonmittauksen filterien vaihto viikoittain.

Suuri osa aerosolimittauslaitteista sisältää kondensaatiohiukkaslaskurin (CPC), tai useampia, jolloin CPC:iden käyttönestevarastot joudutaan täydentämään vedellä tai butanolilla aina tarvittaessa. Useat aerosolien mittaukseen käytettävät sekä jotkin muutkin laitteistot sisältävät lisäksi ilmankuivaimen, jonka käyttöaineena toimiva silicageeli on kuivattava laboratorion uunissa kun sen läpi päästämä kosteus ylittää tietyn rajan (yleensä RH 30 %). Muita nesteitä käyttäviä laitteita ovat ainakin nestetyppeä käyttävä TDL-kaasuanalysaattori, sekä ammoniumia mittaava ns. ammoniakikone, joka tarvitsee veden lisäksi o-phtaldehydiä, sekä sulfaattiliuosta. Ammoniakikone vaatii nesteiden täydennyksen lisäksi muitakin huoltotoimenpiteitä kuten laitteen muoviletkujen vaihdon ja diffuusioscrubberin tyhjennyksen ja puhdistuksen viikoittain.

Monien kaasuanalysaattorien ja aerosolimittalaitteiden tapauksessa on myös ajoittain suoritettava laitteiston ottamille näyteilmavirtauksille sekä DMPS:n tapauksessa suojailmavirtauksille virtausmittaukset. Kyseiset tarkastukset suoritetaan yleensä kerran viikossa. Tarkoituksena on varmistua, että virtaukset ovat virherajojen sisällä ja tarpeen vaatiessa säätää ne sopiviksi. Aerosolilaitteiden virtaukset mitataan pääsääntöisesti massavirtausmittarilla, kun taas kaasuanalysaattorien virtaukset tarkistetaan analysaattorien diagnostiikka-toiminnolla. Kaasuanalysaattorien tapauksessa tarkistetaan diagnostiikasta myös muita lukuarvoja, kuten lämpötiloja, paineita ja virtausta.

Kaasuanalysaattorit on myös aika-ajoin tarpeen kalibroida käyttäen tunnettuja kaasupitoisuuksia, sekä vaihtaa niiden näyteilmalinjan suodattimet. Monet muiden laitteiden kalibroinnit tapahtuvat automaattisesti, mutta käsin suoritettavat kalibroinnit ovat toistaiseksi tarpeen myös joillekin hiukkasmittalaitteille kuten H-TDMA:lle.

Muita huoltotoimenpiteitä ovat esimerkiksi joidenkin mittausohjelmien uusien datatiedostojen aloitus, paineilmasysteemien ja PTR-MS:n vedenerotinten tyhjennys ja sadevesikeräinten puhdistus. Rutiinomaisen huollon lisäksi osa huoltotöistä on laitteistoon tulleiden vikojen korjaamista ja ongelmien ratkaisua. Näissä tapauksissa usein apuna ovat usein aseman insinöörit sekä laitteesta vastaava tutkija. Päivystäjän tärkein tehtävä on kuitenkin yksinkertaisesti olla paikalla ongelmien varalta, ja hoitaa rutiinityöt silloin, kun laitteet ovat mittauskunnossa, eikä ongelmia ole.

5.3 Käsin suoritettavat mittaukset

Kuten edellä on jo mainittua, osa mittauksista on niiden luonteen vuoksi suoritettava käsin. Tällaisia ovat erityisesti erilaisten näytteiden keräämiset. Esimerkiksi kaikki vesikanisterit ja pullot padoista, sadevesikeräimistä ja sademittareista on vaihdettava ennen kuin ne tulvivat yli, ja niistä on otettava vesinäytteet analyysiä varten. Runsaiden sateiden aikaan tämä voi tarkoittaa useampaa kertaa viikossa. Talvella sadannan sijaan mitataan lumensyvyyttä, mikä sekin on toistaiseksi tehtävä käsin. Myös karikenäytteet on kerättävä tietyin väliajoin, joskin niiden ajankohta voidaan valita enemmänkin tieteellisin perustein, sen mukaan kuinka pitkä mittausväli halutaan.

Myös osa kammiomittauksista on edelleen suoritettava käsin, jos halutaan mitata esimerkiksi maan kaasuvuota muista paikoista koalueen automaattisten kammioiden lisäksi. Tällöin kannettava kammio siirretään haluttuun paikkaan ja käytetään kannettavaa analysaattoria tai otetaan näyte ruiskulla myöhemmin analysoitavaksi. Lisäksi monet enemmän tai vähemmän kerta- ja kampanjaluontoisista mittauksista tehdään käsin, kun ei ole järkevää rakentaa muutamaa mittausta varten pitkälle automatisoitua järjestelmää.

5.4 Mittausdatan tarkkailu

Asemalta saadun datan läpikäynti päivittäin on tärkeä rutiinitoimenpide, jolla halutaan varmistua laitteiden ja ohjelmistojen oikeasta toiminnasta. Mahdollisuuksien mukaan kaikki asemalta saatu data käydään läpi käyttäen hyväksi Matlab –ohjelmalla koodattuja tarkistusohjelmia. Näillä data esitetään graafisesti, usein ilman suuria korjauksia. Tarkoituksena ei ole mittaustulosten tieteellinen analysointi, vaan ainoastaan datan laadun arviointi. Useimmiten selkeät laitteistoviat näkyvät datassa esimerkiksi vakiolukemana, nollana tai datan puuttumisena. Monet biologiset prosessit noudattavat lisäksi vuorokausirytmisiä ja riippuvat säätilasta, jolloin myös kokemus datan tarkkailusta auttaa näkemään, mikä on normaalia ja mikä ei. Joskus vikoja on silti vaikeampi huomata, tai niiden huomaaminen vaatisi tarkempaa tieteellistä osaamista joltakin mittaukseen liittyvältä erikoisalalta. Siksi datan laadun seuranta ja mahdollisista ongelmista ilmoittaminen mittausasemalle on osin myös dataa käyttävien tutkijoiden vastuulla.

Osa datasta joudutaan esikäsittämään asemalla ja muuttamaan se sähköiseen muotoon, jos mittaukset on tehty käsin. Tällaisia ovat esimerkiksi ammoniakkipölyn piirturin lukemien kirjaaminen sekä monien vesimittausten tulosten tarkistukset.

Datan käyttäjälle on usein oleellisen tärkeää tietää datan keräyksen olosuhteet ja erityisesti mahdolliset poikkeamat, joita mitattaessa on havaittu. Siksi kaikista huoltotoimenpiteistä ja tarkastuksista pidetään päiväkirjaa, jolloin dataa analysoitaessa voidaan tarkistaa ovatko havaitut poikkeamat todellisia luonnonilmiöitä vai esimerkiksi mittalaitteiston virheellisestä toiminnasta tai kalibroinneista johtuvia. Päiväkirjoista useimmat ovat sähköisessä muodossa, joten ne ovat helposti dataa käyttävien tutkijoiden saatavilla.

5.5 Muut tehtävät

Muita tehtäviä, joissa aseman päivystäjän apua voidaan tarvita, ovat esimerkiksi mittausdatan etsiminen vierailleville tutkijoille ja yliopiston kurssien opetuskäyttöön, tarvittaessa tutkijoiden avustus erilaisiin mittauskampanjoihin liittyvissä järjestelyissä, sekä aseman esittelyt vierailijaryhmille.

6. Esimerkkidataa SMEAR II -aseman aerosolimittauksista

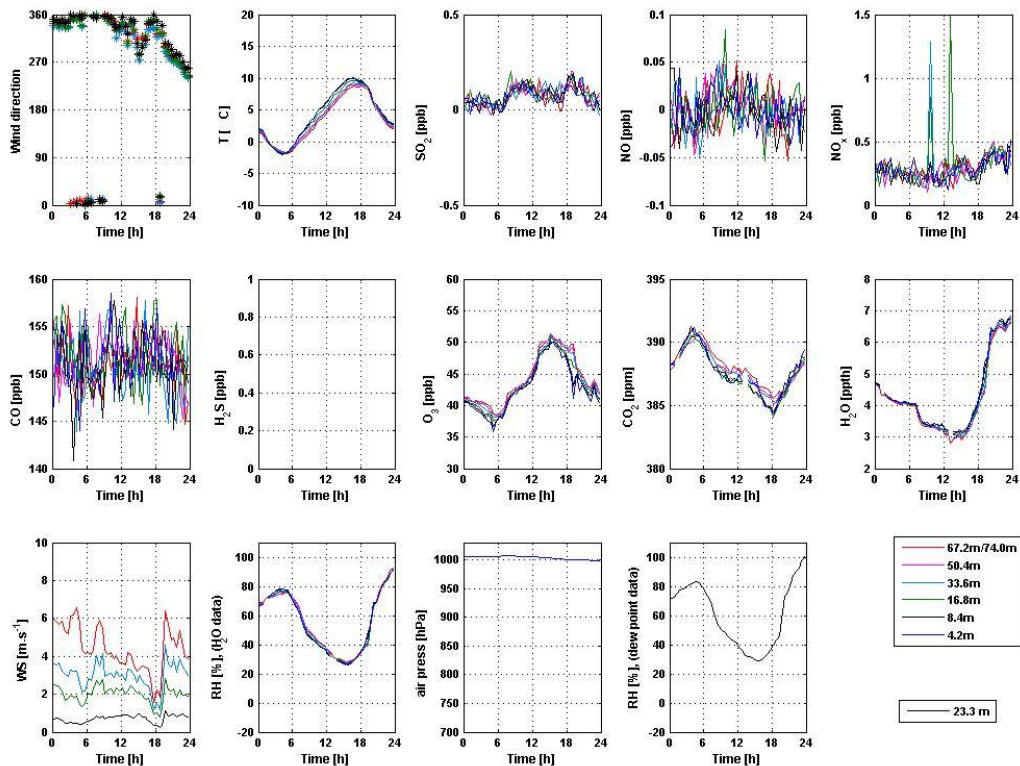
Seuraavassa on esitetty esimerkinomaisesti millaista dataa SMEAR II -asemalta saadaan. Datan valtavan määrän vuoksi tarkastelun kohteeksi on valittu ainoastaan aerosolimittausten tuloksia, sekä niitä mahdollisesti selittävää muuta tietoa esimerkiksi yleisestä säätilasta. Kaikki data on ainoastaan SMEAR II:n Matlab -ohjelmilla esikäsiteltyä, eikä monissa tapauksissa sisällä kaikkia tarvittavia korjauksia tai mittalaitteen signaali on vielä raakamuodossa. Datasta saa silti jonkinlaisen käsityksen siitä millaisia tuloksia mittauksista saadaan, ja ainakin käyrien muodot vastannevat melko hyvin korjattujakin tuloksia.

Tarkasteluun on valittu kaksi päivää; päivä jolloin nähtiin hiukkasmuodostustapahtuma eli ns. eventti, sekä päivä jolloin tällaista tapahtumaa ei ollut havaittavissa. Tarkasteltava eventtipäivä on 6. toukokuuta 2008, ja ei-eventtipäivä 20. elokuuta 2008. Näistä jälkimmäisen voidaan sanoa paremmin edustavan kesän 2008 keskimääräistä tilannetta, sillä eventtipäiviä oli 1.5 - 31.8.2008 -aikavälillä havaittavissa vain muutamia, ja niistäkin osa vähemmän selkeitä tapauksia, kun taas pilviset, viileähköt ja sateiset ei-eventti-kesäpäivät olivat kyseisellä aikavälillä yleisempiä.

6.1 Eventtipäivä

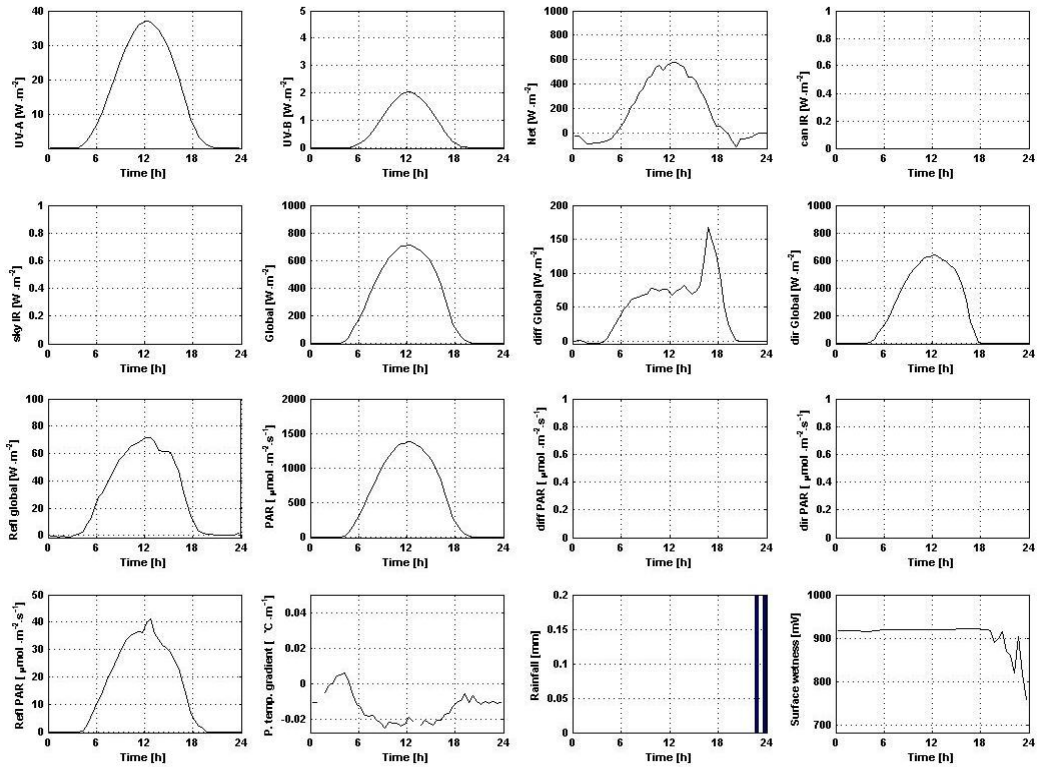
Valittu eventtipäivä sijoittuu toukokuun alkuun. Kevät onkin tyypillistä eventtien esiintymisaikaa [Dal Maso 2005, 2006]. Päivä on myös sääolosuhteiltaan suotuisa hiukkasmuodostustapahtumalle. Maston datasta kootusta yhteenvedosta (Kuva 6.1) voidaan päätellä tuulen käyneen pohjois-luoteesta, ja ilman hivenkaasujen (kuten SO₂, NO, NO_x, CO) olleen vähäisiä. Tällöin ilmassa voi olla peräisin saastumattomilta alueilta, kuten Pohjois-Atlantilta tai Pohjoiselta jäämereltä. Tämä korreloi myös nukleatiomoodin hiukkasten esiintymisen kanssa [Kulmala et al. 2000, Sogacheva et al. 2005]. Pohjoisessa ei kymmenien kilometrien säteellä ole mainittavaa asutusta tai teollisuutta, ja antropogeeniset aerosolit ja epäpuhtaudet ovat siten vähäisiä tuulen käydessä tästä suunnasta. Hyytiälän tapauksessa voidaan esimerkiksi arvioida antropogeenisten hiukkaslähteiden osuuden olevan pieni ilman saapuessa sektorista joka on pohjoisesta n. 80 astetta vastapäivään (länteen) [Tunved et al. 2006]. Myös suuri määrä valmiiksi ilmassa olevia aerosolihiuksia pienentää hiukkasmuodostustapahtuman todennäköisyyttä kasvattamalla koagulaatio- ja kondensaationieluja [Boy 2003, Sogacheva et al. 2005, Dal Maso et al. 2005].

Valittuna esimerkkipäivänä ilmanpaine on n. 1 atm, ja suhteellinen ilmankosteus (RH) sekä ilman vesipitoisuus verrattain alhaisia varsinkin päivän lämpimään aikaan. Pieni ilman vesipitoisuus on suosiollinen tekijä eventin muodostumiselle [esim. *Hyvönen et al. 2005, Boy 2003*] Päivän keskilämpötila on noin 5 celsiusasteen paikkeilla, ja noudattaa melko kauniisti sinikäyriä. Aamuyön alin lämpötila (n. klo 06) on n. -2°C ja iltapäivän ylin lämpötila (n. klo 18) n. 10°C. Eventtipäivälle on tyypillistä korkea globaalisäteilyn arvo, suuri lämpötilaero aamun ja iltapäivän välillä, sekä suhteellisen kosteuden lasku samalla aikavälillä [*Mäkelä et al. 1997*]. Lisäksi kevään eventtipäiville on tyypillistä korkea maksimilämpötila ja O₃-konsentraatio, sekä pieni kondensaationielu ja suhteellinen kosteus [*Lyubovtseva et al. 2005*]. Kuvista 6.1 ja 6.2 nähdään, että valittuna esimerkkipäivänä tilanne on kuvatus kaltaisen. Myös eddykovarianssimittausten mukaan sääolosuhteet olivat vakaat ja vuot tasaiset, mahdollisesti heikon tuulen vuoksi. Säätietojen mukaan aamu- ja iltapäivä oli sateeton ja näkyvyys hyvä, mutta klo 18 jälkeen alkoi heikosti sataa. Sama näkyy säteilydatan ohessa (Kuva 6.2) näkyvästä pinnankosteusanturin lukemasta.



Kuva 6.1. Maston mittalaitteiden dataa 06.05.2008. Eri viivojen värit vastaavat eri korkeuksilta saatavia tuloksia selitteen mukaisesti. 23.3 m käyrä tarkoittaa maston kastepistemittaria (RH dew point, viimeinen kuva). H₂S on mitattu vain vähän aikaa v. 1996, joten käyrä puuttuu kuvasta.

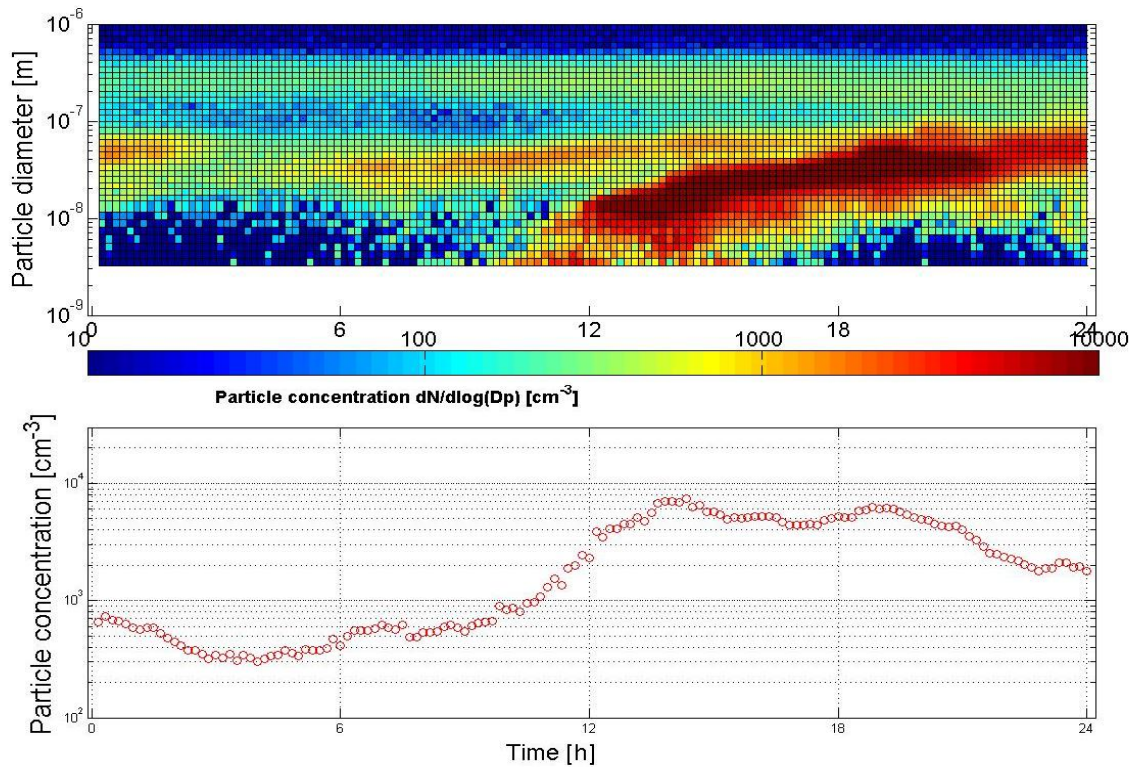
Hiukkasmuodostustapahtuman todennäköisyyttä kasvattaa puhtaan ilman lisäksi auringon säteily, varsinkin lyhyemmällä aallonpituuksilla [*Boy 2003, Lyubovtseva et al. 2005*]. Siksi on järkevää tarkastella myös päivän säteilydataa (Kuva 6.2). Kuvaajista voidaan päätellä päivän olleen pääosin pilvetön, sillä säteilydata on hyvin kaunista, tasaista ja häiriötöntä, pois lukien mahdolliset pienet yläpilvet. Illan aikana saatu sade ei juurikaan ehtinyt vaikuttaa säteilydataan, sillä aurinko on laskenut suunnilleen samaan aikaan kun sade on alkanut.



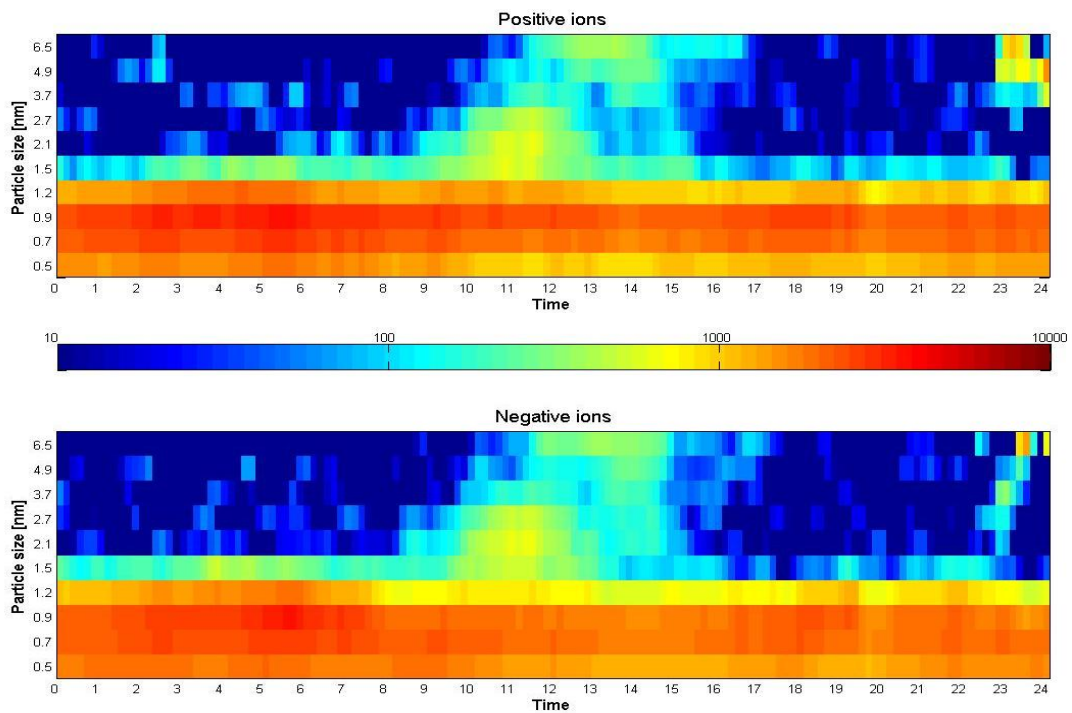
Kuva 6.2. Säteilydata 06.05.2008. Puuttuvat diff. PAR ja IR -kuvaajat johtuvat siitä ettei vastaavia antureita ollut asennettuna säteilytorniin ko. aikana. Diffuusin globaalisäteilyn kuvaajan piikki saattaa johtua siitä, että anturia suoralta auringonsäteilyltä varjostava rengas olisi ollut hieman liian korkealla, ja suora auringonvalo olisi siksi päässyt paistamaan anturiin auringon laskiessa.

Varsinainen eventti havaitaan DMPS:n ja BSMA:n hiukkasdatasta (Kuva 6.3) Eventti on nähtävissä myös myös esim. REA CPC:llä ja Ioni-DMPS:llä. Samoilla mittalaitteilla nähdään myös, että hiukkasten määrä ennen eventtiä on ollut poikkeuksellisen pieni. Kyseisenä aamupäivänä hiukkasia oli vain n. 300-500 hiukkasta /cm³. Kesän 2008 aikana arvot vaihtelivat suunnilleen välillä 200 - 15000 1/cm³, tyypillisen arvon ollessa n. 1000 - 5000. Tavallisesti pohjoinen havumetsä tuottaa kesäaikaan noin 1000-2000 aerosolihiukkasen populaation kuutiosenttimetriä kohden [Tunved et al. 2006]

Parhaiten itse hiukkasmuodostustapahtuma näkyy kaksois-DMPS:n datasta. (Kuva 6.3) Kuvassa näkyy selkeästi myös ilman puhtaus ennen eventin alkua, sekä erittäin selkeä hiukkasten koon kasvu iltapäivän aikana. Kokojakauman huippu saavuttaa Aitkenin moodin 40 nm:n rajakoon noin klo 20 aikaan. BSMA -datasta (kuva 6.4) puolestaan voidaan tarkastella DMPS:n havaitsemisrajan alapuolelle jäävän kokoluokan hiukkasia (n. 0,5 - 3 nm), jolloin nähdään eventin alkaneen jo noin klo 09-10. BSMA:lla eventin alku on havaittavissa hieman ennen DMPS:ää. Alkamisaika on varsin tyypillinen, sillä yleensä eventin alku on havaittavissa 3-4 tuntia auringonnousun jälkeen [Dal Maso 2006, Mäkelä et al. 2000] (vrt. kuva 6.2). Muutaman tunnin kuluttua pienten hiukkasten määrän huomataan vähentyneen hiukkasten kondensaatiokasvun ja koagulaation vuoksi. Myös varattujen klusterien muodostama hiukkasvaranto (n. 0.,5 - 1,2 nm alueella) pienenee kuvan mukaan hieman eventin edetessä. Illalla noin klo 19 (Kuva 6.2) alkanut sade (märkädepositio) aiheuttaa hiukkaskonsentraation laskuun vuorokauden loppua kohti.



Kuva 6.3. DMPS -data 06.05.2008. Hiukkasten kokojakauma sekä kokonaiskonsentraatio ajan funktiona. Punaisilla merkityillä kokoalueilla on paljon hiukkasia, sinisillä vähän. Kuvasta näkyy uusien pienikokoisten hiukkasten muodostumisen lisäksi myös niiden kasvu suurempiin kokoluokkiin iltapäivän aikana.

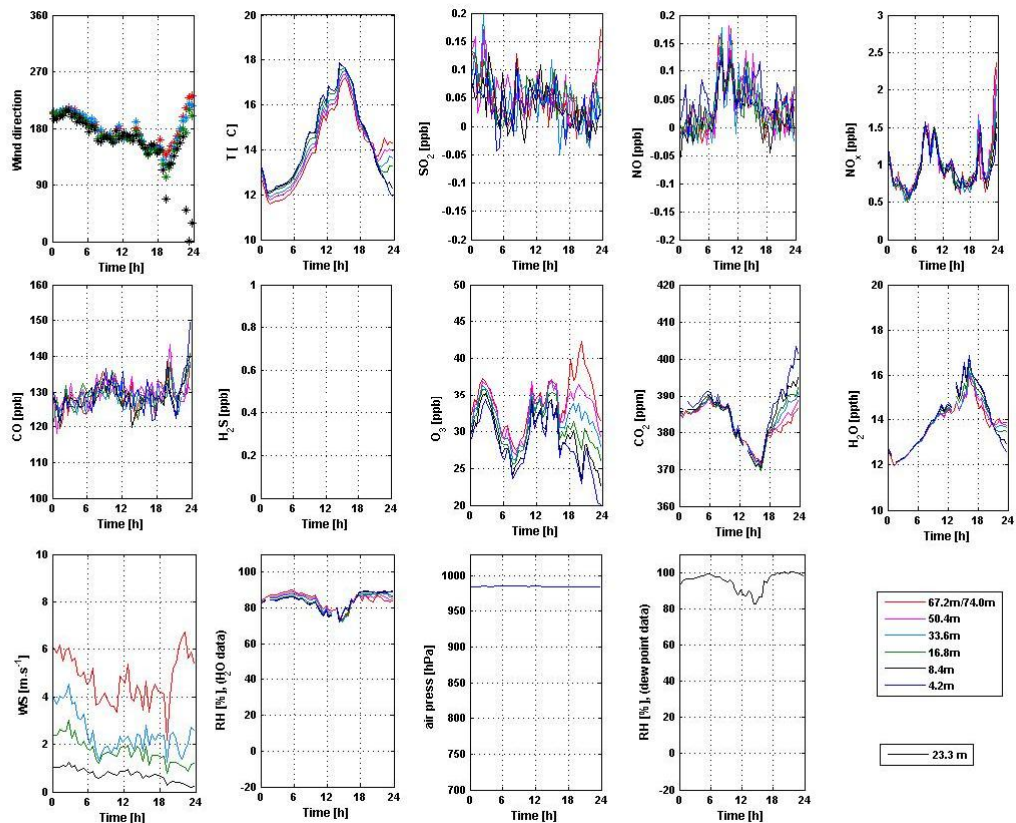


Kuva 6.4. BSMA -data 06.05.2008. Vastaava kokojakauma ajan funktiona kuin kuvassa 6.3, mutta pienemmän kokoluokan hiukkasille. Johtuen juuri pienemmästä alarajakoosta hiukkasmuodostustapahtuma on BSMA:lla havaittavissa hieman aikaisemmin kuin DMPS:llä.

6.2 Ei-eventtipäivä

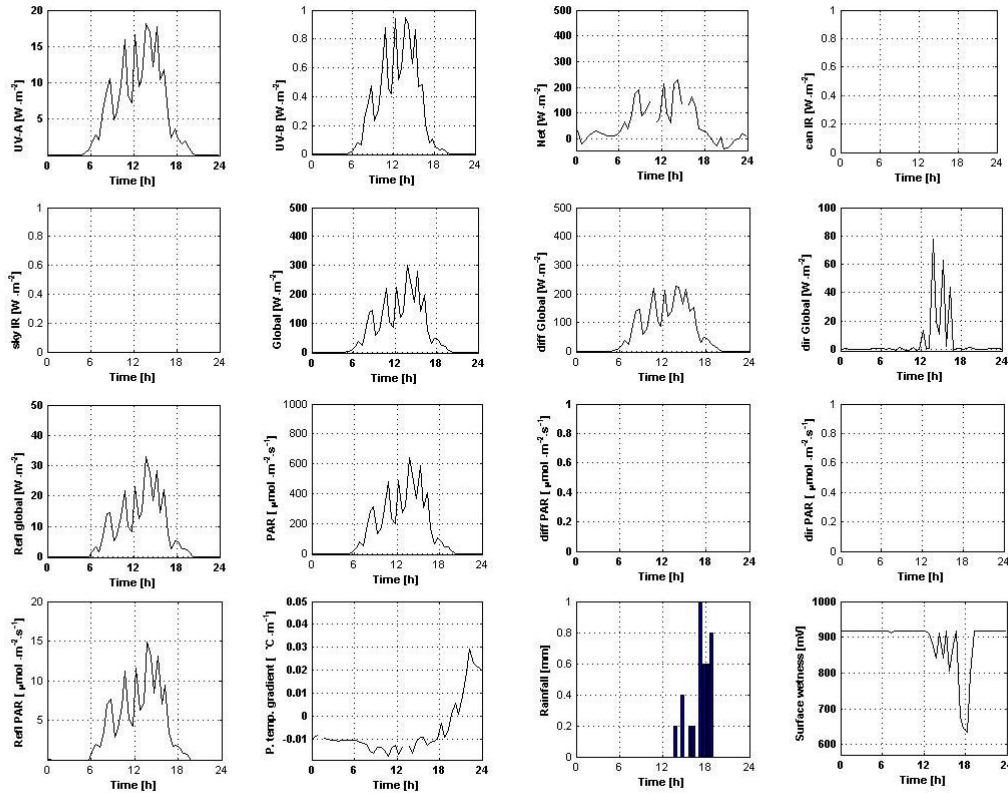
Toiseksi esimerkkipäiväksi valittiin elokuun 20. päivä, jolloin hiukkasmuodostustapahtumaa ei ole havaittavissa. Loppukesään sijoittuva vuodenaika ei ole otollisin eventtien esiintymiselle [Dal Maso 2005, 2006], eivätkä säätekijätkään ole erityisen suosiollisia. Tuulen suunta etelästä, ilmakehässä valmiiksi olevien aerosolihiukkasten kohtalainen määrä ja siitä aiheutuva koagulaationielu, suhteellisen pieni UV-säteilyn määrä sekä selkeä lämpötilagradiendi ovat tekijöitä, jotka eivät sovi hyvin eventtipäivän profiiliin [vrt. Mäkelä et al. 2000]. Maston datasta (Kuva 6.5) käy ilmi, että heikko tuuli käy lähinnä etelästä, josta yleensä tulee saasteisempaa ilmaa kuin pohjoisesta [Sogacheva et al. 2005]. Ilmamassa ei kuitenkaan luultavasti tule suoraan suurista kaupungeista, koska ilman epäpuhtaudet eivät ole kovin suuria, vaikka ovatkin isompia kuin edellä käsitellyn eventtipäivän tapauksessa.

Ilmankosteus on lähes 100%, ja vuorokauden keskilämpötila n 15°C. Klo 12-20 välisenä aikana sataa vettä n. 5 mm ja näkyvyys on heikompi kuin edellisessä esimerkkitapauksessa. Erityisesti suuri suhteellinen ilmankosteus eli suuri vesihöyryn määrä ilmassa on rajoittava tekijä hiukkasmuodostustapahtumille [Hyvönen et al. 2005, Boy 2003].



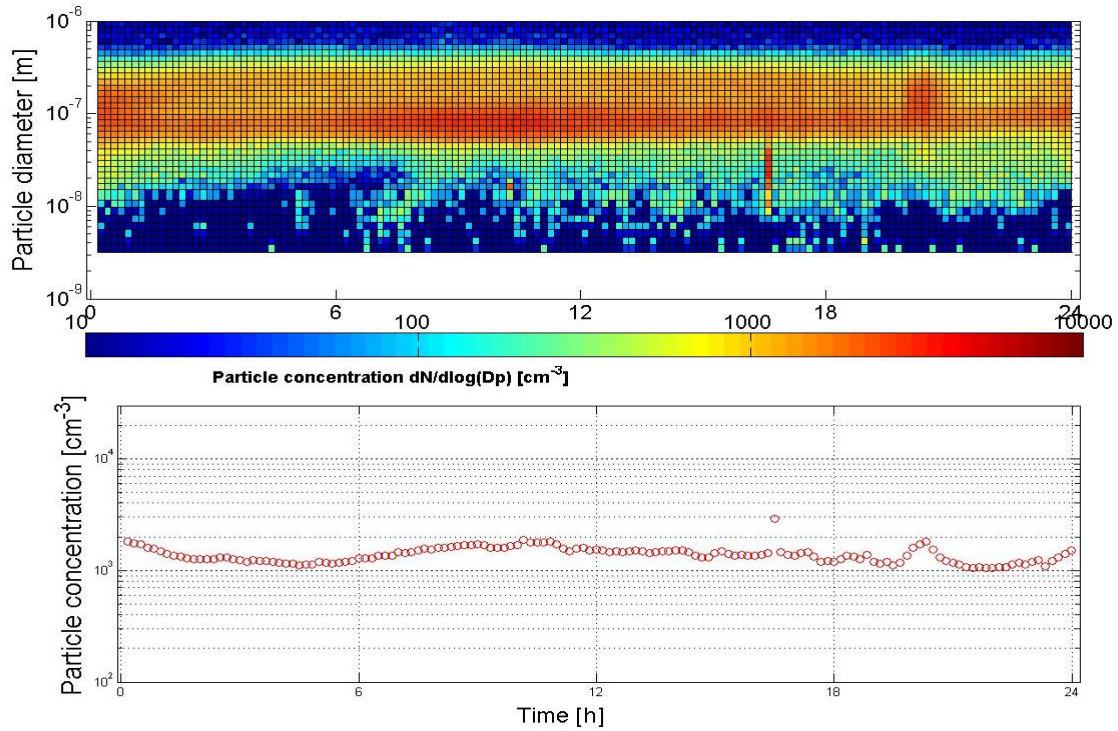
Kuva 6.5. Maston dataa 20.08.2008. Eri viivojen värit vastaavat eri korkeuksilta saatavia tuloksia selitteen mukaisesti.

Merkittävä ero toiseen esimerkkipäivään verrattuna nähdään säteilydatassa (Kuva 6.6). Kaikki säteilymäärät ovat huomattavasti pienempiä verrattuna 6.5.08 tilanteeseen (kuva 6.2). Rosoiset kuvaajat kertovat yleensä hieman vaihtelevasta pilvisyydestä, samoin kuin matala suoran säteilyn (Kuva 6.6, "dir Global") arvo. Sade- ja pinnankosteusanturit näyttävät, että puolenpäivän jälkeen alkanut sade on ollut kohtalaisen voimakasta.

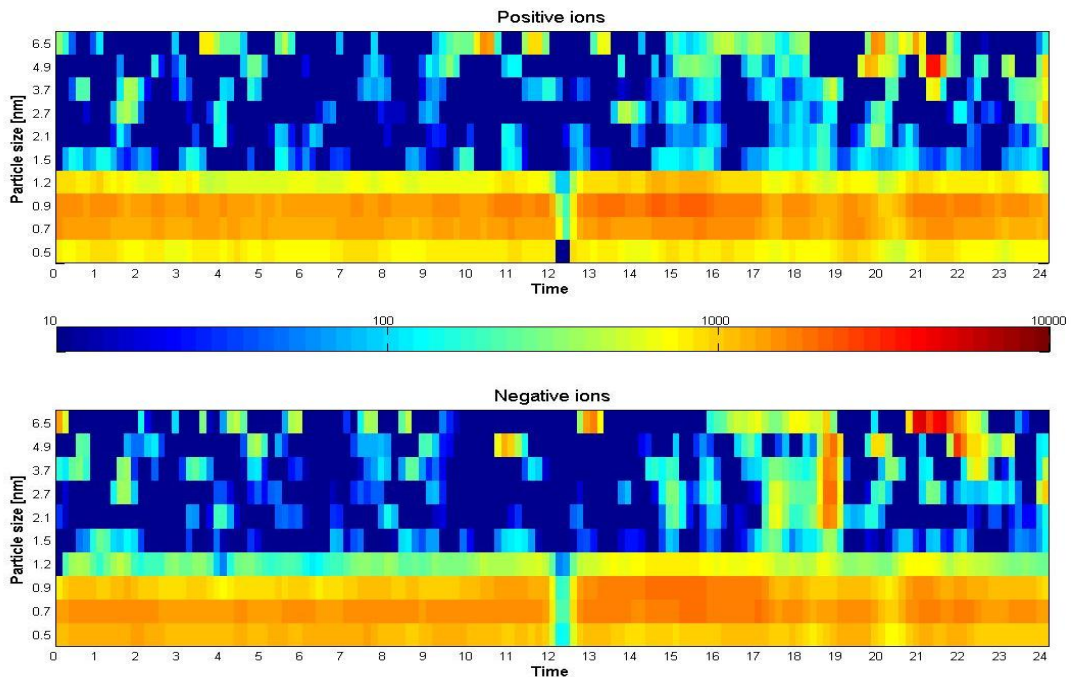


Kuva 6.6. Säteilydata 20.08.2008. Puuttuvat diff. PAR ja IR -kuvaajat johtuvat siitä ettei vastaavia antureita ollut asennettuna säteilytorniin ko. aikana.

Hiukkasdata päivältä 20.8.2008 kertoo, että hiukkasia on ollut varsin tyypillinen määrä, ja aamulla enemmän kuin esimerkkinä käytettynä eventtipäivänä. BSMA –datassa konsentraation nopea vaihtelu on enemmän, johtuen korkeasta suhteellisesta ilmakesteydestä (kuva 6.5), jolloin ilman vesipisarat aiheuttavat häiriöitä herkässä sähköisessä mittalaitteessa.. DMPS -datassa (Kuva 6.7) voidaan määrittää kokonaishiukkaskonsentraatioksi noin 1000-2000 hiukkasta kuutiometriä kohden, ja nähdään hiukasmäärän ja jakauman pysyvän melko samanlaisena koko päivän. Klo 12-19 ilmennyt sade (Kuva 6.6) saattaa selittää hiukkas-konsentraation laskua kyseisellä aikavälillä. Myös BSMA:n mittaustulokset (Kuva 6.8) ovat vastaavia.



Kuva 6.7. DMPS -data 20.08.2008. Hiukkasten kokojakauma sekä kokonaiskonsentraatio ajan funktiona. Punaisilla merkityillä kokoalueilla on paljon hiukkasia, sinisillä vähän. N. klo 16-17 havaittavalle poikkeavalle pisteelle ei löytynyt selkeää selitystä. Se saattaisi johtua esim. laitteiston toimintahäiriöstä tai jonkun paikallisen, erittäin pienen saastepilven (kuten auton pakokaasupilvi) joutumisesta inlet -putkeen.



Kuva 6.8. BSMA -data 20.08.2008. Vastaava kokojakauma ajan funktiona kuin edellä, mutta pienemmän kokoluokan hiukkasille. Poikkeama datassa klo 12:00 jälkeen johtuu BSMA:n sammuttamisesta ja uudelleenkäynnistyksestä viikoittaisen datan kopiointiin ja automaattikalibroinnin yhteydessä. Kohina johtunee korkean suhteellisen ilmakesteyden aiheuttamista häiriöistä.

7. Yhteenveto

7.1 SMEAR II

SMEAR II -aseman tarkoitus on mitata pitkäaikaisesti ja monipuolisesti ekosysteemin ja ilmakehän välisiä vuorovaikutuksia, erityisesti tarkkailemalla erilaisia vuosuureita, varastoja ja konsentraatioita. Tärkeimpiä mitattavia vuosuureita ovat energian, liikemäärän, veden, hiilen, hivenkaasujen ja aerosolien vuot [Hari & Kulmala 2005]. Aseman mittaukset luokitellaan yleensä aihepiirinsä mukaan ilmakehä- metsä- ja maamittauksiin. Suurin osa mittauksista on automatisoitu ja tietokoneohjattu, mutta mittalaitteiden tarkkailuun ja huoltoon sekä datan laadun arviointiin tarvitaan asemalle päivystyshenkilökuntaa. SMEAR II:lta saatua dataa analysoidaan pääasiassa Helsingin yliopistossa, mutta myös muissa yhteistyötä tekevissä laitoksissa kuten Ilmatieteen laitoksella. Mittaustulokset ovat myös ulkopuolisten tutkijoiden saatavilla. SMEAR II:lta saatua mittausdataa käytetään laajalti ja mittaustuloksista julkaistaan n. 50 kpl referoituja tieteellisiä artikkeleita vuosittain.

7.2 Päivystyksestä asemalla

Päivystäjänä SMEAR II -asemalla toimiminen antaa hyvän kuvan erityisesti ilmastonmuutoksen tutkimukseen liittyvistä kokeellisista mittauksista. Mittausten laaja-alaisuus luo erinomaisen tilaisuuden tutustua myös oman erityisalueen ulkopuolisiin mittauksiin ja tutkimukseen, ja työskentely asemalla antaa mahdollisuuden syvempäänkin lähitieteisiin perehtymiseen ja poikkitieteellisyyteen oman kiinnostuksen mukaan. Aseman rutiinitoimenpiteiden hoitamisen ohessa päivystäjän on usein myös mahdollista seurata eri alojen tutkijoiden toimintaa ja mittauksia asemalla, ja saada ensi käden tietoa meneillään olevasta tutkimuksesta. Onkin paljon omaa aktiivisuudesta ja kiinnostuksesta kiinni kuinka paljon SMEAR II:lla työskentelystä saa irti. Myös aseman vakituiset työntekijät ovat asiantuntijoita eri aloilta, joten yleensä löytyy aina joku joka osaa kertoa mittausten tarkoituksesta ja laitteiston toiminnasta sekä neuvoa mahdollisissa ongelmatapauksissa.

Vaikka päivystysrutiinit ovatkin joskus hieman yksitoikkoisia ja laitteet toimivat pääsääntöisesti tietokoneohjatuksi, ilmaantuu mittauksissa varsin usein myös ongelmia. Toimintahäiriöiden havaitseminen ja mahdollisuuksien mukaan myös korjaaminen, sekä uusien mittaustulosten asennus ja mittauskampanjat tekevät työstä melko vaihtelevan ja mielenkiintoisen myös käytännön toiminnan tasolla. Rutiinikokoukset ja huolto- ym. toimenpiteet painottuvat yleensä aamuun, jolloin myös mahdolliset yöllä tai viikonloppuisin ilmaantuneet laitteisto-ongelmat havaitaan. Päivystäjän alkupäivä ja alkuviikko ovatkin yleensä kiireisiä, ja loppuillapäiväsin ei enää välttämättä ole yhtä paljon tekemistä. Vaihtelevan aikataulun ja kiireisyyden vuoksi onkin hyvä että joukossa on rutiinitöitä ja ylimääräisiä projekteja, joita ei tarvitse suorittaa tietynä viikonpäivänä tai kellonaikana, ja joita voi tehdä silloin, kun mittalaitteet toimivat ongelmitta.

Päivystysrutiinien suuresta määrästä huolimatta suuri osa tarvittavista toimenpiteistä on varsin nopeita ja yksinkertaisia, mikä myös osaltaan lisää työn vaihtelevuutta. Käytännössä suuri osa päivystäjän työajasta kuitenkin kuluu vain muutaman mittalaitteen huoltoon. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi PM10-impaktori ja ammoniumia mittaava ns. "ammoniakkikone" (DS), joiden molempien automaatioaste on alhainen. Mm. pitkien mitattujen aikasarjojen jatkumisen vuoksi laitteet on toistaiseksi haluttu pitää toiminnassa, mutta ehkä tulevaisuudessa näitäkin mittauksia pystytään kehittämään automaattisempaan suuntaan.

Kaiken kaikkiaan päivystys SMEAR II:lla on erittäin avartava ja hyödyllinen kokemus, joka paitsi tarjoaa yleiskuvan ilmastonmuutoksen ja muiden ajankohtaisten ympäristökysymysten kokeellisesta tutkimuksesta, myös luo hyvän pohjan ilmakehätieteiden ja lähitieteenalojen opiskelulle ja syvällisemmälle ymmärtämiselle.

8. Viitteet

Boy, M. (2003). Nucleation events in the continental planetary boundary layer - physical, chemical and meteorological influences. *Report Series in Aerosol Science* N:o 60.

Dal Maso, M., Kulmala, M., Riipinen, I., Wagner, R., Hussein, T., Aalto, P. ja Lehtinen, K.. (2005). Formation and growth of fresh atmospheric aerosols: eight years of aerosol size distribution data from SMEAR II, Hyytiälä, Finland. *Boreal Env. Res.* Vol. 10: 323-336

Dal Maso, M. (2006). Analysis of atmospheric particle formation events. *Report Series in Aerosol Science* N:o 85.

Gagne, S., Laakso, L., Petäjä, T., Kerminen, V.-M. ja Kulmala, M. (2008). Analysis of one year of Ion-DMPS data from the SMEAR II station, Finland. *Tellus.* 60B: 318-329.

Hari, P. & Kulmala, M. (2005). Station for Measuring Ecosystem-Atmosphere relations (SMEAR II). *Boreal Env Res.* Vol. 10: 315-322.

Haataja, J. & Vesala, T., (toim.) (1997) SMEAR II, Station for Measuring Forest Ecosystem – Atmosphere Relation. *Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja* 17

Hyvönen, S., Junninen, H., Laakso, L., Dal Maso, M., Grönholm, T., Bonn, B., Keronen, P., Aalto, P., Hiltunen, V., Pohja, T., Launiainen, S., Hari, P., Mannila, H., Kulmala, M. (2005). A look at aerosol formation using data mining techniques. *Atmospheric chemistry and physics discussions.* Vol. 5: 3345-3356

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2007). Fourth Assessment Report (AR4). Working Group I Report "The Physical Science Basis."

Kulmala, M., Rannik, Ü., Pirjola, L., Dal Maso, M., Karimäki, J., Asmi, A., Jäppinen A., Karhu, V., Korhonen, H., Malvikko, S.-P., Puustinen, A., Raittila, J., Romakkaniemi, S., Suni, T., Yli-Koivisto, S., Paatero, J., Hari, P. ja Vesala, T. (2000). Characterization of atmospheric trace gas and aerosol concentrations at forest sites in southern and northern Finland using back trajectories. *Boreal Env. Res.* Vol. 5: 315-336

Lyubovtseva, Y., Sogacheva, L., Dal Maso, M., Bonn, B., Keronen, P. ja Kulmala, M. (2005). Seasonal variation of trace gases, meteorological parameters, and formation of aerosols in boreal forests. *Boreal Env. Res.* Vol. 10: 493-510

Mäkelä, J., Aalto, P., Jokinen, V., Pohja, T., Nissinen, A., Palmroth, S., Markkanen, T., Seitsonen, K., Lihavainen, H., Kulmala, M. (1997). Observations of ultrafine aerosol particle formation and growth in boreal forest. *Geophys. Res. Lett.* Vol 24:10: 1219-1222

Mäkelä, J., Dal Maso, M., Pirjola, L., Keronen, P., Laakso, L., Kulmala, M. ja Laaksonen, A. (2000). Characteristics of the atmospheric particle formation events observed at a boreal forest site in southern Finland. *Boreal Env. Res.* Vol. 5: 299-313

Sogacheva, L., Dal Maso, M., Kerminen, V.-M. ja Kulmala, M. (2005). Probability of nucleation events and aerosol particle concentration in different air mass types arriving at Hyytiälä, southern Finland, based on trajectory analysis. *Boreal Env. Res.* Vol. 10: 479-491

Tunved, P., Hansson, H., Kerminen, VM., Strom, J., Dal Maso, M., Lihavainen, H., Viisanen, Y., Aalto, P., Komppula, M., Kulmala, M. (2006). High Natural Aerosol Loading over Boreal Forests. *Science.* Vol. 312: 261-263.

Vesala, T., Haataja, J., Aalto, P., Altimir, N., Gintaus, B., et al. (1998). Long-term field measurements of atmospheric-surface interactions in boreal forest combining forest ecology, micrometeorology, aerosol physics and atmospheric chemistry. *Trends in Heat, Mass & Momentum Transfer.* Vol. 4: 17-35.

[1] Helsingin yliopisto. (2008). ML tdk - Ilmakehätieteiden osasto - SMEAR -asemat -SMEAR II [WWW-dokumentti]. Luettu 3.10.2008 <<http://www.atm.helsinki.fi/SMEAR/>>

[2] Hyytiälän metsäaseman vuosikertomus 2007

[3] Hyytiälän metsäaseman opaskartta. Hyytiälän metsäaseman kotisivut. Luettu 6.10.2008. <http://www.mm.helsinki.fi/hyytiala/images/pihapiiri_opaskartta.gif>

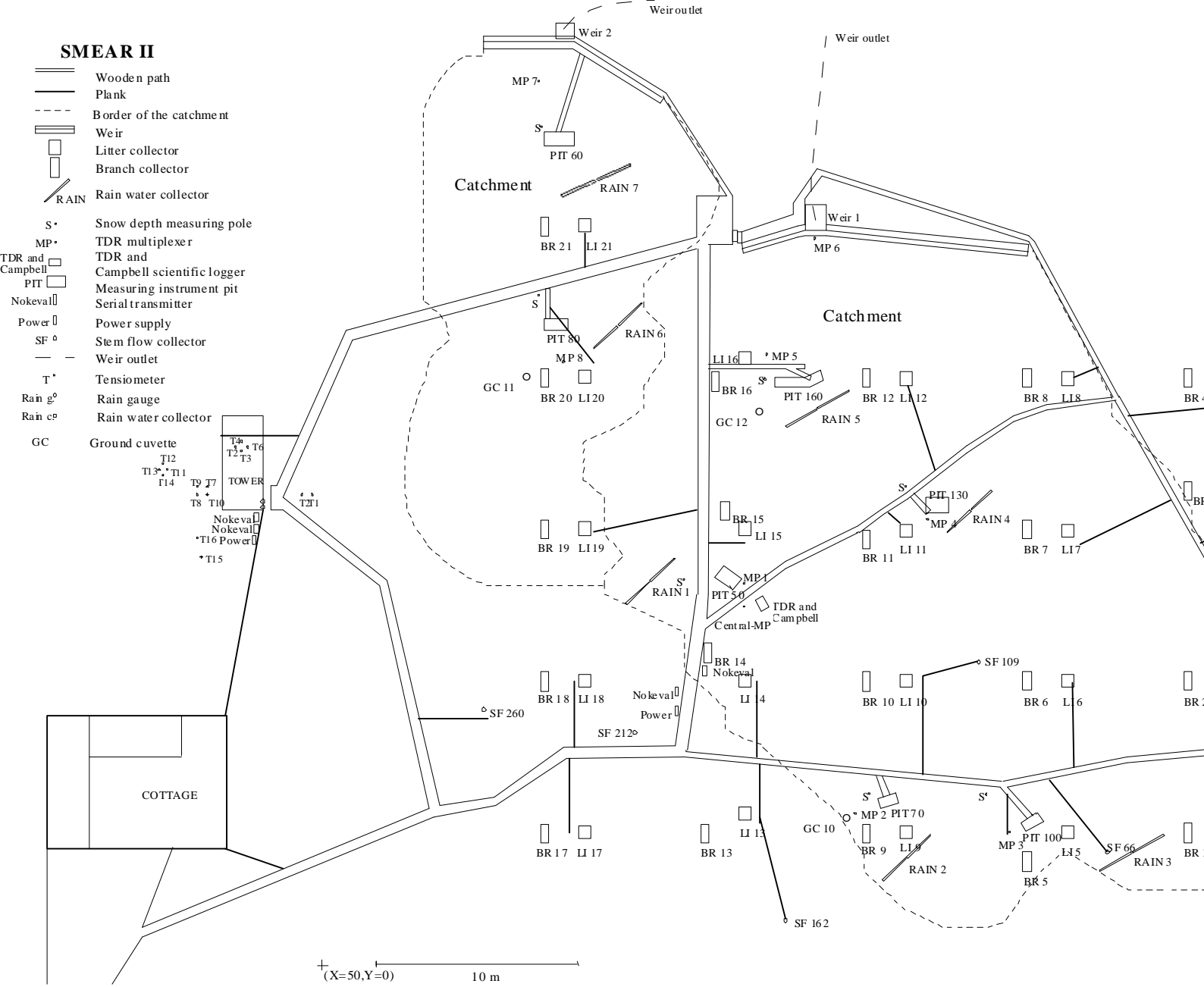
9. Liitteet

[A] Valuma-alueiden kartta

[B] SMEAR II -kesäpäivystäjän viikkolista

[C] Lista SMEAR II:n mittalaitteista

[LITE A: SMEAR II:n valuma-alueiden kartta (Haataja & Vesala 1997)]



[LIITE B: Kesäpäivystäjän viikkolista 2008]

Maanantai:

- impaktorin ja EMEP-keräimien vaihto ja EMEP-keräimien lähetys IL:ään.
- HTDMA-CPC:n tyhjennys ja kalibrointi
- IL:n radonmittauksen suodattimien vaihto sekä datan kopiointi levykkeelle
- IL:n ulkoisen säteilyn mittauksen tarkistus
- impaktorin kalvojen punnitus
- masa (maasampler)-tarkistus
- päivystäjän tarkistukset
- IMS:n tiedoston tallennus ja uuden aloittaminen
- DS:n tarkistus ja piikkien laskenta
- tensiometrien lukeminen tarvittaessa
- tarkista ovatko rainer- ja runkovaluntakanisterit niin täynnä, että ne saattaisivat tulvia yli ennen varsinaista keräyspäivää, ja ilmoita tarvittaessa laboratorioon
- mökin siivous (imurointi)
- sunfotometrin tarkistus kerran viikossa aurinkoisella säällä

Tiistai:

- HTDMA-CPC:n tyhjennys
- EddyTow LiCor analysaattorin virtausten tarkistus
- ARG-100 sademittarien tarkistus säteilytornissa ja Pit 100:lla
- säteilyanturien tarkistus, diffuusisäteilyanturin varjon tarkistus ja kohdistus tarvittaessa
- Burkard keräimen nauhan vaihto ja lähetys
- sunfotometrin tarkistus kerran viikossa aurinkoisella säällä
- masa-tarkistus
- tarkista HRIM (Piikkisika)-tietokoneen kellonaika
- päivystäjän tarkistukset
- DS:n tarkistus ja piikkien laskenta
- DS:n litkujen vaihto/lisäys, pesu ja pumppuletkujen vaihto
- patovirtauksen lukeminen ja vesinäytteiden otto
- tarkista ovatko rainer- ja runkovaluntakanisterit niin täynnä, että ne saattaisivat tulvia yli ennen varsinaista keräyspäivää, ja ilmoita tarvittaessa laboratorioon
- mökin siivous (imurointi)

Keskiviikko:

- HTDMA-CPC:n tyhjennys ja kalibrointi
- impaktorin ja EMEP-keräimien vaihto
- impaktorin kalvojen punnitus
- masa-tarkistus
- päivystäjän tarkistukset
- REA_CPC:n kaasuvirtauksen ja butanolin viikkotarkistus
- REA_CPC:n up ja down säiliöiden venttiiliohjauksen vaihto
- BSMA ionispektrometrin datan kopiointi Timolle ja BSMA-tietokoneen kellon tarkistus
- BSMA:n inletin tarkistus, puhdistus tarvittaessa
- DS:n tarkistus ja piikkien laskenta
- tarkista ovatko rainer- ja runkovaluntakanisterit niin täynnä, että ne saattaisivat tulvia yli ennen varsinaista keräyspäivää, ja ilmoita tarvittaessa laboratorioon
- mökin siivous (imurointi)
- sunfotometrin tarkistus kerran viikossa aurinkoisella säällä

Torstai:

- HTDMA-CPC:n tyhjennys
- DMPS:n ja Ionidmps:n kaasuvirtausten, butanolin ja silica geelin tarkistus
- LCPC:n ja Volatility-DMPS:n silica geelin vaihto
- Aethalometrin kaasuvirtauksen tarkistus
- Nephelometrin tarkistus
- APS:n tarkistus ja tiedoston nimen muuttaminen
- ELPI:n varaajan ja inletin tarkistus (puhdistus tarvittaessa), sekä tiedoston nimen muuttaminen, katso erillinen ohje
- ELPI:n kalvojen vaihto (joka toinen viikko, tai harvemmin)
- masa-tarkistus
- päivystäjän tarkistukset
- Photo NOx analysaattorien pre-signaalin viikkotarkistus
- CO analysaattorin viikkotarkistus
- Masto CO2/H2O analysaattorien rotametrien viikkotarkistus
- Kaasuanalysaattorien tuuletinten toiminnan tarkistus
- tarkista ovatko rainer- ja runkovaluntakanisterit niin täynnä, että ne saattaisivat tulvia yli ennen varsinaista keräyspäivää, ja ilmoita tarvittaessa laboratorioon
- IMS:n tiedoston tallennus ja uuden aloittaminen
- DS:n tarkistus ja piikkien laskenta
- mökin siivous (imurointi)
- sunfotometrin tarkistus kerran viikossa aurinkoisella säällä

Perjantai:

- HTDMA-CPC:n tyhjennys ja kalibrointi
- impaktorin ja EMEP-keräimien vaihto
- impaktorin kalvojen punnitus
- masa-tarkistus
- päivystäjän tarkistukset
- tensiometrien tarkistus ja veden lisäys
- maakyvettien tarkistus pit 70,80,160
- IMS:n tiedoston tallennus ja uuden aloittaminen
- DS:n tarkistus ja piikkien laskenta
- tarkista ovatko rainer- ja runkovaluntakanisterit (4kpl) niin täynnä, että ne saattaisivat tulvia yli ennen varsinaista keräyspäivää, ja ilmoita tarvittaessa laboratorioon
- mökin siivous (imurointi)
- sunfotometrin tarkistus kerran viikossa aurinkoisella säällä

JOKA TOINEN VIIKKO:

Maa:

- Sadevesikanisterit (Rainer sademittarien alla), vaihdetaan joka toinen viikko tai tarvittaessa
- Runkovalunta (kanisterit puiden alla), vaihdetaan joka toinen viikko tai tarvittaessa
- Sadevesikeräimet (Säteilytornissa), vaihdetaan joka toinen viikko tai tarvittaessa
- Laboratorio hoitaa keräykset, mutta päivystäjä avustaa tarvittaessa

Impaktori:

- Impaktorin osien pesu, kalvojen rasvaus ja punnitus (peräkkäisinä päivinä)

KERRAN KUUKAUDESSA:

SMEAR-mökki:

- Kopioi CD-ROM levyille Eddy233:n, EddyTow:n ja EddySubcanopyn (Metek) edellisen kuukauden raakadata ja lähetä ne Janne Rinteelle. Katso CD-ROM ohje.

- Poista CD-ROM levyllä kopioidut Eddy233:n ja EddyTow:n raakadatat Eddy-koneen D-levyltä
- Radiospektrometrin edellisen kuukauden tiedostojen siirto spectraYYMM-hakemistoon
- Photo URAS-analysointitarkistus kuukauden ensimmäisellä viikolla, katso erillinen ohje

Pumppuhuone:

- Tarkista ja tarvittaessa puhdista kyvettien korvausilmanoton suodatin

REA-mökki:

- Poista CD-ROM levyllä kopioidut EddyMetekin raakadatat Pepe-koneen D-levyltä
- Kuukauden alussa kopioi BSMA:n edellisen kuukauden kuukausitiedosto (raakadata) Timo\D:\smear\BSMA\raw hakemistoon

Säteilytorni:

- DELTA denuderin vaihto kuukauden alussa, katso erillinen ohje

Maa:

- Rainerien sihtien vaihto puhtaisiin ja entisten sihtien pesu

Hitu-mökki:

- IL:n ulkoisen säteilyn mittauksen datan kopiointi levykkeelle, sekä levykkeen + radonmonitorin tulosten lähetyksen IL:ään joka kuukauden ensimmäisenä maanantaina, katso erillinen ohje. Huom. kopioi data myös Timolle, smear\radiation hakemistoon.
- AIS:n inletin tarkistus, puhdistus tarvittaessa

SODAR:

- Tiedostojen pakkaus ja siirto Timo\D:\smear\SODAR-hakemistoon, katso erillinen ohje konehallin toimistossa

Radiospektrometri:

- Radiospektrometrin kalibrointi kuukauden ensimmäisellä viikolla, katso erillinen ohje
- Radiospektrometrin edellisen kuukauden tiedostojen siirto Old_spectra-hakemistoon

[LITE C: Lista SMEAR II:n mittalaitteista]

| QUANTITY | METHOD | COMMENTS |
|--|--|-----------------------------------|
| MAST (73 m) | | |
| Temperature (4.2, 8.4, 16.8, 33.6, 50.4 and 67.2 m) | Ventilated and shielded sensor (Pt-100) | |
| Wind speed (4.2, 8.4, 16.8, 33.6, 50.4 and 67.2 m) | Vector A101M/L cup anemometer | until 4.9.2003 |
| Wind speed (33.6 m) | Vector A101M/L cup anemometer | since 5.9.2003 |
| Wind direction (16.8, 33.6 and 50.4 m) | Vector W200P wind vane | until 4.9.2003 |
| Wind speed and direction (8.4, 16.8, 33.6 and 74 m) | Thies Ultrasonic Anemometer 2D | since 5.9.2003 |
| Reflected global radiation (70 m) | Reemann TP 3 pyranometer, range 300 - 4800 nm | |
| Reflected PAR (70 m) | Li-Cor LI -190SZ quantum sensor, range 400 - 700 nm | |
| Net radiation (70 m) | Reemann MB 1 pyranometer, range 300 - 400 nm | |
| O ₃ concentration (six heights) | Teflon pipes and gas analyser (TEI 49, UV absorbtion) | |
| SO ₂ concentration (six heights) | Teflon pipes and gas analyser (TEI 43BS, UV fluorescence) | |
| NO _x concentration (six heights) | Teflon pipes and gas analyser (TEI 42CTL, chemilumunescence) | |
| NO concentration (six heights) | Teflon pipes and gas analyser (TEI 42CTL, chemilumunescence) | |
| H ₂ O concentration (six heights) | Teflon pipes and gas analyser (URAS 4, infra red absorbtion) | |
| CO ₂ concentration (six heights) | Teflon pipes and gas analyser (URAS 4, infra red absorbtion) | |
| CO concentration (16.8 m) | Teflon pipes and gas analyser (Horiba APMA 360, infra red absorbtion) | |
| Dew point temperature (23 m) | General Eastern Hygro E4 chilled mirror dew point monitor | |
| Ambient pressure (0 m) | Druck DPI260 barometer | |
| Flux of momentum and heat (Eddy Covariance ; 46 m) | Ultrasonic anemometer (Solent 1012R2) | measurements terminated 28.6.2002 |
| Flux of momentum and heat (Eddy Covariance ; 23 m) | Ultrasonic anemometer (Solent 1012R2) | |
| Flux of CO ₂ and H ₂ O (Eddy Covariance; 46 m) | High frequency gas analyser (Li-Cor 6262, infra red absorbtion) | measurements terminated 28.6.2002 |
| Flux of CO ₂ and H ₂ O (Eddy Covariance; 23 m) | High frequency gas analyser (Li-Cor 6262, infra red absorbtion) | |
| Total number concentration flux of aerosol particles | Eddy covariance + Condensation Particle Counter (CPC) | |
| TOWER (18 m) | | |
| Flux of momentum and heat (Eddy Covariance; 23 m) | Ultrasonic anemometer (Solent HS1199) | Started 2.8.2001 |
| Flux of CO ₂ and H ₂ O (Eddy Covariance; 23 m) | High frequency gas analyser (Li-Cor 6262, infrared absorbtion) | |
| Flux of O ₃ ; 23 m) | High frequency gas analyser (LOZ-3, chemilumunescence) | |
| Size segregating number concentration flux of aerosol particles | Relaxed Eddy Accumulation method (REA) + Differential Mobility Particle Sizer (DMPS) | Since 11.10.2001 |
| UV-A (18 m) | Solar SL 501A pyranometer, range 320 - 400 | |

| | | |
|--|--|--|
| | nm | |
| UV-B (18 m) | Solar SL 501A pyranometer, range 280 - 320 nm | |
| Diffuse radiation (18 m) | Reemann TP 3 pyranometer, range 300 - 4800 nm | Started at 15.3.2000 |
| Global radiation (18 m) | Reemann TP 3 pyranometer, range 300 - 4800 nm | |
| PAR (18 m) | Li-Cor LI -190SZ quantum sensor, range 400 - 700 nm | |
| Rain (18 m) | Vector ARG-100 tipping bucket rain gauge | |
| Surface Wetness Sensor (18 m) | Vaisala DRD 11-A raindetector | |
| Rain/Snow sampler (summer/winter) | Sampling with bottles/buckets | |
| Visibility, precipitation, temperature | Vaisala FD12P Weather Sensor | Started at 5.4.2005 |
| Burkard bio aerosol sampler | Continuous sampling, (impactor) | Sampling started at 12.9.2002 |
| Eddy Subcanopy (3 m) | | |
| Flux of momentum and heat (Eddy Covariance; 3 m) | Ultrasonic anemometer (Metek) | Started at 13.10.2003 |
| Flux of CO ₂ and H ₂ O (Eddy Covariance; 3 m) | High frequency gas analyser (Li-Cor 7000, infrared absorbtion) | |
| Air ion spectrometers | | |
| Air ion mobility distribution (2.37 - 0.00134 cm ² /Vs) | Air Ion Spectrometer (AIS) | 21.3.2003 - 11.4.2004, 11.8.2004 – 29.1.2008 |
| Air ion mobility distribution (3.16 - 0.0032 cm ² /Vs) | Balanced Scanning Mobility Analyzer (BSMA) | Started at 23.3.2003 |
| TGA100 Trace Gas Analyzer | | |
| Flux of momentum and heat (Eddy Covariance; 2.7 m) | Ultrasonic anemometer (Metek) | |
| Flux of CH ₄ and N ₂ O (c. 2.7 m) | TGA100 (infrared absorption, tunable diode laser) | 1.9.2007 – 30.9.2008 |
| TOWER (15 m) | | |
| Exchange of five gases (NO, NO _x , O ₃ , CO ₂ , H ₂ O) by shoots | Closing cuvettes, teflon tubes and gas analyzers | {3 branch, 2 stem + 1 empty cuvette} |
| PAR distribution in the cuvette (various levels) | 800 PAR sensors, HRIM | {Terminated at November 2003} |
| Cuvette temperature (various levels) | Thermoelement | |
| Sapflow (various levels) | Stem heat balance (Dynamax) | |
| Diameter changes (various levels) | Solartron sensors | |
| Circumference changes (various levels) | ELPA sensor | Not anymore |
| Shoot and needle growth (various levels) | Potentiometric sensor (KFIRAOS) | Not anymore |
| Bole temperature (various levels) | Thermoelement | Not anymore |
| PAR distribution within the canopy (8.3, 8.9, 9.5, 10.1, 10.7 m) | 168 PAR sensors attached to a separate mast | Not anymore |
| PAR distribution within the canopy and net radiation | Six Li-Cor LI-190SZ quantum sensors | Started at 31.10.2004 |
| CATCHMENT AREA INSTRUMENTATION | | |
| Soil CO ₂ exchange | Closing cuvettes, teflon tubes and gas analyzers | 3 cuvettes beginning at summer 2002 |
| CO ₂ concentration in the ground (4 depths) | Vaisala Carbocap GMP343 | Started at 9.6.2004 |

| | | |
|---|--|----------------------------|
| Rain (2 m) | Vector ARG-100 tipping bucket rain gauge | |
| Throughfall (summer) | Throughfall gauge (Rainer) + chemical analysis | |
| Snow collectors (winter) | Bucket collector + chemical analysis | |
| Snow depth (winter) | At seven points | |
| Snow water content (winter) | At seven points | Started at winter 2004 |
| Stemflow (summer) | Sampling with bottles | |
| Temperature (depths of 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1, 1.3, 1.6 m) | Thermistor (Philips) | |
| Water potential (depths of 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 1, 1.3, 1.6 m) | Tensiometer (Transinstruments) | |
| Water content (seven depths) | Time domain reflectometer (Tektronix) | |
| Soil solution (seven depths) | Lysimeters (Prenart Equipment), + chemical analysis | |
| Amount of CO ₂ , CH ₄ and N ₂ O (seven depths) | Sampling with subsequent analysis | Not during summer 2002 ? |
| Heat capacity and conductivity (0.8 m) | Stainless steel sonde | |
| Outflow from the area (summer) | Flowmeters in two dams, + chemical analysis | |
| Litter (0.7 m) | Litter collectors | |
| Branch (litter) collectors | On the ground | |
| AEROSOL INSTRUMENTATION | | |
| Aerosol particle number size distribution (Dp 3 - 500 nm) | Twin Differential Mobility Particle Sizer (DMPS) with Condensation Particle Counters | |
| Aerodynamic Particle Sizer | TSI 3320 | Started at spring 2004 |
| Aethalometer | Magee Scientific Company Aethalometer | Started at 8.12.2004 |
| Dekati ELPI | 0.03 – 10 µm particle sizes, 12 channels | Started at May 2005 |
| Aerosol particle scattering coefficient | Nephelometer TSI 3563 | Started at 1.6.2006 |
| Number of particles able to form into cloud droplets | Cloud Condensation Nuclei Counter (CCN 100) | Started at July 2008 |
| Charged and non-charged particles | IoniDMPS, TSI 3025A | Started at 15.3.2005 |
| Hygroscopic and non-hygroscopic particles | HTDMA, TSI 3785 | Started at 28.4.2008 |
| Dekati PM 10 impactor | > 10 µm, 10 - 2.5 µm, 2.5 - 1 µm, < 1 µm particle sizes | |
| Air ion and neutral cluster mobility distributions | Neutral cluster and Air Ion Spectrometer | Will be installed 2009 (?) |
| AMMONIA INSTRUMENTS | | |
| NH ₃ | Stockholm University Ammonia Instrument | Started at February 2007 |
| NH ₃ | IMS (Ion Mobility Spectrometer) | Started at September 2007 |
| EMEP SAMPLING (FMI) | | |
| Concentration of Nitrogen & Sulphur compounds | 3-fraction filter sampler | |
| RADIATION MEASUREMENTS (FMI) | | |
| Radon (0.5 m) | Continuous filter sampling, filters replaced weekly | |
| Ambient radiation (5 m) | | |
| | | |

| | | |
|--|-----------------------------|-----------------------------------|
| RADIOSPECTROMETER | | |
| Solar radiation spectrum (280 - 580 nm wavelength) | Bentham radiospectrometer | Began at spring 2001 |
| REFLECTIONSPECTRUM | | |
| Reflected spectrum of pine needles (15 m height) | ASD FieldSpec spectrometer | Between spring 2002 – autumn 2004 |
| SUNPHOTOMETER | | |
| Aerosol optical depth | Cimel CE-318 Sunphotometer | Started at February 2008 |
| SODAR | | |
| Wind velocity profile | Sound Detection and Ranging | |
| CEILOMETER | | |
| Cloud height | LIDAR | Started at 14.9.2006 |