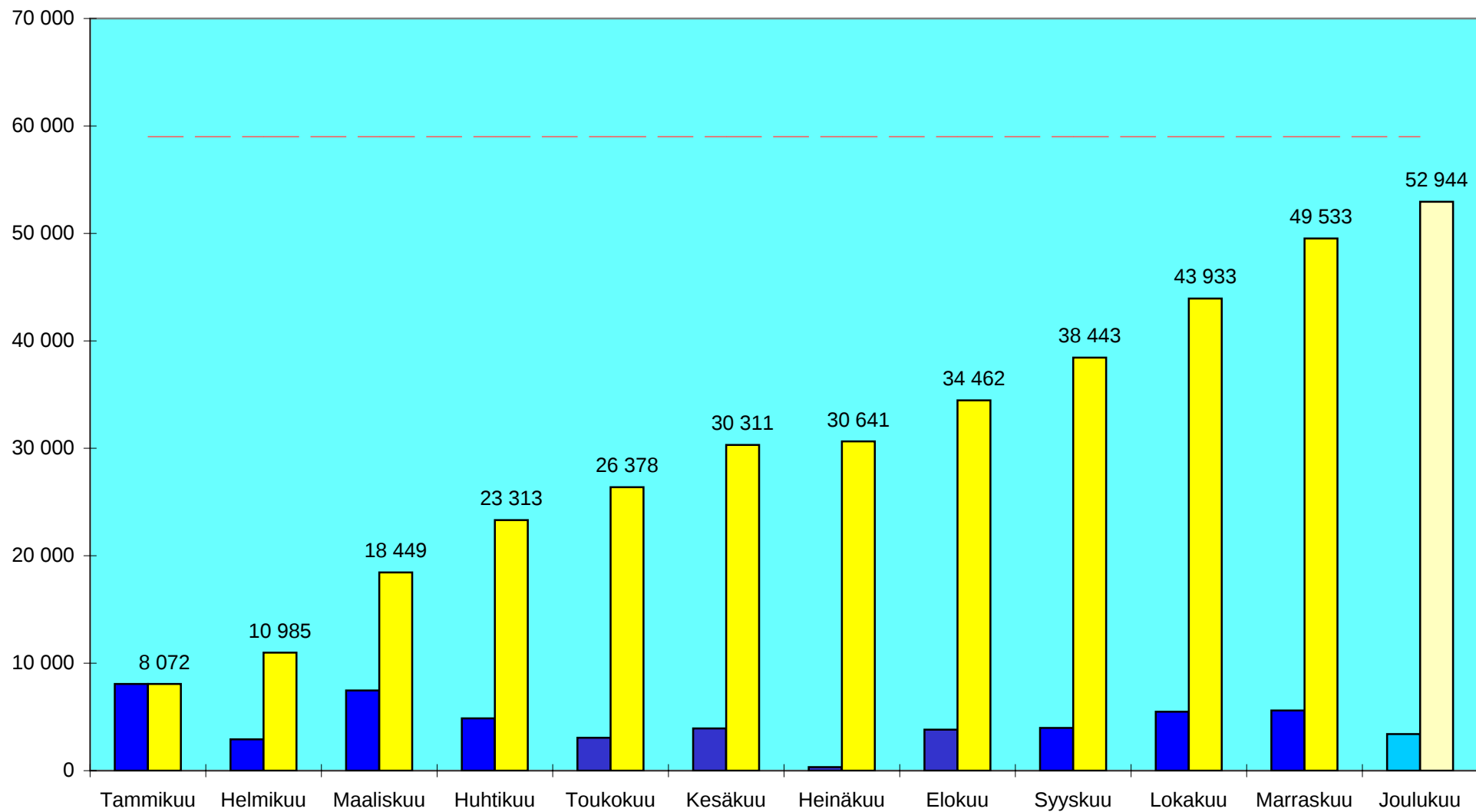


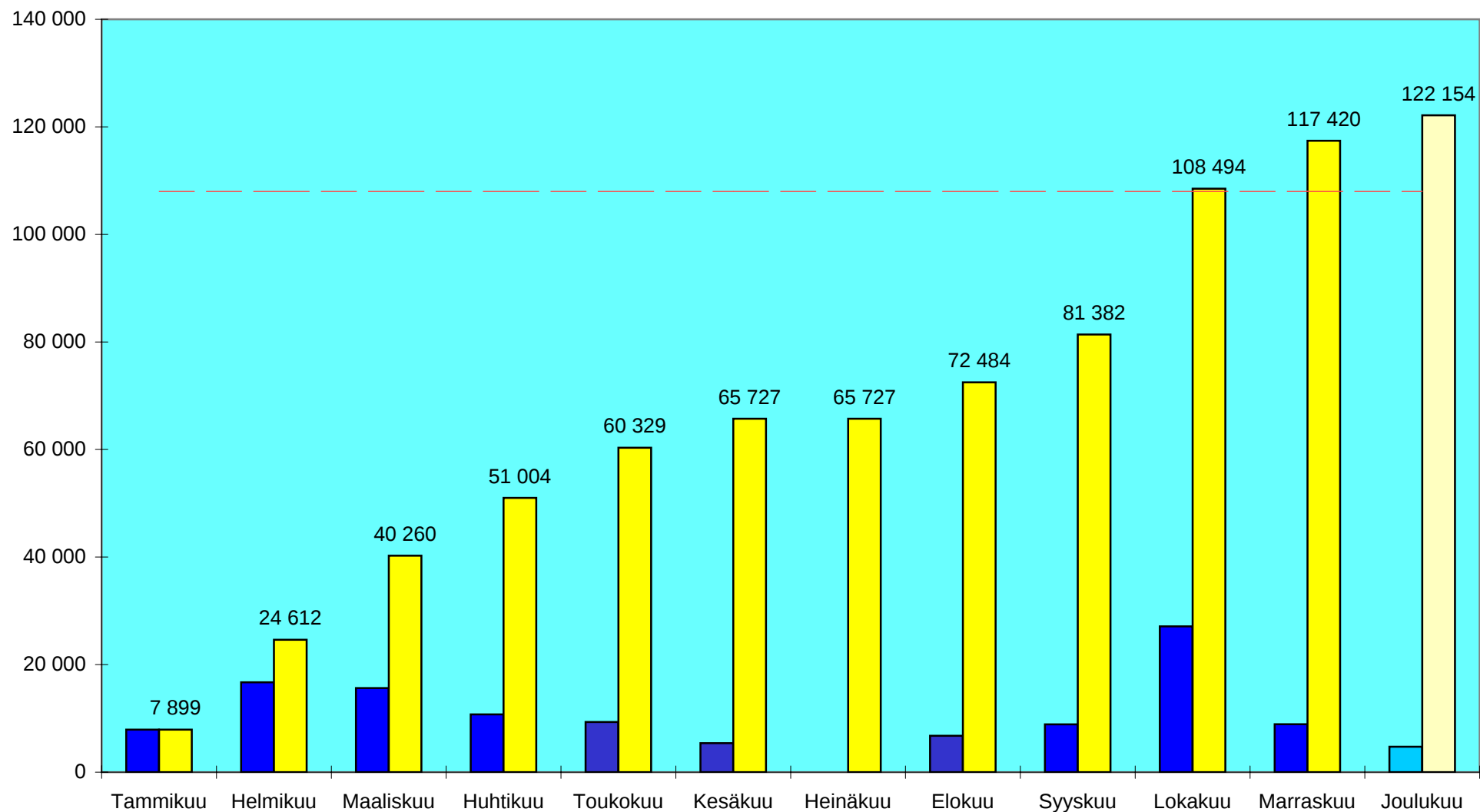
LIITE 1

Kustannusseuranta, graafinen esitys

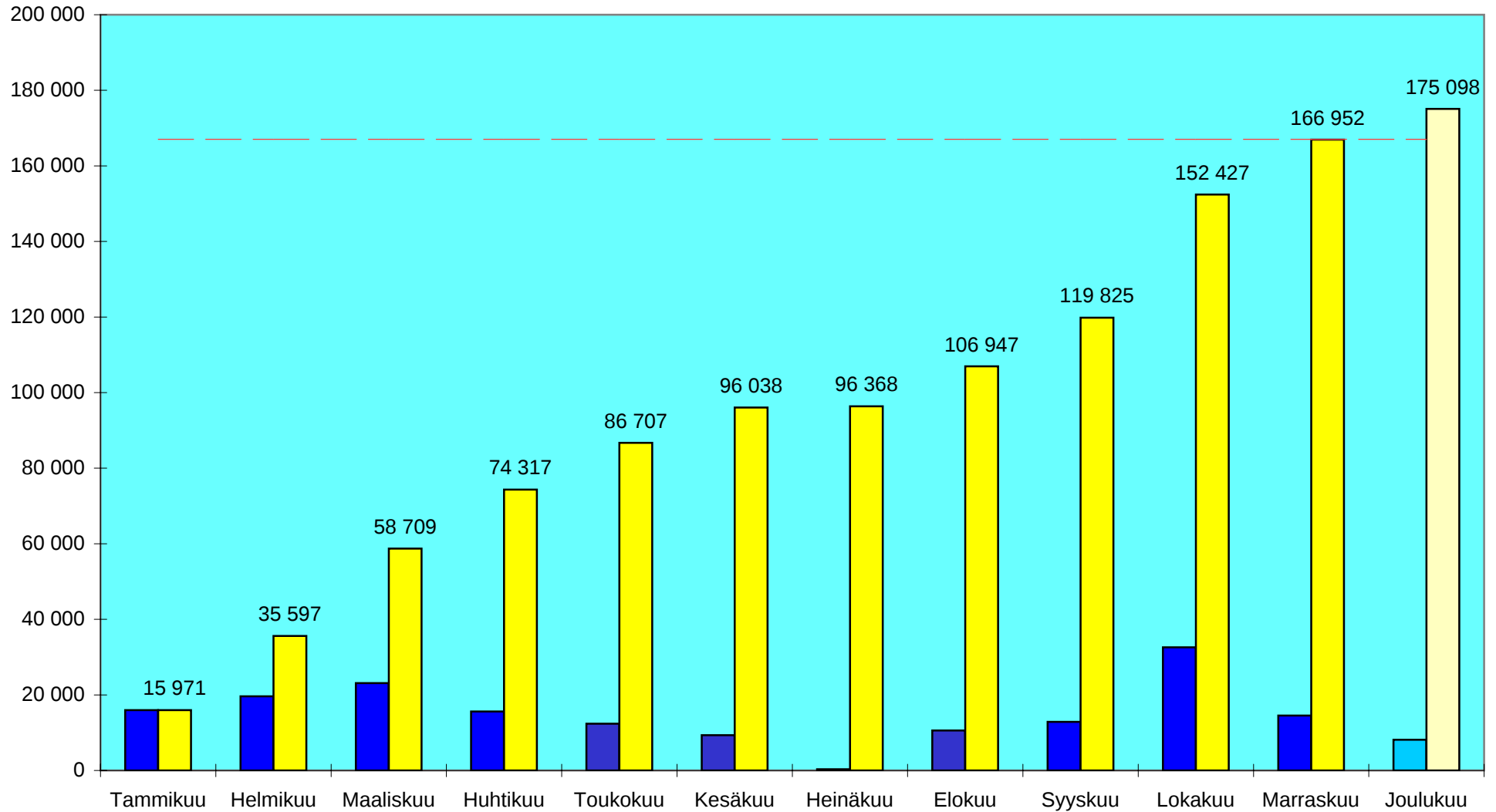
Sihteerityön kustannuskehitys v. 2010
(budjetti 59 000 eur)



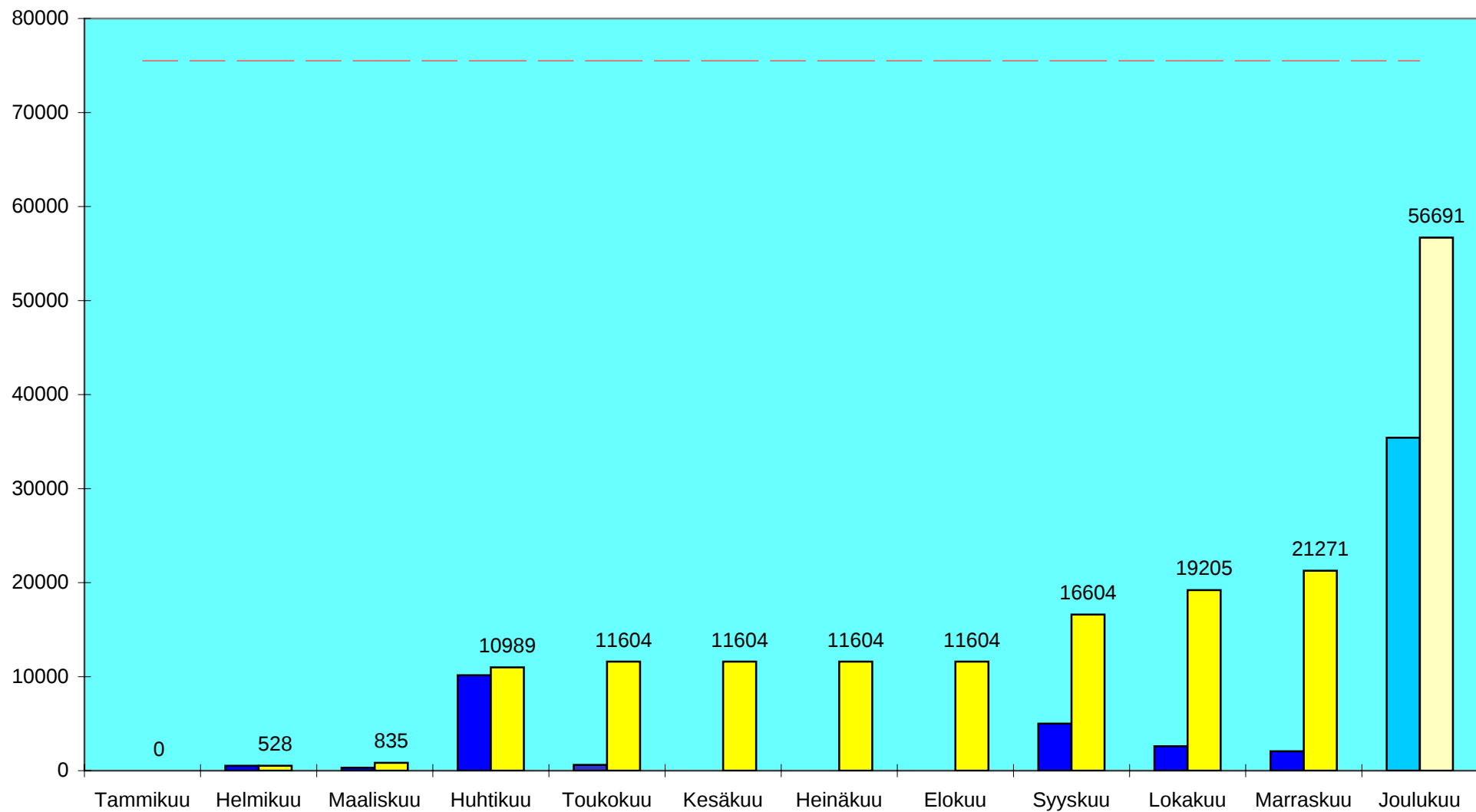
Työryhmien kustannuskehitys v. 2010
(budjetti 108 000 eur)



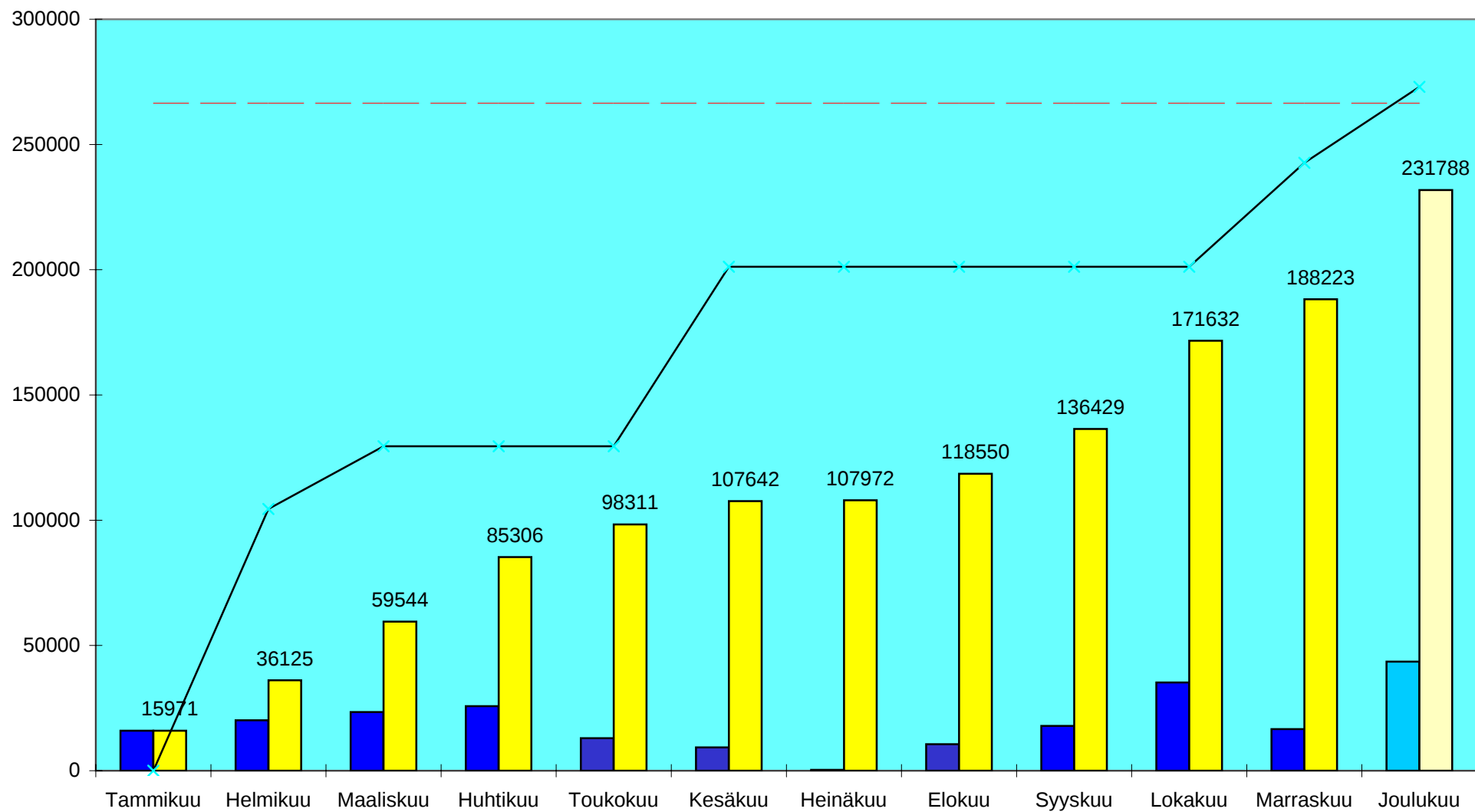
Jatkuvaluonteiset tehtävät kustannuskehitys v. 2010
(budjetti 167 000 eur)



Projektit kustannuskehitys v. 2010
(budjetti 75 500 eur)



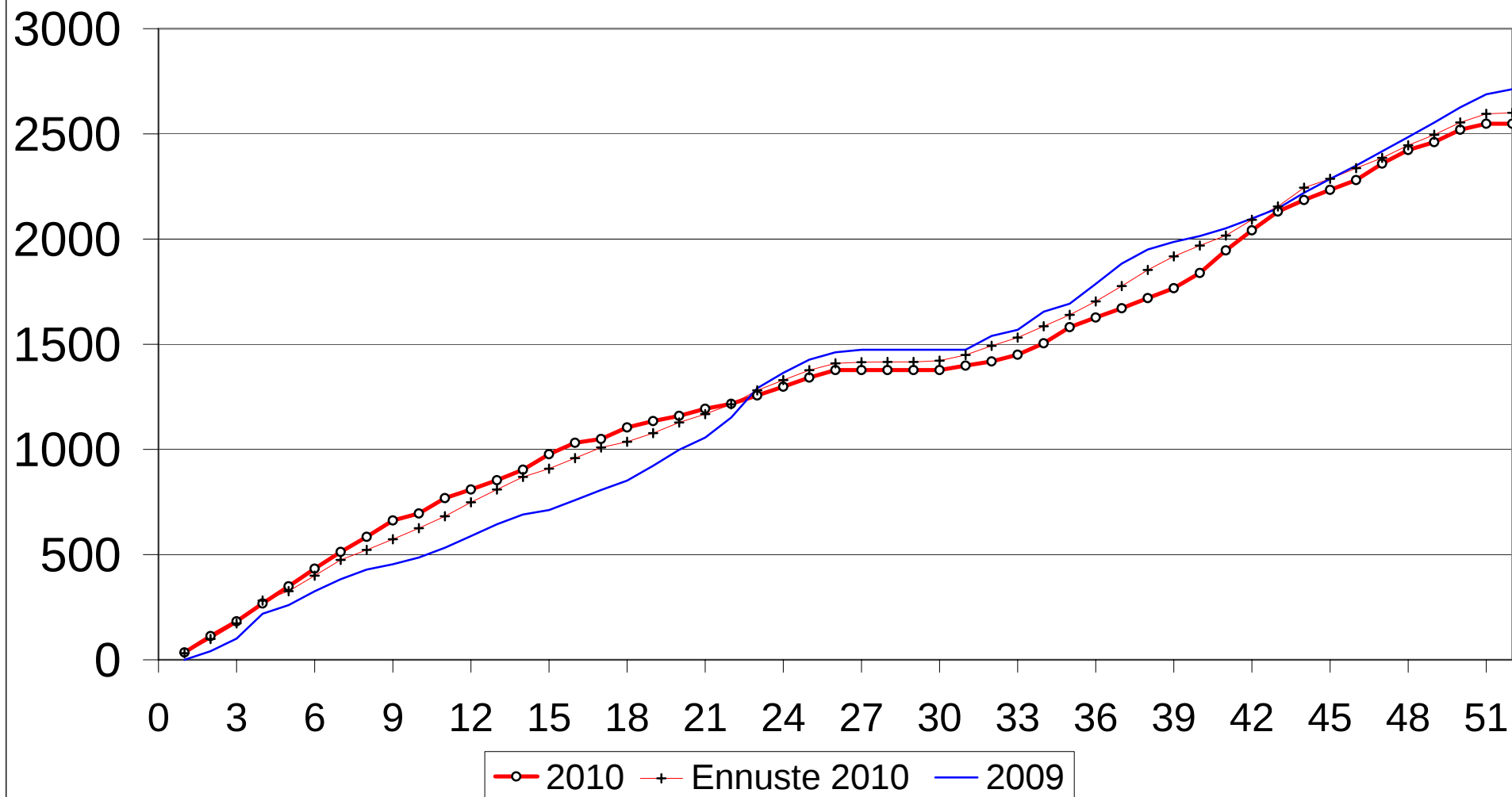
Tulot vs. menot v. 2010
(budjetti 242 000 eur)



LIITE 2

Sihteeristön tuntikertymä

Kumulatiivinen tuntikertymä 2010



LIITE 3

Itä-Suomen yliopisto
Polttooperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden
määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä - projektisuunnitelma
TEKES
8.11.2010



Projektisuunnitelma

Polttoeräisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE)

EAKR toimintalinja 2, energia- ja ympäristöteknologia



Rinnakkaishanke

Osallistuvat tutkimustahot ja projektin vastuuhenkilöt

Jorma Jokiniemi, professori

Itä-Suomen yliopisto (UEF), Ympäristötieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio

Maija-Riitta Hirvonen, professori

Itä-Suomen yliopisto (UEF), Ympäristötieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Kari Lehtinen, professori

Ilmatieteen laitos (IL), Kuopion yksikkö

Osallistuvat yritystahot

Ecocat Oy, Vihtavuori

Energiateollisuus ry (pohjoissavolaisia jäseniä 3)

Suomen Soodakattilayhdistys ry (pohjoissavolaisia jäseniä 2)

Tulikivi Oyj, Juuka

MW Biopower Oy, Kiuruvesi

Symo Oy, Kuopio

Savon Voima Oyj, Kuopio

Arterm Oy, Saarijärvi (*neuvottelut käynnissä*)

1 Projektin tarve

Energiantuotanto ja liikenne tuottavat pienhiukkas- ja kaasupäästöjä, joiden koostumus ja pitoisuudet vaihtelevat erilaisten polttolaitosten, polttolaitteiden ja polttoaineiden välillä. Erityisesti biomassan poltossa vaihtelu on suurta: Suurimpien polttolaitosten ominaispäästöt ovat alhaisia johtuen tehokkaista puhdistustekniikoista, mutta pienet laitokset ovat erityisesti hiukkasten osalta merkittäviä päästölähteitä suhteessa tuotettuun energiaan (Sippula et al., 2007; Ohlström et al., 2000). Lisäksi pienpolton ja liikenteen matala päästökorkeus lisää altistumista palamisperäisille ilmansaasteille pientaloalueilla ja liikenneväylien läheisyydessä.

Uutta tutkimustietoa tarvitaan palamisperäisten päästöjen vähentämismahdollisuuksista perustuen kokeelliseen tutkimukseen pienhiukkasten fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista ja niihin liittyvistä terveysvaikutuksista. Tämä on erityisen tärkeää, koska ilmansaasteita pidetään ihmisen terveydelle haitallisimpana ympäristöaltisteena. Huoli ilmansaasteiden terveysriskeistä on entisestään korostumassa, sillä lähivuosina sekä kansallisesti että koko EU:n alueella merkittävästi lisääntyvä bioenergian tuotanto ja käyttö voi lisätä pienhiukkaspäästöjä. Myös uudet polttotekniikat ja päästöjen jälkikäsittelytekniikat muuttavat päästöjen ominaisuuksia tuntemattomaan suuntaan. Tämä koskee erityisesti pienpolttoa ja pieniä bioenergialaitoksia. Pelkän päästömäärän perusteella terveysriskejä ei kuitenkaan voida ennustaa, sillä päästöistä muodostuneilla kemiallisilla yhdisteillä voi olla odottamattomia yhteisvaikutuksia. Lisäksi uusien materiaalien, kuten nanohiukkasten, voimakkaasti kasvava käyttö esim. erityispinnoitteissa, materiaaleissa ja autoteollisuudessa aiheuttaa kasvavaa huolta niiden mahdollisista terveyshaitoista.

Kansainvälisen suuntauksen mukaisesti on selvää että jatkossa toksikologinen terveystutkimus tulee olemaan kiinteä osa uusien, terveydelle turvallisten teknologioiden ja prosessien kehitystyötä. Tämä edellyttää monialaista tutkimusympäristöä, jossa voidaan luotettavasti kokeellisesti tutkia päästöjen haitallisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä perustuen niiden fysikaalis-kemiallisiin ja toksikologisiin ominaisuuksiin.

Hankkeen tarvetta korostaa olemassa oleva EU:n REACH lainsäädäntö (esim. nanohiukkaset) sekä kehitteillä oleva muu kansallinen ja kansainvälinen lainsäädäntö, joiden tavoitteena on suojella väestöä hengitettävien altisteiden terveyshaitoilta. Saksassa on jo tullut voimaan vuoden 2010 alusta aikaisempaa tiukemmat päästörajat hiukkasille, häkäpitoisuuksille ja hyötysuhteelle. Hiukkasille raja on nyt 75 mg/m^3 , mutta v. 2015 alusta se tiukenee edelleen ja tulee olemaan 40 mg/m^3 ja pellettipoltolle $20\text{--}30 \text{ mg/m}^3$. Saksassa tulee voimaan myös vanhojen tulisisojen vaihto-ohjelma porrastetusti alkaen 2014 niille tulisisjoille, jotka eivät täytä määräyksiä. Myös EU valmistelee direktiiviä (Directive 2009/125/EC) pienpolttolaitteiden päästöille ja siinä suunnitellut rajat vastaavat melko tarkasti Saksan jo asettamia rajoja. EU direktiiviin ei kuitenkaan sisälly vanhojen pienpolttolaitteiden vaihtovelvollisuutta. Koska EU-direktiivin määräykset tulevat koskemaan myös Suomea, on tärkeää, että suomalaiset alan yritykset pystyvät säilyttämään kilpailukykinsä. Jatkossa lainsäädännössä tullaan kiinnittämään huomiota päästömäärien lisäksi myös niiden terveyshaittoihin. Siten tämä tulee vaikuttamaan polttoaineiden, -laitteiden ja jälkikäsittelytekniikan tuotekehitykseen.

Hanke toteutetaan uudessa tutkimuslaboratoriossa, joka liittyy olemassa olevat polttotekniikan ja inhalaatiotoksikologian laboratoriot kiinteäksi, samassa tutkimushallissa toimivaksi, yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä mahdollistaa erilaisten ilmapäästöjen (biomassojen pienpoltto, liikennepolttoaineet, nanohiukkaset) kemiallisten ja toksikologisten ominaisuuksien sekä syy-seuraus-suhteen selvittämisen todellista altistumista vastaavissa oloissa, sekä auttaa testausmenetelmien kehitystä. Tämän haasteellisen tutkimuksen toteuttamisen mahdollistaa hakijoiden jo vuosia jatkunut monitieteinen yhteistyö aerosoli- ja polttotekniikan, toksikologian ja mallinnuksen alalla Itä-Suomen yliopistokampuksella Kuopiossa sekä laaja koti- ja ulkomaisten

yliopistojen ja tutkimuslaitosten sekä yritysten muodostama yhteistyöverkosto. Ryhmät ovat toteuttaneet useita Tekesin, Suomen Akatemian ja kansainvälisellä rahoituksella olleita hankkeita, joissa on selvitetty mm. biomassan pienpolton ja uusiutuvien moottoripolttoaineiden päästöjä sekä terveyshaittoihin liittyviä toksikologisia vasteita. Tähän mennessä saadut tulokset osoittavat, että päästöjen määrään ja niiden toksikologiaan ominaisuuksiin voidaan selkeästi vaikuttaa polttoainevalinnoilla ja uusimmalla polttotekniikalla.

Pohjois-Savon liitto on teemaohjelmassaan linjannut energia- ja ympäristötekniikan yhdeksi kehittämistarpeeksi t&k-toiminnan toimintaedellytysten kehittämisen ja verkostoitumisen. Alueella toimii merkittäviä sekä alojen t&k:n asiantuntijoita että energiatekniikan tai siihen läheisesti liittyviä alan yrityksiä. Hanke luo alueen yrityksille paremmat kilpailuedellytykset alati kiristyvillä markkinoilla.

2 Projektin tavoitteet

Tässä projektissa tutkitaan soodakattilan, hakevoimalaitoksen, pienpolton (tulisija ja arinakattila) päästöjä ja jälkikäsittelytekniikoiden vaikutusta dieselajoneuvon päästöihin sekä päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia. Lisäksi tutkitaan teollisten nanohiukkasten vastaavia ominaisuuksia.

Projektin tuloksena syntyy uusi kokeellinen tutkimusmenetelmä, jonka avulla voidaan luotettavasti arvioida **päästöjen haitallisuutta ja haitallisuuteen vaikuttavia tekijöitä** perustuen niiden fysikaalisiin ja kemiallisiin sekä toksikologisiin ominaisuuksiin. Näitä tekijöitä ovat mm. polttoaineen laatu, polttolaitteen toiminta ja käyttötapa. Tutkimusmenetelmän avulla voidaan myös verrata poltosta vapautuvien pienhiukkasten ja teollisten nanohiukkasten haitallisuutta keskenään. Uudessa menetelmässä käytettävä laitteisto perustuu alan viimeisimpään osaamiseen ja vastaavanlaisia laitteistoja on maailmassa vain muutamia.

Tutkimus toteutetaan laboratorio-olosuhteissa, missä pystytään simuloimaan todellisia altistusolosuhteita. Aiemmin näytteet päästöjen toksikologisen haitallisuuden tutkimuksia varten on tehty keräämällä hiukkasia suodattimille, joilta ne on uutettu ja tämän jälkeen käytetty solualtistuksiin. Tällöin näytteenkeräyksen ja -käsittelyn aikana osa todennäköisesti vaikuttavista haitallisista tekijöistä häviää (kuten kaasut) tai niiden ominaisuudet muuttuvat (kuten hiukkasten koko, muoto ja kemiallinen koostumus).

Yksityiskohtaiset tavoitteet:

1. Kehittää malli, jolla voidaan ennustaa polttolaitteen, polttotavan ja polttoaineen vaikutus polton päästöihin, päästöjen kemiaan ja terveysriskejä kuvaaviin indikaattoreihin. Tutkimuskohteena ovat polttoperäiset aerosolit ja nanohiukkaset.
2. Määrittää tutkittavista päästölähteistä kerättävien päästöjen toksiset ominaisuudet ja verrata näitä samojen näytteiden kemialliseen koostumukseen ja päästötietoihin. Tietojen avulla voidaan arvioida eri lähteistä peräisin olevien päästöjen haitallisuutta.
3. Määrittää ilmakehässä tapahuvan laimenemisen ja muutunnan vaikutusta päästön haitallisuudelle kokeellisesti.
4. Verrata nykyisin käytössä olevaa hiukkasmassan suodatinkeräysmenetelmää ja hankkeessa käytettävää uutta suoraa altistusmenetelmää toisiinsa.

Strategiset tavoitteet:

- Vastata tulevaisuuden lainsäädännön vaatimiin tutkimus- ja tuotekehitystarpeisiin (sisältäen päästöhiukkaset, synteettiset nanohiukkaset, yhdyskuntailman pienhiukkaset).
- Edistää yritystoiminnan kansainvälistä kilpailukykyä ja kansainvälistymistä tarjoamalla erinomaiset puitteet haasteellisten tutkimus- ja kehityshankkeiden toteuttamiseksi.
- Edistää Itä-Suomen alueen omien uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja energiaomavaraisuuden nostamista kestäväällä tavalla.

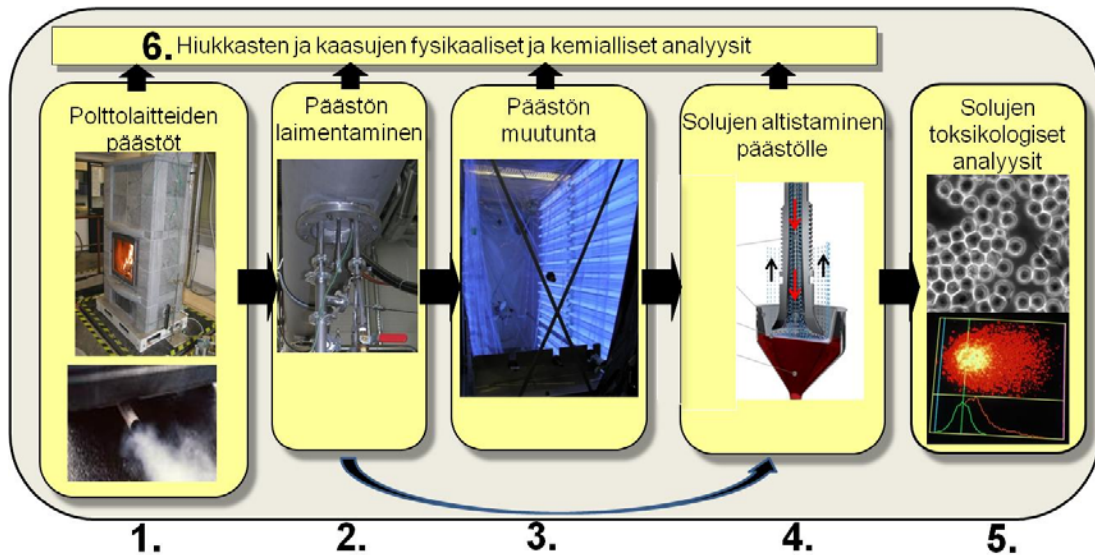
3 Projektin toteutus

Projektissa tutkitaan seuraavia polttolaitteistoja ja polttoaineita sekä erilaisia polttotapoja:

<i>Tutkittava laite</i>	<i>Polttotapa</i>	<i>Polttoaine</i>	<i>Ei-ikäännytetty</i>	<i>Ikäännytetty</i>	<i>Suodatinkeräys (perinteinen menetelmä)</i>
Selluteollisuus	Soodakattila	Mustalipeä	X	-	-
Energiantuotanto-laite 1	Hakekattila	Puu/kuori	X	-	-
Energiantuotanto-laite 2	Arinapoltto	Puu/kuori	X	X	-
Pienpolttolaite: Takka	Panospoltto	Puu	X	X	X
Ajoneuvo	Dieselmoottori ilman jälkikäsittelyä	Diesel, fossiilinen	X	X	X
Ajoneuvo	Dieselmoottori jälkikäsittelyllä	Diesel, fossiilinen	X	X	-

Lisäksi hankkeessa tutkitaan, miten kokonaispäästö, eri hiukkaskokoluokat ja kaasumaiset yhdisteet vaikuttavat yhdessä ja erikseen tutkittaviin vasteisiin.

Projekti toteutetaan käyttäen uutta laitteistoa, jossa hengitystien soluja altistetaan polttolaitteiden ilmapäästöille (Kuva 1). Laitteistossa polttolaitteiden päästöt laimennetaan ja johdetaan muutuntakammioon, joka simuloi ulkoilmassa tapahtuvaa fysikaalista ja kemiallista muutuntaa. Sieltä päästö johdetaan solualtistuslaitteistoon, jossa viljeltyt hengitysteiden solut altistuvat halutuille hiukkasfraktioille tai kaasuille. Solutason vaikutukset määritetään kattavilla toksikologisilla menetelmillä. Vastaavanlaisia testauksia voidaan tehdä teollisuudessa tuotetuille nanohiukkasille. Soluista määritetyt toksikologiset vasteet voidaan yhdistää päästöstä määritettäviin fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin.



Kuva 1. Itä-Suomen yliopiston polttotutkimuslaboratoriossa sijaitseva tutkimuslaitteisto ilmapäästöjen haitallisuuden arviointia varten. Laitteistokokonaisuuden vaiheet: 1. Palamisperäisten päästöjen tuottaminen, 2. Päästöjen laimentaminen, 3. Päästöjen ikäännyttäminen muutuntakammiossa, 4. Solujen altistaminen päästössä oleville aerosoleille, 5. Solujen toksikologinen karakterisointi ja 6. Päästöjen fysikaaliset ja kemialliset analyysit.

Hankkeen toteutuksessa käytettävän menetelmän eri vaiheet on kuvattu seuraavassa:

Vaiheet 1 ja 2: Palamisperäisten päästöjen ja nanohiukkasten tuottaminen ja laimentaminen

Vastuuhenkilö: Professori Jorma Jokiniemi (UEF), Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio

Puunpoltton päästöt tuotetaan kontrolloidusti uudella polttoreaktorilla, joka koostuu arinapolttimesta, tulipesästä ja lämmönvaihtimesta. Reaktorilla simuloidaan polttotapahtumia pienpoltosta suuren luokan voimalaitoksiin ja erilaisia palamisoloja täydellisestä palamisesta hyvinkin epätäydelliseen palamiseen. Näitä normaalisti hyvinkin lyhytkestoisia tapahtumia (mm. panospoltossa) voidaan ylläpitää uudella reaktorilla jatkuvatoimisesti ja pitkäkestoisesti, mikä mahdollistaa kunkin polttotapahtuman ja palamisen vaiheen entistä tarkemman tutkimuksen. Lisäksi tutkitaan ilmajaon vaiheistuksella varustetun takan päästöjä.

Ajoneuvojen päästöjä tuotetaan sekä RotoTest alustadynamometrillä, jolla voidaan tutkia ajoneuvojen päästöjä tasaisen kuorman ja kiihdytyksen tilanteissa, sekä ISO 8178 standardin mukaan rakennetussa testipenkissä. Ajoneuvojen päästöjä sekä erilaisten jälkikäsittelytekniikoiden (esim. hiukkassuodatin DPF) vaikutusta päästöihin tutkitaan kytkemällä ajoneuvo alustadynamometriin (max. 350 kW, 2000 Nm, 350 km/h) ja ottamalla näyte ennen jälkikäsittelyä (esim. katalysaattori tai hiukkassuodatin) ja sen jälkeen. Näytteistä määritetään jälkikäsittelemättömän ja jälkikäsitellyn päästön hiukkasmuodostuspotentiaali sekä terveysvaikutukset.

Päästöjen laimentamiseen käytetään erilaisten laimennusmenetelmien yhdistelmiä (kokonais-/osalaimennus; lämmin/kylmä; laimennustunneli, ejektorilaimennin, huokoisputkilaimennin) simuloimaan ilmakehässä tapahtuvia laimenemisprosesseja.

Nanohiukkasia tuotetaan laminaarivirtausreaktorilla (Sippula et al., 2009). Tuotettavat hiukkaset ovat mm. KCl, K₂SO₄, ZnO, ZnCl₂.

Prosessiperäisiä hiukkasia tutkitaan uudelleenpölyttämällä soodakattilalaitoksen ja energiantuotantolaitosten sähkösuodattimelta kerättyä pölyä.

Vaihe 3: Palamisperäisten päästöjen ikäännyttäminen

Vastuuhenkilö: Professori Kari Lehtinen (IL), Kuopion yksikkö

Valittujen päästölähteiden laimennettu päästö johdetaan muutuntakammioon (Teflon, tilavuus 25 m³), jossa se altistetaan ultraviolettivalolle ja otsonille. Päästöhiukkasten ja kaasufaasin fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet muuttuvat jäljitellen ulkoilman tapahtuvaa muutuntaa. Kammion olosuhteita muuttamalla voidaan jäljitellä ulkoilman normaalia säteilyvaihtelua. Kammio puhdistetaan kokeiden välillä huolellisesti. Päästön ikääntymisen (0–6 h) aikana kammioista mitataan jatkuvatoimisesti hiukkasia (aerosolihiukkasten kokojakauma, massa- ja lukumääräpitoisuus ja kemiallinen koostumus), kaasujen pitoisuuksia (NO_x, O₃, SO₂, SO₂) ja olosuhteita (lämpötila, suhteellinen kosteus, säteily). Ikääntyneelle aerosolille määritetään alkuperäisen (primäärin) aerosolin, alkuperäisiin hiukkasiin muodostuneen (sekundäärin) orgaanisen aerosolin sekä kammiossa muodostuneiden aerosolihiukkasten osuudet kokonaisuutena lähdetiedoksi solualtistukselle. Ikääntymiskokeiden perusteella määritetään kunkin valitun päästön hiukkasmuodostumispotentiaali.

Vaihe 4. Solujen altistaminen

Vastuuhenkilö: Professori Maija-Riitta Hirvonen (UEF), Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Solualtistukset tehdään johtamalla tutkittavat päästöt muutuntakammioista linjastoja pitkin Vitrocell-laitteistoon. Altistuksissa käytetään hiiren ja ihmisen hengitysteiden puolustusjärjestelmän soluja, jotka ovat olennaisia hengitettävälle päästöille altistuttaessa. Laitteistossa soluja altistetaan suoraan hiukkas- ja kaasumaisille päästöille matalassa näytevirtauksessa tarkoitusta varten valmistetuissa moduleissa. Ennen kokeita solut kasvatetaan ensin 6-kuoppalevyille asetettavissa siirteissä. Siirteet asetetaan altistuksia varten keräysjärjestelmän moduleihin, jossa on soluille suotuisat olosuhteet. Altistuksen (1/2-3 h) jälkeen siirteissä kasvavat solut laitetaan kuoppalevyille hiilidioksidinkubaattoriin halutuksi ajaksi. Laitteistossa voidaan tutkia ja testata kokonaispäästöjen, sekä eri hiukkaskokoluokkien ja kaasumaisten yhdisteiden roolia käynnistyvissä terveyshaittoihin liittyvissä toksikologisissa vasteissa. Tätä uutta suora-altistusmenetelmää verrataan perinteiseen keräysmenetelmään, jossa hiukkaset on kerätty ensin suodattimille, uutettu niiltä ja vasta tämän jälkeen käytetty solujen altistamiseen. Kaikista näytteistä tehdään kattavat toksikologiset analyysit, joiden tuloksia verrataan samojen näytteiden kemiallisiin koostumuksiin.

Vaihe 5. Päästöjen toksikologiset analyysit

Vastuuhenkilö: Professori Maija-Riitta Hirvonen (UEF), Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Solukokeista tehtävät toksikologiset analyysit kattavat keskeisiä terveyshaittojen mekanismeja, mukaan lukien tulehdukselliset, solukuolemaa aiheuttavat, perimämyrkylliset ja hapettavan stressin mekanismit. Sydän- ja hengityselinsairauksiin liittyviä tulehdusvälittäjäaineita tutkitaan spektrofotometrisellä ELISA-menetelmällä sekä uudella käyttöönotettavalla elektrokemiluminesenssiin perustuvalla ”multiplexing” menetelmällä, joilla voidaan mitata samanaikaisesti pienestä näytemäärästä useita erilaisia välittäjäaineita. Käytettävät ”multiplexing” tekniikat edustavat alan uusinta kehitystä ja avaavat uusia tutkimusmahdollisuuksia erilaisten päästöjen toksikologiassa. Altistuksen aiheuttamaa hapettavaa stressiä, johon liittyy solunsisäisen happiradikaalituotannon nousu ja joka johtaa solukuolemaan, DNA vaurioihin sekä tulehdusreaktioon, tutkitaan virtausytometrillä sekä spektro- fluoro- ja luminometrisillä menetelmillä. Solukuolema määritetään useilla eri menetelmillä mukaan lukien apoptoosi/nekroosi (PI-värjäys, virtausytometri, MTT) ja solusyklin muutokset (PI-värjäys, virtausytometri) sekä ”multiplexing” tekniikalle kehitettävät menetelmät. Syöpäriskiinkin liittyvää perimämyrkyllisyyttä tutkitaan ”Comet assay” menetelmällä, joka mittaa DNA:n juostekatkoksia ja niihin johtavia DNA-vaurioita solutasolla.

Vaihe 6. Hiukkasten ja kaasujen fysikaaliset ja kemialliset analyysit

Vastuuhenkilö: Professori Jorma Jokiniemi (UEF), Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio

Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että mm. PAH yhdisteillä, metalleilla, noella ja hiukkaskoolla on yhteys niiden toksikologisiin vasteisiin ja sitä kautta ihmisten terveyteen (Jalava ym. 2010). Näytteistä mitataan seuraavat ominaisuudet: Massakokojakauma (DLPI, DGI), lukumääräkokojakauma (SMPS, FMPS, ELPI), massa (TEOM, suodattimet), lukumäärä (CPC, elektrometri), orgaaninen ja epäorgaaninen hiili (Thermal-optical method), PAH (GC-MS), kaasut (FID, FTIR, kaasuanalysaattorit) ja epäorgaaniset aineet (ICP-MS, XRF, PIXE, SEM/EDX, XRD).

Vaihe 7. Mallintaminen

Vastuuhenkilö: Professori Kari Lehtinen (IL), Kuopion yksikkö

Sekä koelaitteiston eri vaiheissa että ulkoilmassa todellisissa olosuhteissa tapahtuu prosesseja, jotka muuttavat päästön olomuotoa ja ominaisuuksia. Laimentuessaan ja jäähtyessään päästön kaasukomponentit voivat reagoida keskenään muodostaen toisia tiivistymiskykyisiä kaasuja tai tiivistyä itse hiukkasten pinnoille. Ne voivat myös muodostaa uusia hiukkasia. Hiukkaset voivat törmäillä keskenään, jolloin niiden pitoisuus pienenee ja keskikoko kasvaa. Ne voivat lisäksi kiinnittyä koelaitteiston kammioiden tai linjojen seinille tai luonnossa maanpinnalle, kasvillisuuteen tai rakennusten seiniin. Nämä prosessit voivat muuttaa merkittävästi päästön kaasujen ja/tai hiukkasten kemiallista koostumusta sekä hiukkasten pitoisuutta ja kokojakaamaa.

Mallinnuksella on kolme päätavoitetta: 1. ymmärtää ja kvantitoida koelaitteistossa tapahtuvat päästöjen olomuotoon ja ominaisuuksiin vaikuttavat prosessit, 2. kehittää työkalu, jolla solualtistuskammiossa soluihin päätyvä annos saadaan ennustettua, kun päästön ominaisuudet ja laitteiston yksityiskohdat/säädöt tunnetaan, ja 3. optimoida koelaitteisto vastaamaan mahdollisimman hyvin todellisia olosuhteita.

Projektikonsortion toimesta on aiemmin kehitetty menetelmiä hiukkasten koko- ja koostumusjakaumien dynamiikan kuvaamiseen eri sovelluskohteisiin (Korhonen ym. 2004; Kokkola ym. 2008). Tässä hankkeessa yhdistetään hiukkasmalli, kemiallisia reaktioita kuvaava malli ja virtausmalli yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin hiukkasten dynamiikka ja muutonta laboratoriolaitteiston kaikissa osissa saadaan mahdollisimman hyvin kuvattua.

4 Projektin aikataulu

Hankeaika: 1.1.2011 - 31.12.2013. Hankkeen toteuttaminen ajoittuu seuraavasti:

Hankkeen aikataulu	2011				2012				2013			
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
Laitteiston testaaminen ja validointi												
Dieselajoneuvo												
Arinapoltto												
Panospoltto												
Soodakattila												
Hakekattila												
Mallintaminen												
Tulosten käsittely ja raportointi												

Projektin tarkastuspisteinä toimivat ohjausryhmän kokoukset, jotka järjestetään vuosittain touko- ja marraskuussa (kk 5, 11, 17, 23, 29 ja 35).

5 Projektin voimavarat

5.1 Projektiryhmä

Hankkeeseen osallistuvat tutkimusryhmät edustavat alansa huipputasoa Euroopassa. Ne ovat koordinoineet ja osallistuneet useisiin Euroopan Unionin puiteohjelmien kansainvälisiin tutkimushankkeisiin sekä Suomen Akatemian ja Tekesin rahoittamiin ohjelmiin, hankkeisiin ja tutkimuksen huippuyksiköihin.

1) Itä-Suomen yliopisto (UEF): ympäristötieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio, Kuopion kampus

Jorma Jokiniemi, FT, professori (pitkä kokemus hiukkasten ja kaasujen mittaamisesta, palamisesta, ja mallinnuksesta)

Olli Sippula, FT, erikoistutkija (hiukkaspäästömittausten suunnittelu)

Jarkko Tissari, FT, erikoistutkija (hiukkaspäästömittausten suunnittelu ja skenaariot)

Kari Kuuspallo, FM, tutkija (dieselajoneuvomittaukset)

Kati Nuutinen, FM, tutkija (PAH-yhdisteiden päästöjen mittaust)

Heikki Lamberg, FM, tutkija (päästömittaukset)

2) Itä-Suomen yliopisto (UEF): ympäristötieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio, Kuopion kampus

Maija-Riitta Hirvonen, FT, professori (pitkä kokemus toksikologisista solu- ja eläinkokeilla)

Pasi Jalava, FT, erikoistutkija (Uuden solualtistusmenetelmän käyttöönotto ja kokeiden suunnittelu)

Maija Tapanainen, FM, tutkija (toksikologiset kokeet, tulehdus, solutoksisuus- ja happiradikaalitutkimus)

Oskari Uski, FM tutkija (toksikologiset kokeet, hapettavan stressin ja solukuoleman tutkimus)

Jorma Mäki-Paakkanen, FT, erikoistutkija (genotoksikologian asiantuntija)

3) Ilmatieteen laitos (IL): Kuopion yksikkö

Kari Lehtinen, TkT, professori (pitkä kokemus aerosolimallintamisesta)

Jim Smith, PhD, professori (ilmakemiallinen asiantuntemus kammiomittauksista)

Ari Leskinen, FT, erikoistutkija (aerosolihiukkasten muutuntakokeet, aerosolimittaukset)

Mika Komppula, FT, ryhmäpäällikkö (aerosolimittaukset)

Harri Kokkola, FT, dosentti (ilmakehäprosessien mallintaminen)

Emmi Laukkanen, DI, tutkija (kammiokokeiden mallintaminen)

5.2 Kansainvälinen yhteistyö ja kotimaiset verkostot

Ryhmillä on laajat, oman alan kansalliset ja kansainväliset yhteistyöverkostot. Projekti toteutetaan yhteistyössä Hannoverin Fraunhofer Instituutin (Saksa), Karlsruhen teknillisen Instituutin (KIT, Saksa) ja Paul Scherrer Instituutin (Sveitsi) kanssa. Lisäksi yhteistyötä menetelmänkehityksessä tehdään Lundin ja Uumajan yliopistojen (Ruotsi) kanssa ja päästöjen muutuntaan liittyen National Center for Atmospheric Research (USA) kanssa. KIT (tri. Hans-Rudolf Paur) valmistelee parhaillaan ehdotusta "Helmholzin virtuaaliseksi instituutiksi" aiheesta "biomassan ja jätteenpolton aerosolien muodostuminen, muutunta ilmakehässä ja biologiset vaikutukset" ja Itä-Suomen yliopistosta Hirvosen, Jokiniemen ja Lehtisen konsortiota (Kuopio Center for Aerosol Research KCAR) on pyydetty tähän kansainväliseksi partneriksi.

Päästöjen toksikologia (Prof. Maija-Riitta Hirvonen):

Hankkeessa rakennetaan ja validoidaan uusi Hannoverin Fraunhofer Instituutissa Saksassa kehitetty solualtistuslaitteisto osaksi Itä-Suomen yliopiston polttotutkimuslaboratoriossa sijaitsevaa ilmapäästöjen haitallisuuden tutkimuslaitteistoa. Kyseinen suora solujen ja keuhkokudosten

altistusmenetelmä on kehitetty täydentämään nykyisen kaupallisen Vitrocell-laitteiston ominaisuuksia ja sitä ei ole kaupallisesti saatavana. Tämä uusi teknologia mahdollistaa usean soluviljelmän samanaikaisen altistamisen ja solujen tarkkailun altistuksen aikana sekä altistuksen aiheuttamien vasteiden tarkan ajallisen määrittämisen. Lisäksi sen avulla voidaan analysoida sydän – ja keuhdosairauksiin liittyvien hapettavan stressin välittäjäaineita aikasarjana suoraan altistuslevyllä epifluoresenssimikroskopian avulla.

Tämä sovittu yhteistyöprojekti Hannoverin Fraunhofer instituutin (tri. Jan Knebel) kanssa toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa FT Pasi Jalava tekee n. 6 kk:n tutkijavaihtovierailun Hannoveriin, jona aikana hän perehtyy ja opettelee laitteiston käytön ja siellä olevat sovellukset (nanohiukkaset). Toisessa vaiheessa ko. saksalaisesta laboratorion tutkija tulee vierailulle Kuopioon ja samanlainen laitteisto rakennetaan ja räätälöidään osaksi täällä olevaa päästöjen tutkimuslaboratoriota. Laitteisto sovelletaan mm. poltto- ja liikenneperäisille päästöille sekä nanohiukkasille. Yhteistyön tuloksena Suomeen tuodaan uutta kansainvälisesti ainutlaatuista terveystutkimuksen teknologiaa ja uusia polton päästöjen tutkimussovelluksia. Hankkeen yhteistyösopimuksen valmistelu on käynnissä, ja sopimus on tarkoitus allekirjoittaa vuoden 2010 loppuun mennessä.

Agglomeraattihiukkasten ominaisuudet (Prof. Jorma Jokiniemi):

Pien- ja nanohiukkaset muodostavat tyypillisesti agglomeraatteja, jotka koostuvat niistä pienemmistä primaaripalloista (mm. noki ja nanomateriaalit). Agglomeraatit voivat hajota ilmapirtauksissa ja tällä on suuri merkitys tutkittaessa solujen toksikologisia vasteita hiukkasaltistuksessa. Yhteistyössä Paul Scherrer (Sveitsi) instituutin kanssa on rakennettu laitteisto, jolla voidaan tutkia agglomeraattien hajoamista erilaisissa virtausolosuhteissa. Tutkija Mika Ihalainen toimii vierailevana tutkijana Paul Scherrer instituutissa (tri. Salih Gyntau) kolmen vuoden ajan tutkien agglomeraattien hajoamista. Tuloksia hyödynnetään tässä projektissa solualtistuksen yhteydessä. Lisäksi agglomeraattien muodostumista tutkitaan Hannoverin Fraunhofer instituutin (tri. Wolfgang Koch) kanssa.

Päästöjen muutunta (Prof. Kari Lehtinen):

Yhteistyötä tehdään prof. Jim Smithin tutkimusryhmän kanssa, National Center for Atmospheric Research, Boulder, USA. Prof. Smith on Itä-Suomen yliopistossa kesään 2011 saakka vierailevana professorina, jonka jälkeen hän palaa USA:aan. Hänellä on pitkä kokemus kokeellisesta päästöjen muutuntutkimuksesta. Prof. Smith on mukana muutuntakammion pystytys- ja testausvaiheessa sekä myöhemmin osallistuu hankkeessa tehtäviin kammiotutkimuksiin kiinteässä yhteistyössä.

Hanke kohdistuu Pohjois-Savon Energia- ja ympäristöteknologian-teemaohjelman *Energiateknologian ja Biopolttoaineiden tuotanto, käyttö ja jalostus* painopistealoille. Hanke kuuluu myös Itä-Suomen yliopiston koordinoimaan KANTIVA *Bioenergian tuotannon ja käytön vaikutukset* -tutkimuskeskukseen ja kohdistuu sen keskeisiin strategisiin tavoitteisiin. Tutkimusryhmät kuuluvat Ilmasto, ilmanlaatu ja terveys (IIT) –teknologiaverkostoon, joka on valtakunnallisen osaamiskeskusohjelman (OSKE) ympäristöteknologiaklusterin yksi kärkihanke.

6 Hankkeen kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma

Hankkeen kokonaiskustannukset ovat **840 000 €**. Alla on yksityiskohtainen erittely hankkeeseen osallistuvien organisaatioiden kustannuksista ja rahoitussuunnitelmista.

Kustannusarvio

Koko hankkeen kustannusarvio (€)

Kustannuslaji	2011	2012	2013	Yhteensä
Palkat	78 000	79 500	71 100	228 600
Henkilösivukustannukset	39 155	39 924	35 941	115 020
Yleiskustannukset	114 372	116 539	103 762	334 672
Matkat	9 000	11 500	10 322	30 822
Aineet ja tarvikkeet	51 000	32 000	27 276	110 276
Ostettavat palvelut	4 000	4 000	4 000	12 000
Laiteostot	5 000	1 000	1 000	7 000
Muut kustannukset	1 150	230	230	1 610
YHTEENSÄ	301 677	284 693	253 631	840 000

Itä-Suomen yliopiston Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorio työosuuden kustannusarvio (€).

Projektissa työskentelevät tutkijatohtori ja projektitutkija. Yksilöidyt kulut ovat seuraavat:

Matkat: näytteenkeräysmatkat; kv. konferenssit

Aineet ja tarvikkeet: Polttoaineet, kemikaalit ja reagenssit, kalibrointikaasut, analysaattorien kuluvat osat,

Ostettavat palvelut: Kemiaalliset analyysit toteutetaan pääosin ostettavina palveluina Labtiumista

Kustannuslaji	2011	2012	2013	Yhteensä
Palkat	25500	25500	23000	74000
Henkilösivukustannukset (48 %)	12240	12240	11040	35520
Yleiskustannukset (102 %)	38495	38495	34721	111710
Matkat	5000	5000	4000	14000
Aineet ja tarvikkeet	13000	11000	8770	32770
Ostettavat palvelut (kemialliset analyysit)	4000	4000	4000	12000
YHTEENSÄ	98235	96235	85531	280000

Itä-Suomen yliopiston Inhalaatiotoksikologian laboratorion työosuuden kustannusarvio (€).

Projektissa työskentelee erikoistutkija. Yksilöidyt kulut ovat seuraavat:

Matkat:

- Matkakuluja erikoistutkija Pasi Jalavan tutkijaliikkuvuudesta Hannoveriin (Saksa); lennot, kohtuulliset majoitus- ja muut kulut
- Alan kansainväliset konferenssimatkat.

Aineet ja tarvikkeet:

- Altistus: solultistustilalaitteiston kuluvat osat, solulinjat, soluviljelyreagenssit, kaasut
- Toksikologiset analyysit : analyysikitit tulehduksen-, oksidatiivisen stressin ja solukuoleman markkereille, reagenssit genotoksikologisiin analyysihin, kaasut sekä tarvittavat muut reagenssit ja laboratorion kulutustarvikkeet.

Matkat

Kustannuslaji	2011	2012	2013	Yhteensä
Palkat	28 000	28 800	22 200	79 000
Henkilösivukustannukset (48 %)	13 440	13 824	10 656	37 920
Yleiskustannukset (102 %)	42 269	43 476	33 513	119 258
Matkat	4 000	4 000	3 822	11 822
Aineet ja tarvikkeet	12 000	10 000	10 000	32 000
YHTEENSÄ	99 709	100 100	80 191	280000

Ilmatieteen laitoksen työosuuden kustannusarvio (€). Projektissa työskentelee erikoistutkija.

Yksilöidyt kulut ovat seuraavat:

Matkat: Matkakulut yhteistyöorganisaatioon sekä alan keskeiseen kansainvälisiin kongresseihin

Aineet ja tarvikkeet: muutuntakammioista lähtevät ja tulevat linjastot ja linjastoon kuuluvat liittimet ja venttiilit; vuosittain uusittava Tefloninen muutuntakammio; muutuntakammiohuoneen alumiinipinnoite; langaton tiedonkeruujärjestelmä ja tietokoneita muutuntakammion prosessin seurantalaitteille

Laiteostot: kalibraattori pienille virtauksille; yleismittarit (lämpötila-, kosteus ja paineanturit)

Kustannuslaji	2011	2012	2013	Yhteensä
Palkat	24500	25200	25900	75600
Henkilösivukustannukset (55 %)	13475	13860	14245	41580
Yleiskustannukset (88,5 %)	33608	34568	35528	103704
Matkat	0	2500	2500	5000
Aineet ja tarvikkeet	26000	11000	8506	45506
Laiteostot	6150	1230	1230	8610
YHTEENSÄ	103733	88358	87909	280000

Rahoitussuunnitelma

Koko hankkeen rahoitussuunnitelman osuudet eri rahoittajien kesken vuosille 2011-2013 ovat:
Tekes 95 %, yritykset 5 %.

Koko hankkeen rahoitussuunnitelma (€)

Rahoittaja	€
Tekes (95 %)	798000
Yritykset (5 %)	42000
Yhteensä	840000

Yritysrahoituksen muodostuminen:

Yritys	€
Energiateollisuus ry	15000
Soodakattilayhdistys	15000
Tulikivi Oyj	9000
Symo Oy	3000
Yhteensä	42000

Muu yritystuki

- Ecocat Oy, jälkikäsittelylaitteet ja -järjestelmät (ml. suunnittelu, raaka-aineet ja valmistus) sekä työpanos, arvo 10000 €
- Savon Voima Oyj, työpanos (noin 3 henkilötyöpäivää näytteenottoon valittujen tuotantolaitosten tuhkapäästöistä), arvo 1000 €
- Symo Oy, työpanos, arvo 3000 €
- Tulikivi Oyj, tulisijan toimitus tutkimuksiin (neuvottelut käynnissä)

Itä-Suomen yliopiston Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan laboratorion työosuuden rahoitussuunnitelma (€)

Rahoittaja	€
Tekes (95%)	266000
Yritykset (5%)	14000
Yhteensä	280000

Itä-Suomen yliopiston Inhalaatiotoksikologian laboratorion työosuuden rahoitussuunnitelma (€)

Rahoittaja	€
Tekes (95%)	266000
Yritykset (5%)	14000
Yhteensä	280000

Ilmatieteen laitoksen työosuuden rahoitussuunnitelma (€)

Rahoittaja	€
Tekes (95%)	266000
Yritykset (5 %)	14000
Yhteensä	280000

7 Projektin riippuvuudet

Haettava projekti liittyy olennaisesti v. 2010-2011 käynnissä olevaan EAKR infrastruktuurin vahvistamishankkeeseen 'Ilmansaasteiden haitallisuuden tutkimus- ja testauslaitteisto'. Hankkeessa rakennetaan 25 m³ muutuntakammio ja linjat päästölähteen laimennuslinjastosta muutuntakammioon ja sieltä edelleen solujen altistuskammioon. Hankkeessa ostetaan kaupallinen solujen altistuslaitteisto, jota tullaan jatkokehittämään kansainvälisten yhteistyökumppanien kanssa sekä useita muita mittalaitteita mm. kaasujen ja hiukkasten mittauksia varten. Lisäksi hankkeessa tehdään mittavia tilojen muutostöitä: mm. muutuntakammioille on rakennettu tutkimushalliin toinen kerros ja solujen altistamista ja analyysijä varten on rakennettu korkeat laatukriteerit täyttävä puhdas tila. Hankkeen rahoitus kattaa vain investointi- ja rakentamiskuluja.

Lisäksi hanke liittyy mm. alla listattuihin käynnissä oleviin kansainvälisiin ja kotimaisella rahoituksella oleviin hankkeisiin. Nämä hankkeet tukevat tämän hakemuksen hanketta, mutta ovat siitä selkeästi erillisiä. Niissä tehtävät toksikologiset analyysit on tehty solualtistuksista, joissa solut on altistettu suodattimelta uutetuille hiukkasnäytteille.

- ERA-NET Biohealth: Tutkitaan biomassan polton päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia.
- Heatox: Grazin yliopiston kanssa yhteistyössä selvitetään eri polttolaitteiden päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia solu- ja eläinkokeilla.
- Nanopoltto: Selvitetään nanokokoisten lisäaineiden hyödyntämismahdollisuuksia polttoaineiden tuhka-aineista aiheutuvien ongelmien vähentämisessä.
- Bioher (Suomen Akatemia): Tutkitaan mm. suurten aluelaitosten ja raskaanpolttoöljyn päästöjen toksikologisia haittoja.
- Starship (Suomen Akatemia): Tutkitaan eri energiatuotantovaihtoehtojen hyvyttä huomioiden kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi myös terveysvaikutukset.

8 Riskien tunnistaminen ja niihin varautuminen

- Muutuntakammion kontaminaatio-ongelmat. Kammion kontaminaatioastetta seurataan käyttäen tunnettua reaktiota. Kun mitattu vaste kammiossa muuttuu selvästi ja kontaminaatiotaso todetaan häiritseväksi, Teflon-kammio vaihdetaan uuteen vastaavaan.
- Solualtistusvaiheeseen liittyvä kontaminaatoriski. Laboratorio on ylipaineinen ja se täyttää steriilin työskentelyn vaatimukset. Lisäksi kontaminaatiota seurataan jatkuvien tausta-analyysien.
- Projektin toteuttaminen vaatii kolmen ryhmän välistä saumatonta yhteistyötä. Yhteistyötä edistetään pitämällä projektipalavereja sekä säännöllisen aikataulun mukaan että tämän lisäksi aina tarpeen vaatiessa. Lisäksi yhteishenkeä vahvistetaan vapaamuotoisin lounain ja illallisin.

9 Projektin tulosten hyödyntäminen

Projektista saatavien tulosten avulla voidaan arvioida eri lähteistä peräisin olevien päästöjen haitallisuutta sekä saada tietoa siitä, mitkä tekijät vaikuttavat haitallisten komponenttien esiintymiseen päästöissä ja miten haitallisten komponenttien määrään voidaan vaikuttaa. Näin projektissa mukana olevat yritykset voivat ennakoita lähitulevaisuudessa tiukentuvia

päästömääräyksiä omassa tuotekehitystoiminnassaan, mikä parantaa paitsi mukana olevien yritysten, niin jatkossa myös muiden yritysten kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla. Markkinointihyötyä saavutetaan jo projektin aikana ja se on maksimaalinen välittömästi projektin päätyttyä.

10 Viitteet

- Jalava PI, Salonen RO, Hytönen K, Pennanen AS, Happonen MS, Markkanen P, Tissari J, Frey A, Hillamo R, Jokiniemi J, Hirvonen M-R. (2010). Effect of combustion condition on cytotoxicity and inflammatory responses induced by residential wood combustion particles, *Atmospheric Environment* 44, 1691-1698.
- Kokkola H., H. Korhonen, K. E. J. Lehtinen, R. Makkonen, A. Asmi, S. Järvenoja, T. Anttila, A.-I. Partanen, M. Kulmala, H. Järvinen, A. Laaksonen, and V.-M. Kerminen (2008) SALSA – a Sectional Aerosol module for Large Scale Applications. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8, 2469-2483.
- Korhonen, H., Lehtinen, K. E. J. and Kulmala, M. (2004) Multicomponent aerosol dynamics model UHMA: model development and validation. *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 757-771, 2004
- Ohlström, O.M., Lehtinen, K.E.J., Moisio, M., Jokiniemi, J.K. (2000) Fine-particle emissions of energy production in Finland. *Atmos. Environ.* Vol 34, pp. 3701-3711.
- Sippula O., K. Hytönen, J. Tissari, T. Raunemaa, J. Jokiniemi (2007) Effect of Wood Fuel on the Emissions from a Top-Feed Pellet Stove, *Energy Fuels*, 21 (2), 1151 -1160.

LIITE 4

**NOx emissions from recovery boilers – why discrepancy between
Finnish and Swedish values
Lausunto Michael Suhrille**

NO_x emissions from recovery boilers – why discrepancy between Finnish and Swedish values

In figure 1 the reported average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2003 are shown in declining order as function of total pulp produced. The data is from statistics by Finnish Metsäteollisuus (available at www.forestindustries.fi) and Swedish Skogsindustrierna. (available at www.forestindustries.se).

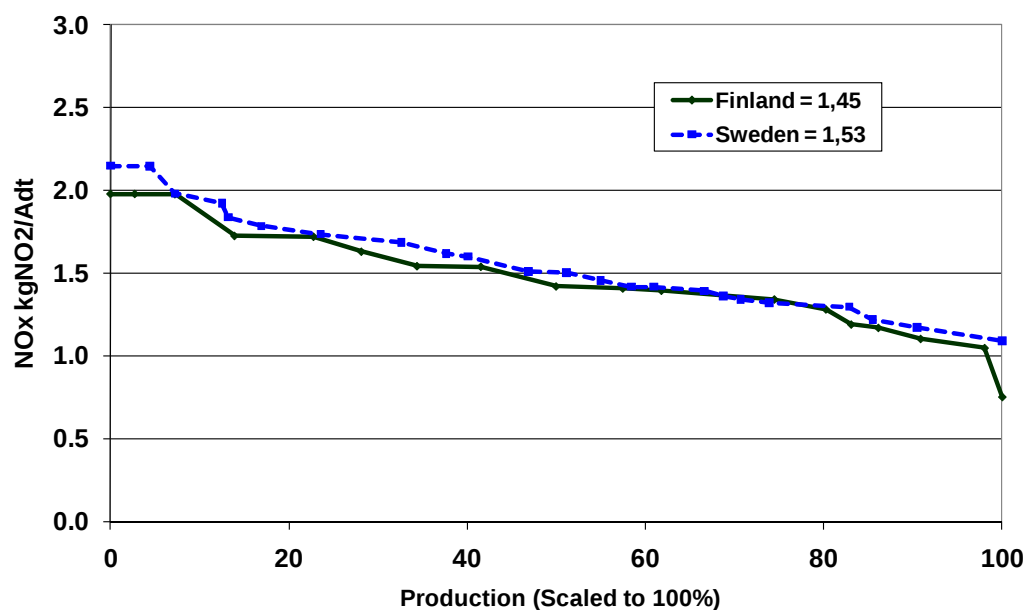


Figure 1: Average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2003.

In figure 2 the reported average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2008 are shown in declining order as function of total pulp produced. The data is from statistics by Finnish Metsäteollisuus (available at www.forestindustries.fi) and Swedish Skogsindustrierna. (available at www.forestindustries.se).

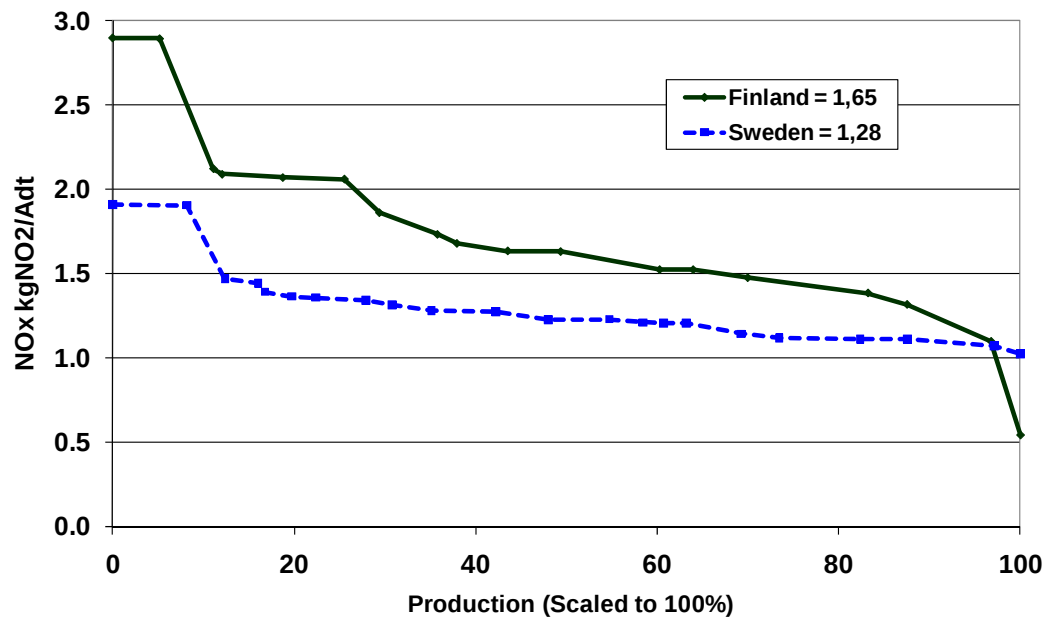


Figure 2: Average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2008.

The dilemma is that in five years the average Finnish NO_x emission has increased from 1.45 kg NO₂/Adt to 1.65 kg NO₂/Adt e.g. 0.2 kg NO₂/Adt. At the same time the Swedish NO_x emission has decreased from 1.53 kg NO₂/Adt to 1.28 kg NO₂/Adt e.g. 0.25 kg NO₂/Adt. The difference between Sweden and Finland is now 0.37 kg NO₂/Adt.

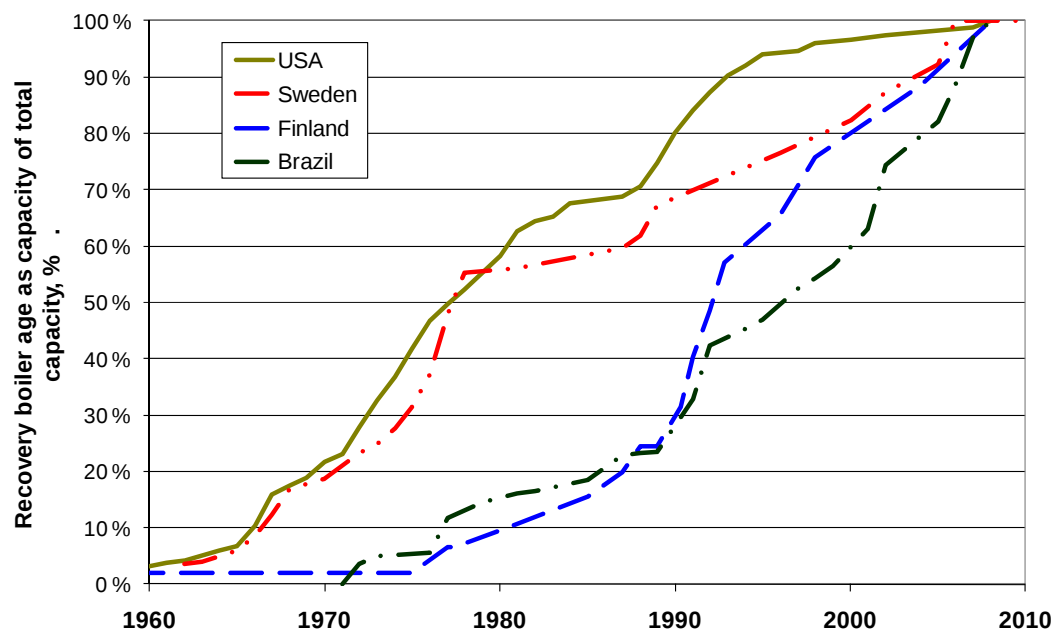


Figure 3: Ages of Brazilian, USA, Finnish and Swedish recovery boilers.

What are the ages of Finnish and Swedish recovery boilers

The ages of Finnish and Swedish recovery boilers are shown in figure 3. It can be seen that Finnish recovery boilers are on average much younger than Swedish recovery boilers. Half of the Finnish boilers are younger than 20 years. Half of the Swedish recovery boilers are older than 30 years. During the period 2003 – 2008 three new recovery boilers were started in Sweden, namely Skoghall 2500 tds/d in 2005 and Östrand 3300 tds/d in 2006 and Obbola in 2007. In Finland the only new recovery boiler was Kymi 4000 tds/d which started in 2008. So the technology employed is practically the same in Finland and Sweden.

As far as we can state the technology base, air models and other equipment related features are similar between Finland and Sweden. The only exception of technology being that Swedish boilers are older than Finnish.

Swedish and Finnish boilers do differ in the black liquor dry solids they fire, where DTVG is burned, where DNCG is burned, where CNCG is burned and the liquor nitrogen content (wood species pulped).

What are the dry solids of Finnish and Swedish recovery boilers

The as fired black liquor dry solids of Finnish recovery boilers in 2004 are shown in figure 4 (ref. Suomen Soodakattilayhdistys ry, Mustalipeän polttomenetelmät Suomen soodakattiloissa, (Black liquor firing in recovery boilers) 3.5.2004, (16A0913-E0058)). It can be seen that Finnish recovery boilers are on average firing close to 80 % dry solids. Dry solids increase has continued and most mills now fire 80% or above.

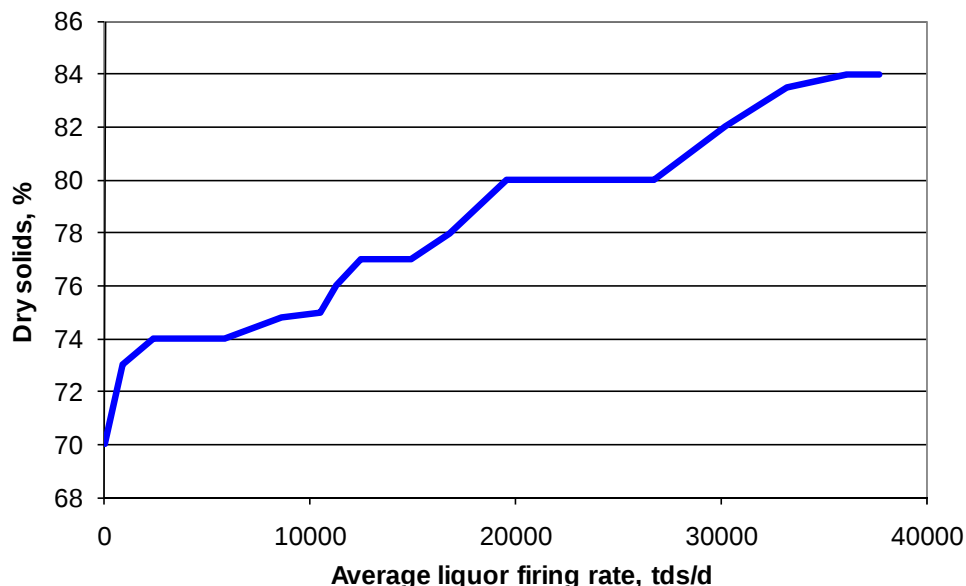


Figure 4: As fired black liquor dry solids of Finnish recovery boilers in 2004.

The as fired black liquor dry solids of Swedish recovery boilers in 2000 are shown in figure 5 (ref. Kjörk, Anders and Herstad Swärd, Solvie, 2000, Atmospheric emission of nitrogen oxide from kraft

recovery boilers in Sweden (Kartläggning av NO_x-utsläpp från sodapannor i Sverige). SVF-679, Technical Report, Värmeforsk, Stockholm (Sweden), Project Värmeforsk S9-807, ISSN 0282-3772, 58 p.). It can be seen that Swedish recovery boilers are on average firing close to 70 % dry solids. Dry solids increase has not been made and only one of the mills now fires 80% or above.

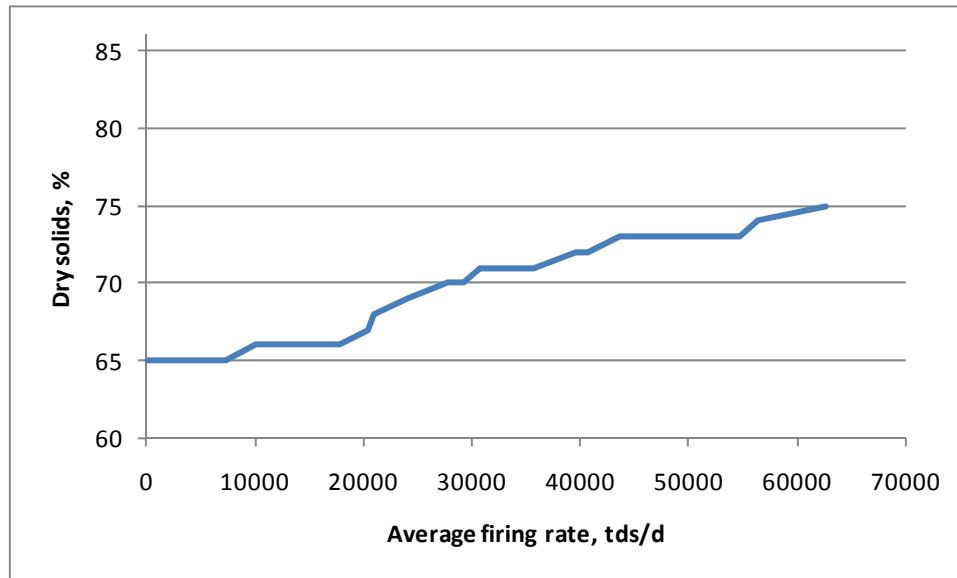


Figure 5: As fired black liquor dry solids of Swedish recovery boilers in 2000.

The question can be posed, **is Swedish data relevant as BAT calls for 80 % or higher dry solids and practically none of the mills in Swedish data set are actually running 80 % dry solids.** Increasing dry solids increases furnace temperatures and decreases sulphur emissions.

Additional N-containing streams to recovery boiler

In Finland it has been more and more common to include as many N-containing streams to be combusted in the recovery boiler as possible, Figure 6. Such streams are

- vent stack gases
- strong non-condensable gases (CNGC)
- weak non-condensable gases (DNGC)
- turpentine
- methanol
- biosludge

It is clear that recycling N-containing gases to recovery boiler furnace affects the NO₂ emissions.

In Sweden none of the recovery boilers burns strong non-condensable gases. Only Östrand burns biosludge.

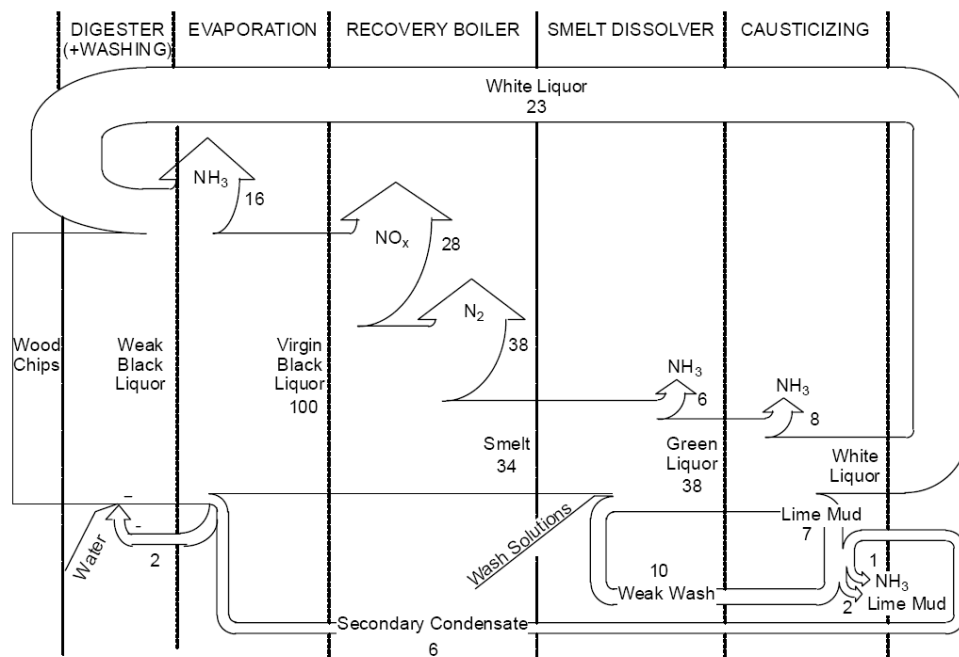


Figure 6: The nitrogen cycle in a pulp mill recovery process. The diagram is based on research at Åbo Akademi University (Kymäläinen et al.).

Cross correlation of emissions

It is widely acknowledged in all scientific literature that emissions from boilers have cross correlations. Increase in CO or sulphur containing gases has been found to decrease NO_x in all kinds of boilers. In Figure 7 find results from Kaukas Finland and Figure 8 from a North American mill. If the recovery boiler operates with low SO₂ clearly at practically 0 SO₂ one loses the reduction effect of sulphur species.

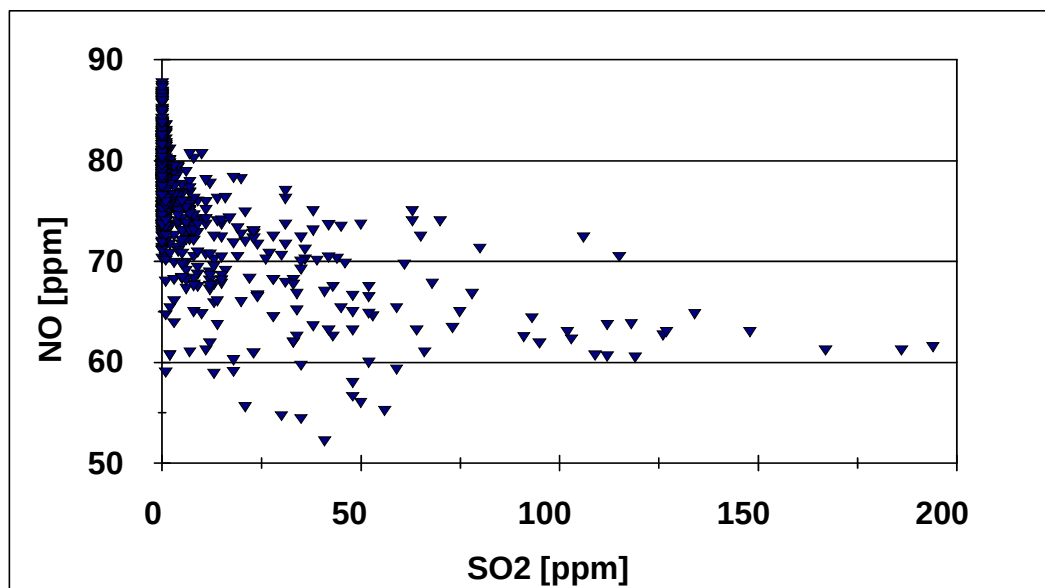


Figure 7: Correlation between SO₂ and NO_x (Kaukas, UPM-Kymmene).

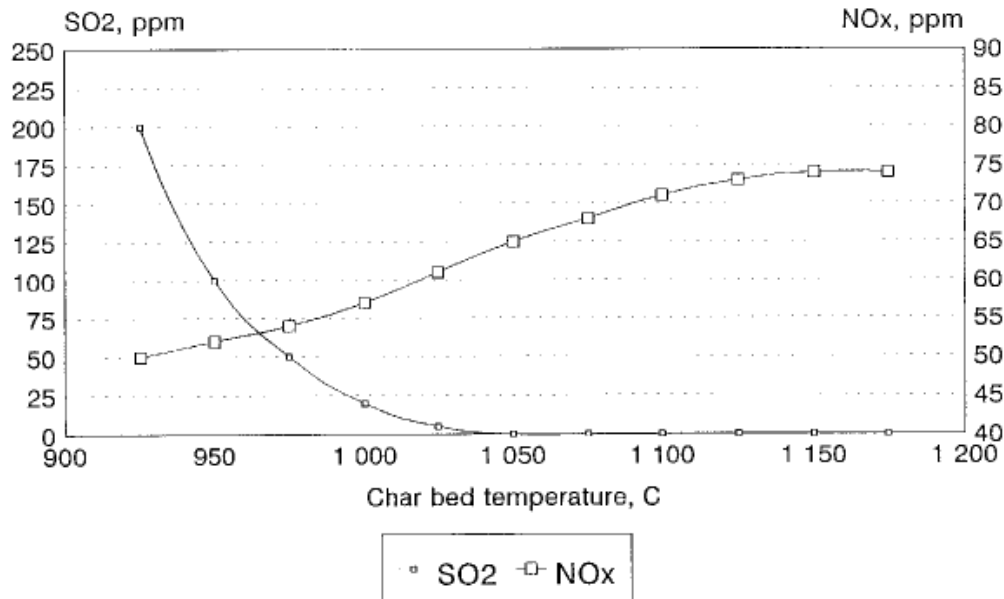


Figure 8: Correlation between char bed temperature, SO₂ and NO_x in North American mill.

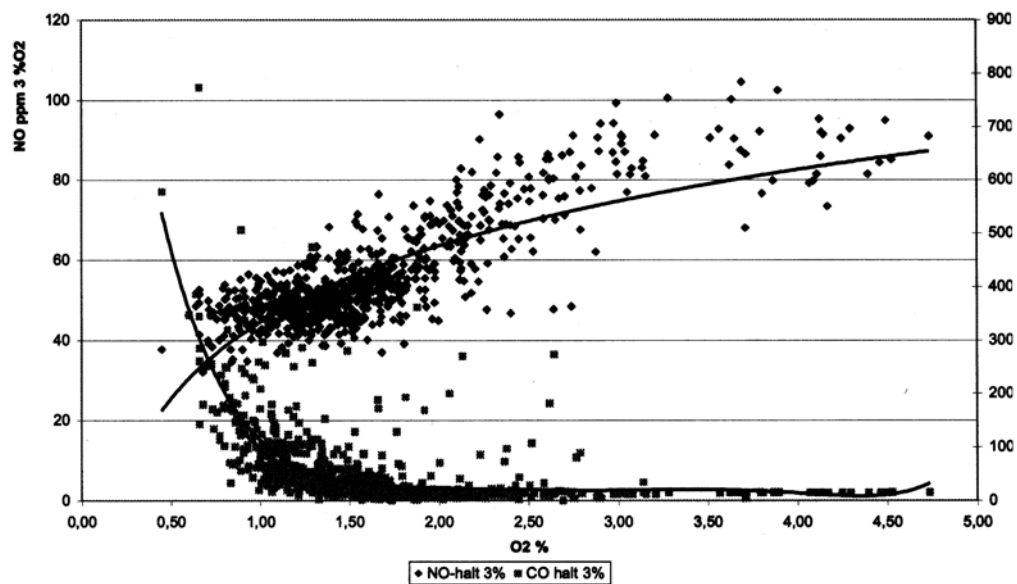


Figure 9: Correlation between O₂, CO and NO_x in Swedish mill.

Figure 9 shows the effect of excess air level to NO and CO during trials at a Swedish mill. Lowering oxygen level clearly decreases NO_x but increases CO.

It is the opinion of Finnish Recovery Boiler Committee, that environmentally it is better to run significantly lower CO level instead of 10 % reduction in NO_x level. High CO means high amount of uncombustible, therefore the VOC and PAH (polyaromatic hydrocarbon) emissions would be higher. These emissions are very seldom measured in recovery boilers. As far as we know no continuous measurement exists.

Is NO_x relevant emission for reduction

NO_x has not been relevant issue in Finnish recovery boilers. The running target has concentrated on low CO and SO₂. The authorities acknowledge that NO_x is not an issue in Finland.

Below as Figure 10, is the OMI measurement data for September 2010 for NO₂ concentration in Europe. Ozone Monitoring Instrument (OMI) is a UV-VIS imaging spectrometer contributed by The Netherlands and Finland to the NASA EOS-Aura mission. As can be seen the European pulp and paper industry does not contribute appreciably to the emissions in high NO₂ regions.

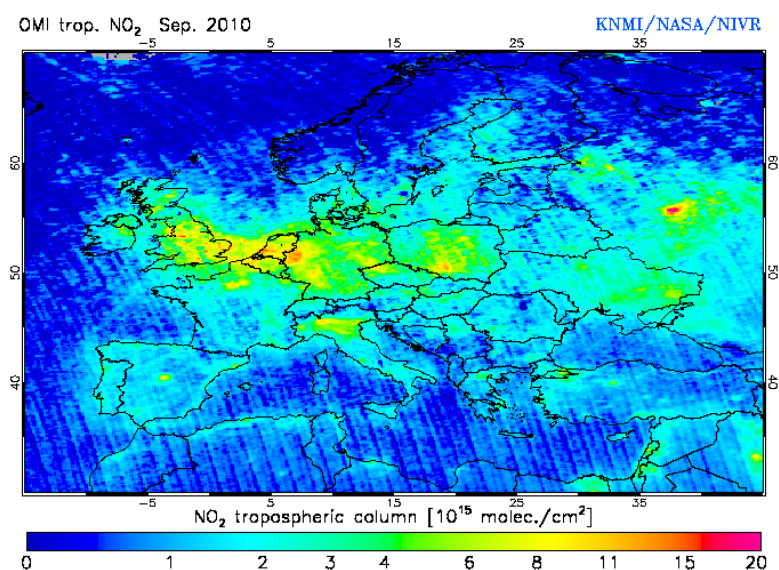


Figure 10: OMI NO₂ data for Europe in September 2010.

The NO_x levels in typical Finnish mill towns are currently much lower than relevant EU regulations. Also in these mill towns as the authorities acknowledge the biggest peak comes from traffic.

From purely economic sense the Finnish aim has been for the past ten years to concentrate on emission reductions for those emissions that actually might pose harm to general public. Putting money in NO_x reduction does not improve the environment in Finnish mill towns.

Pathways of Nitrogen in pulp mill

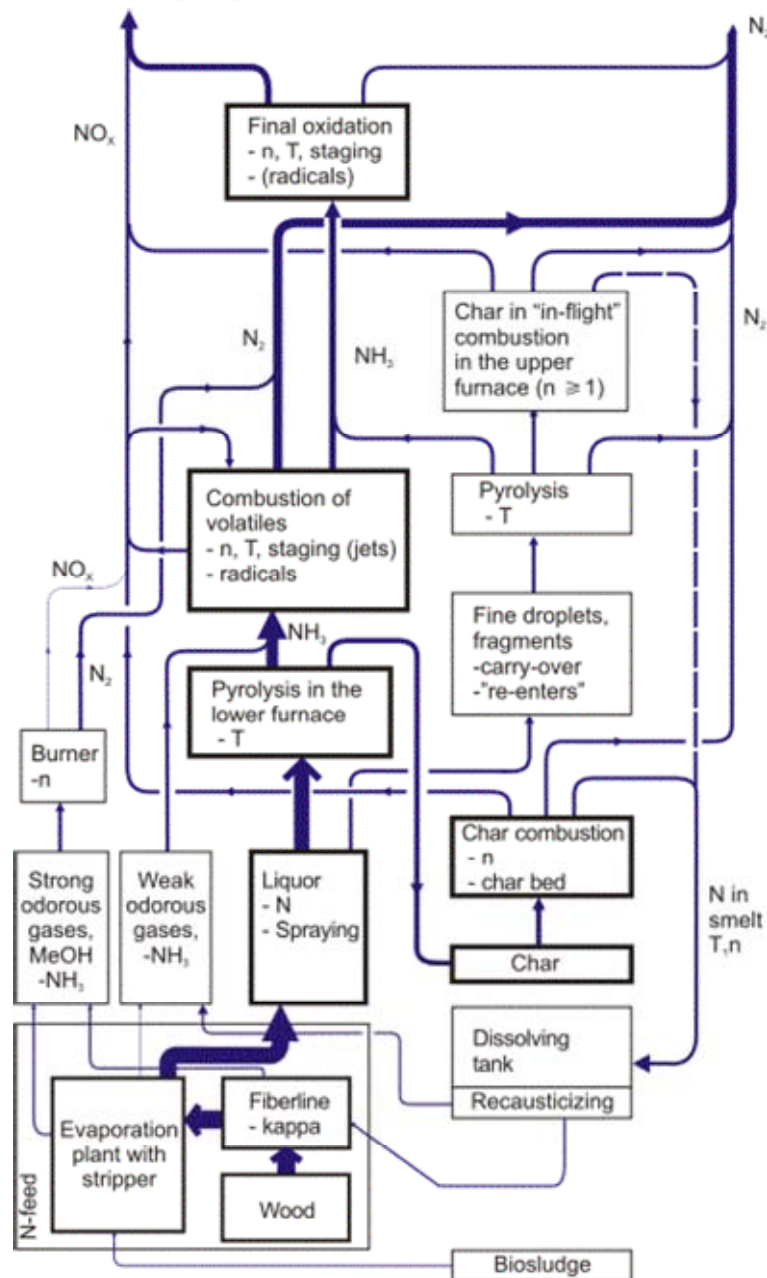


Figure 11: Nitrogen pathways in the recovery boiler.

Figure 11 shows nitrogen pathways in Recovery boiler (ref: Kari Saviharju, Kaisa Aho, 2006, Nitrogen balances in recovery boilers, TAPPI 2006 Engineering, Pulping, Environmental Conference). It should be pointed out that there are still many mills that do not e.g. collect ammonia containing flows from causticizing.

As stated in previous NO_x statement to IPPC BAT process by professor Mikko Hupa, there is still much to understand of this complex picture.

Operation on different N level

Below as Figure 12 is a new technology boiler in a Scandinavian mill burning liquor that is from pulping of both Softwood and hardwood (Hardwood share about 50 %). Figure 13 shows a new technology boiler in a Scandinavian mill burning liquor that is solely from pulping of Softwood. Scale in both emission figures is the same.

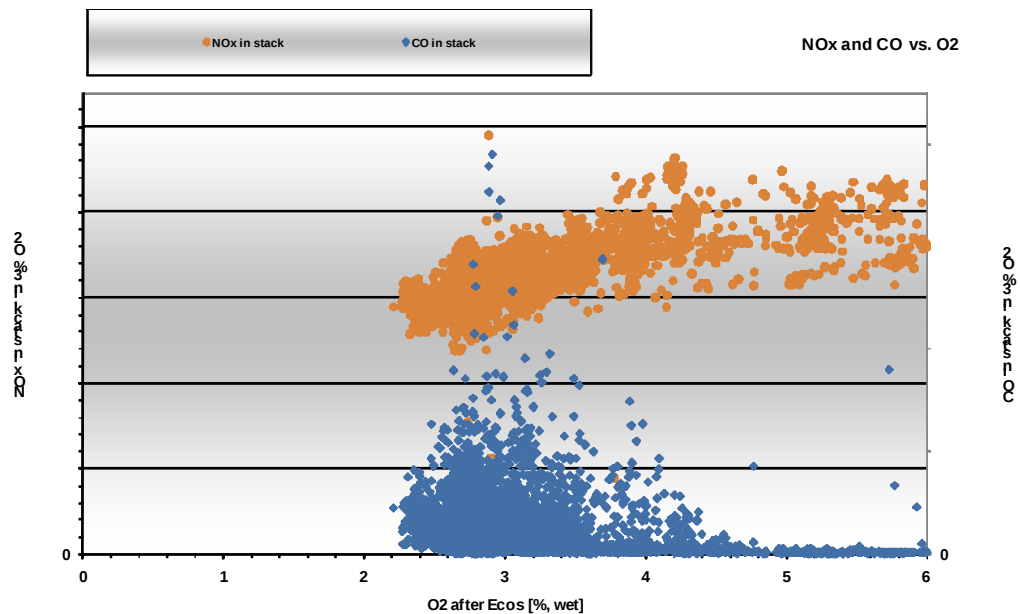


Figure 12: NOx and CO emissions burning liquor from softwood and hardwood pulping.

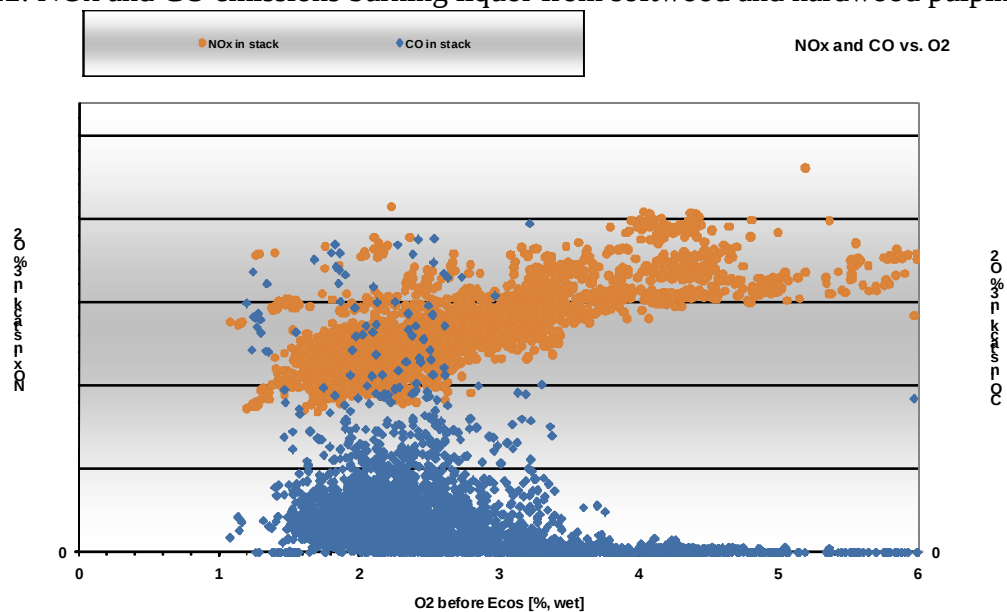


Figure 13: NOx and CO emissions burning liquor from softwood pulping.

To the best of mill and recovery boiler vendor understanding both boilers operate the same way at approximately same air pattern. It can clearly be seen that softwood liquor (N in liquor = 0.06 % KCL) results in 20 % lower emissions than softwood and hardwood liquor (N in liquor = 0.09 % KCL). The

same trend has been found in laboratory tests at Åbo Akademi. Generally Sweden pulps less hardwoods than Finland. As the boilers are from the same manufacturer and represent same kind of air system and operating philosophy the role of N in black liquor is about 0.2 kg NO₂/ADt. In addition operating at ~3 % O₂ or 0.7 % higher O₂ results in another 0.1 - 0.2 kg NO₂/ADt emission.

Reasons for increase in Finnish NOx Emissions

It has been acknowledged that many Finnish mills have had to increase their reported NOx levels after thorough review of their reporting procedure and adoption of continuous NOx measurements.

Typically in Scandinavia the flue gas output is not measured but is calculated. These calculations have in several instances been found to result in lower values. It is clear that instead of measuring the NOx twice per year instead of continuous measurement results in lower reported values.

There are significant differences in the way Finnish and Swedish mills report their emissions based on historical practices. Finnish Recovery Boiler Committee has sought to clarify emission measurement practices between Finland and Sweden through examples and co-operation. So far we have not been able to interest our Swedish colleagues in participating.

Finnish Recovery Boiler Committee opinion on achieving NOx limit less than 1.5 kg/ADt

The NOx emissions from Sweden are reported to be lower than in Finland. In part the difference is based upon the Swedish practice of firing the lime kiln with oil. In Finland it is more common to use natural gas firing. It is widely acknowledged that oil-fired lime kilns will produce lower levels of NOx, but this does not mean that natural gas-fired lime kilns are inappropriate. Higher NOx emission levels should be allowed for lime kilns that adopt a natural gas firing system. IPPC BAT BREF for pulp and paper states that emissions from lime kilns are (ref: IPPC BAT BREF, Table 2.13 p. 43)

Nitrogen oxides (as NO₂) - oil firing	240-380	mg/m ³ n
	130-200	mg/MJ
	0.2-0.3	kg/ADt
- gas firing	380-600	mg/m ³ n
	200-320	mg/MJ
	0.3-0.4	kg/ADt

Leaving aside the broader environmental advantages of using natural gas over oil (vehicle movements, handling etc), it is more appropriate to take a holistic approach to determine the limit of NOx.

As an alternative in-stack NOx concentrations could be reduced by making substantial modifications to the operation of the recovery boiler by:

- Reducing the furnace temperature, which would result in an increase of SO₂ emissions;
- Reducing the air ratio in the recovery furnace, which would result in an increase of poorly combusted emissions of CO, VOC and PAH;

- Changing the raw material from hardwood to softwood and/or
- Changing the pulping process from fine paper to cardboard

Although it is technically possible to reduce the NO_x, to do so will result in an increase in other environmental impacts. Examples of this method can be found in Sweden. In Sweden however there are no emission limits for CO, VOC and PAH and little concern has been expressed by regulatory regimes about these pollutants.

It is much better to derive emission limits in a holistic way, based upon the consequences of trying to achieve those limits balanced against the actual potential impact. In this case, it is unhelpful to focus on achieving the recommended in-stack NO_x concentrations if that will, as a result, cause higher emissions of carbon monoxide, VOC, and PAH, SO₂ and TRS from the pulp mill.

It can be argued that mills can choose the wood species that they pulp, but market conditions do not always favour this. It is also thought that the role of the IPPC BAT is not to require mills to utilize only a narrow range of raw materials.

The best mill in Finnish data is Kotka mills (former Laminating paper) in Kotka. Because they pulp to very high kappa they produce only close to 1000 kg black liquor /Adt. If one aims to produce fine paper then the result is over to 1600 kg black liquor /Adt. In both cases the boiler has about the same NO_x concentration in the stack. But because you produce much less flue gases from 1000 kg than 1600 kg the end result is the apparent superiority of less black liquor produced. It seems absurd to us that the boiler resembling BAT in Finland would be from 1954 = the oldest still operating boiler.

Best practice emissions from Finnish practice are

- recovery boiler 1.2 – 1.4 kg NO₂/Adt
- lime kiln 0.3 – 0.4 kg NO₂/Adt
- gas destruction boiler 0.1 kg NO₂/Adt

Then the best practice emission limit from pulp production should be **1.7 kg NO₂/Adt**. It should be noted that none of the major manufacturers of pulp mills (=recovery equipment) is willing to guarantee lower emissions for the whole mill in the new European projects.

Additionally we recommend that all nitrogen containing flows (see figure 6) are counted towards the total mill nitrogen emissions i.e. mills where CNCG and DTVG are fired at recovery boiler get 0.2 kg NO₂/Adt higher emission limits than mills without.

Added Clarification

Some of the data in the previous text has been presented without relevant sources and naming of mills in question. It is the practice of Finnish Recovery Boiler Committee not to publicise data from individual mills without written permission from each mill. If needed we can name the source mill for each figure and try to obtain permission to include the figure to IPPC BREF document.

LIITE 5

Åbo Akademi, Nikolai DeMartini
Lipeäkierron ammoniakkitase – mittaus suunnitelma
31.10.2010

UPM-Kymi NH₃ Ammonia Campaign

Nikolai DeMartini

31 October 2010

Week of sampling campaign: wk 45 (Mon set-up; Tue sample; Wed pack up and return to Turku)**Visits to the mill:** wk 42, wk 44**People from Åbo Akademi:** Niko DeMartini, Luis Bezerra**Introduction**

Nitrogen enters the pulp mill with the wood. Ammonia is formed both in pulping and in recausticizing. About 12% of the wood nitrogen forms ammonia and a small fraction forms other volatile nitrogen species. The ammonia formed in cooking is released with the digester blow gases and the weak liquor effects of black liquor evaporation. Besides ammonia, black liquor contains nitrogen bound in organic molecules with low volatility at evaporator temperatures. Little to no nitrogen from the wood goes with the washed pulp. About 20% of the nitrogen in weak black liquor is released during evaporation. The remainder goes to the recovery boiler with the as-fired black liquor. About one third forms NO, about 40% forms N₂ and 25-30% exits the recovery boiler with the smelt as the inorganic anion cyanate (OCN⁻). Cyanate reacts in the green and white liquor to form ammonia. This reaction is slow and occurs throughout recausticizing, reaching completion or near completion by the white liquor tank. A part of the ammonia formed is released through vents in the tanks, slaker and recausticizers.

The purpose of this study is to quantify the amount of ammonia in various streams and its release. Below is a brief summary of the sampling plan for each section. Following the brief descriptions is the sample list for each section. Samples will be pulled at least twice during a single day of stable operation and combined to one composite sample. Ideally the mill should be running stably for at least 48 hours prior to the start of the sample campaign. The final sample list will be confirmed during week 44 when I visit the mill for a second time. It should be noted the mill will not be adding biosludge to the black liquor. The status of white liquor oxidation is not entirely clear, but it is planned that it will be running.

Pulping & White Liquor Oxidation

There are 3 digesters at UPM-Kymi. One is for hardwood, a second for softwood and a third for sawdust. The pulp from the sawdust digester goes to the hardwood line and is not always running. The strategy will be to measure the ammonia and nitrogen with the solid and liquid inputs and the outputs. No gas streams will be measured in pulping or white liquor oxidation. We will pull a condensate sample from the digester blow gas condensers to get an ammonia concentration, but will not be able to use that in the balance because there is no reliable flow measurement available. We will pull white liquor from the pump out of the white liquor tank. Chips and sawdust will be pulled from the belts for all three digesters. If possible, we will get a pulp and carryover sample from the outlet of the blow tanks. We will also get samples from the outlet of the second washers for both the softwood and hardwood lines. We will get samples of the condensate to the washers. We will get the black liquor from the SW and HW lines from the transfer pumps in chemical recovery. A white liquor sample from white liquor oxidation will also be taken.

Ammonia will be measured in all samples. Total nitrogen will be measured in wood, black liquor and if possible the condensate from the blow tank.



The white liquor oxidation system was not running when we visited the mill during week 42. It is expected to be running during the campaign.

Black Liquor Evaporation and Stripper

We will pull samples of the weak black from the HW and SW lines; black liquor from the weak black liquor storage tanks; black liquor from the intermediate storage tank; from the number 2 evaporator to the concentrators; and of the as-fired black liquor. The weak black liquor will be analyzed for total N and ammonia as will the intermediate black liquor and as-fired black liquor. The number 2 black liquor will not be analyzed except for solids unless there are questions based on the other liquor analysis. The clean condensates are separated into three fractions and there is one dirty condensate system. Flows will be based on flow meters, tank levels, dry solid measurements and if needed, sodium analysis. We intend to pull samples of all of the condensates if possible and of the clean condensate from the stripper as well as a methanol sample.

Biosludge is not being added to the evaporators at this time. It is scheduled to be added back in sometime next spring.

Recovery Boiler and Dissolving Tank

The nitrogen balance around the recovery boiler will be based on the as-fired black liquor flow; the flue gas measurements; the weak wash to the dissolving tank; and the green liquor from the dissolving tank. We are not planning on measuring the concentration of nitrogen in the smelt. Earlier measurements have shown that the nitrogen balance around the dissolving tank based on weak wash in and green liquor out is more reliable than measuring the smelt nitrogen. We will also try and measure the concentration of ammonia in the dissolving tank vent gases. The mill measures the flow rate of the dissolving tank vent gases so it may be possible to get some reasonable estimate of the flow of NH_3 in the dissolving tank vent gases. This is the only gas sample ÅAU will pull. Recovery boiler vent gases are being measured as a normal

Recausticizing

The concentration of ammonia and cyanate will be measured in the green liquor from the dissolving tank; the green liquor to the slaker; the solution from the slaker and each of the three causticizers; and the white liquor from the white liquor tank to the pulp mill. The solution from the slaker and causticizers will be pulled from lids on the top of the slaker and causticizers except for the third causticizer where the sample will be pulled from the pump. For the solutions from recausticizing, the amount of ammonia released to vent gases will be based on the analyzed concentrations of ammonia and cyanate in the liquid samples.



Planned Sample List by Section

Pulping and White Liquor Oxidation

Name	Position	Sample amount	Sample Container	Person taking sample
UPM-KD1	Chips to K3	1kg	plastic bag	mill
UPM-KD2	White liquor to digesters	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KD3	Pulp from blow tank	1 kg	plastic bag	ÅAU
UPM-KD4	Carry -over from blow tank	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KD5	Washed Pulp from K3	1 kg	plastic bag	ÅAU
UPM-KD6	Chips to K4	1kg	plastic bag	mill
UPM-KD7	White liquor to digesters	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KD8	Pulp from blow tank			
UPM-KD9	Carry -over from blow tank			
UPM-KD10	Washed Pulp from K4	1 kg	plastic bag	ÅAU
UPM-KD11	Sawdust to Sawdust digester	1 kg	plastic bag	mill
UPM-KD12	Pulp from blow tank			
UPM-KD13	Carry -over from blow tank			
UPM-KD14	Oxidized WL	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KD15	Condensate from Blow Gas Condensers	250 ml	glass bottle	mill
UPM-KD16	Turpentine sample	250 ml	glass bottle	mill

Evaporation and Stripper

Name	Position			
UPM-KEV1	Weak Black Liquor from K3	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KEV2	Weak Black Liquor from K4	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KEV3	Weak Black Liquor to Evaporators	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KEV4	Intermediate black liquor	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KEV5	Black Liquor from 2nd Effect	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KEV6	As-fired black liquor	300 ml	plastic bottle	Mill
UPM-KEV7	Clean Condensate 1	100 ml	glass bottle	ÅAU
UPM-KEV8	Clean Condensate 2	100 ml	glass bottle	ÅAU
UPM-KEV9	Dirty Condensate	100 ml	glass bottle	mill
UPM-KEV10	Stripped condensate	100 ml	glass bottle	ÅAU
UPM-KEV11	MeOH	100 ml	glass bottle	mill

Recovery Boiler

Name	Position			
UPM-KRB1	NOx stack gases			
UPM-KRB2	Gas from Dissolving Tank	300 ml	plastic bottle	ÅAU

Recausticizing

Name	Position			
UPM-KCW1	Weak Wash to dissolving tank	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW2	GL from Dissolving tank 1	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW3	GL from Equilizing tank	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW4	GL to Slaker	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW5	WL from slaker	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW6	WL from cuasticizer 1	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW7	WL from cuasticizer 2	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW8	WL from cuasticizer 3	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW9	WL to digester & WL oxidation	5 l	plastic container	ÅAU
UPM-KCW10	Lime Mud from WL filter	500 g	plastic bag	ÅAU
UPM-KCW11	Lime Mud from Lime Mud Washer	500 g	plastic bag	ÅAU
UPM-KCW12	W. Wash from Lime mud washer	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW13	Dregs to Dregs Washer	500 g	plastic bag	ÅAU
UPM-KCW14	Dregs from Dregs Washer	500 g	plastic bag	ÅAU
UPM-KCW15	W. Wash from dregs washer	300 ml	plastic bottle	ÅAU
UPM-KCW16	Mechanically Cleaned Hot Water	300 ml	plastic bottle	ÅAU

LIITE 6

**Åbo Akademi, Nikolai DeMartini, Mikko Hupa
Biolieteen vaikutus soodakattilan typpipäästöihin - projektiehdotus
14.12.2010**

**Proposal for Biosludge Measurements**

14 Dec 2010

The fate of biosludge nitrogen in evaporation and combustion is not well understood. Mill experience consistently shows that biosludge does not result in increased NO, but earlier nitrogen balances around the evaporators have been inconclusive. It is important to understand the fate of biosludge nitrogen. Biosludge can represent a significant nitrogen flow and should be better understood. It is relevant to recovery boiler emissions. Also, if biosludge nitrogen is released during evaporation, the condensates from the concentrators may be a good source of ammonia for use elsewhere in the mill.

This is a proposal to measure the nitrogen flows around the concentrator and recovery boiler at the Kymi mill in the spring of 2011 before and after the addition of biosludge to the black liquor. Biosludge is added to the black liquor going into the concentrator 1C. Below is the proposed sample campaign across five days.

Sample	Day				
	1 (no biosludge)	2 (no biosludge)	3 (biosludge added)	4 (w/ biosludge)	5 (w/ biosludge)
BL from Evap 2 to IC	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)
Biosludge	-	-	Twice/day (total N, NH ₃ , d.s.)	Twice/day (total N, NH ₃ , d.s.)	Twice/day (total N, NH ₃ , d.s.)
Virgin BL to mix tank	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)	Twice/day (Kjehdahl-N, d.s.)
As-fired BL	Twice/day (d.s.)	Twice/day (d.s.)	Twice/day (d.s.)	Twice/day (d.s.)	Twice/day (d.s.)
Weak Wash to Dissolving Tank	Twice/day (total N, NH ₃)	Twice/day (total N, NH ₃)	Twice/day (total N, NH ₃)	Twice/day (total N, NH ₃)	Twice/day (total N, NH ₃)
Green liquor from dissolving tank	Twice/day (total N, NH ₃ , OCN)	Twice/day (total N, NH ₃ , OCN)	Twice/day (total N, NH ₃ , OCN)	Twice/day (total N, NH ₃ , OCN)	Twice/day (total N, NH ₃ , OCN)
Vent gases from dissolving tank	Once/day, multiple spouts (NH ₃)	Once/day, multiple spouts (NH ₃)	Once/day, multiple spouts (NH ₃)	Once/day, multiple spouts (NH ₃)	Once/day, multiple spouts (NH ₃)

The objective is to firmly establish the flows of nitrogen with and without biosludge addition. In addition to the above samples we will monitor the NO in the recovery boiler flue gases using the mill measurements. We are working with Kymi to determine if we can isolate condensates samples from the IC concentrator to establish if nitrogen is lost from the BL + biosludge during concentration in the high solids concentrators.

The cost for this mill balance is 22 000€ (+VAT). We can modify this proposal based on the request of the board.



Prepared by:

Nikolai DeMartini

Mikko Hupa

Senior Researcher

Professor

LIITE 7

LUT, Esa Vakkilainen, Jussi Saari
Päästötason riippuvuus tarkasteluajanjaksosta - esitys
2.12.2010



Open your mind. LUT.

Lappeenranta University of Technology



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

YTR projekti: Päästötason riippuvuus tarkasteluajanjaksosta

Esa K. Vakkilainen, Marcelo Hamaguchi, Daniel Coronel Laux
Lappeenranta University of Technology

Valitut tehtaat



- Imatra, 2 kattilaa, toinen ajaa tasaisesti, toinen paperikoneen mukaan, sekalipeä
- Joutseno, puhdas havu
- Kymi, uusi kattila
- Jos joku tehdas haluaa mukaan tervetuloa

17.1.2011

3

Tilanne

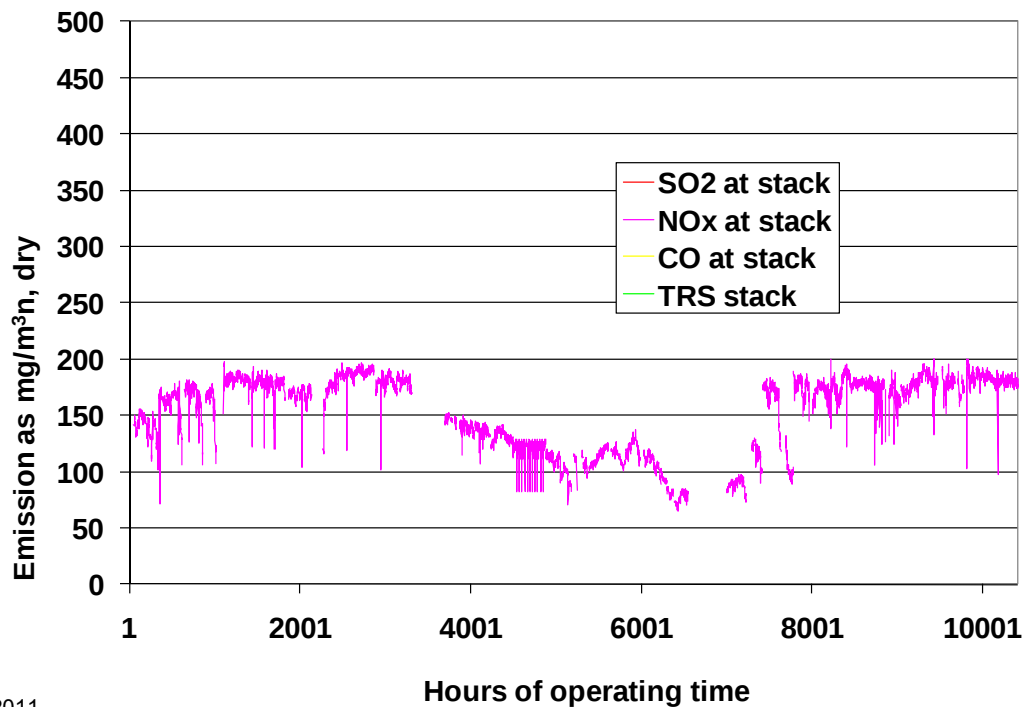
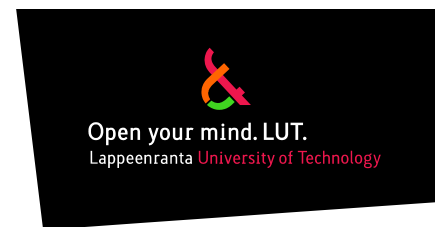


- Otettu yhteyksiä tehtaisiin ja sovittu datan keräämisestä (puutteita)
- Analysoitu olemassa olevaa dataa
- **Pidetään yhteinen kokous jossa sovitaan "Kullekin tehtaalle pyritään löytämään kriteerit joilla voidaan määrittää häiriötön ajanjakso ja häiriöllinen ajanjakso." = tänään**
- Pidetään kokous jossa esitellään päästöjen jakaumia (verrattuna keskiarvoon ei abs arvoina)
- Aloitetaan häiriöasioiden selvittäminen; marraskuu

17.1.2011

4

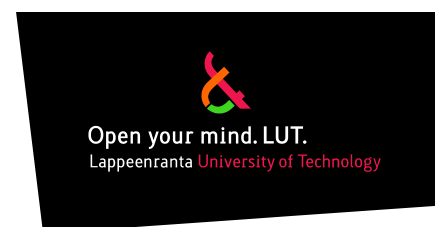
Esimerkki datasta



17.1.2011

5

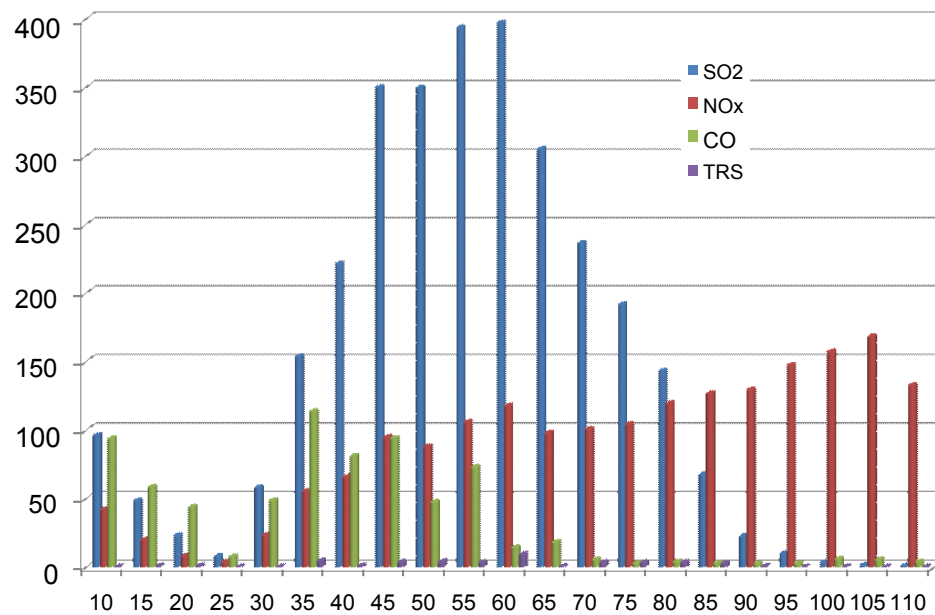
Kuorma rajaa



- Mikä on hyvä kuorma rajaamaan 'normaaliajon' ja 'häiriöajon'
- 20 – 40 % kuorma (lipeänpolton aloitus?)
- 60 – 70 % kuorma (saadaan tulistus)
- 80 -90 % kuorma (pääosa ajasta)

Kuorma	pisteitä	ajasta yli
10 %	10338	100.0 %
20 %	10292	99.6 %
30 %	10100	97.7 %
40 %	10028	97.0 %
50 %	9946	96.2 %
60 %	9835	95.1 %
70 %	9487	91.8 %
80 %	8786	85.0 %
90 %	5772	55.8 %
100 %	1031	10.0 %
110 %	0	0.0 %

Emissiot vs. kuorma, mg/Nm³



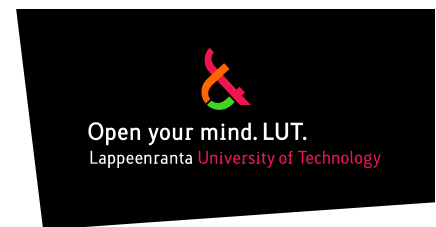
17.1.2011

7

Kuiva-aine rajaa

- Mikä on hyvä kuiva-aine rajaamaan 'normaaliajon' ja 'häiriöajon'

Emissiot rajaa

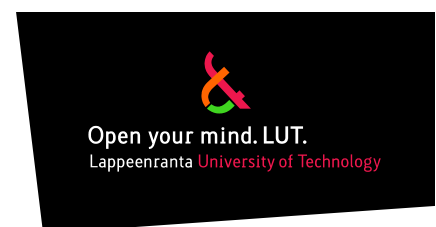


- Kertoisivatko emissiot itse häiriöajat.

	SO ₂	NO _x	CO	TRS	
99 %	3069 %	304 %	279 %	133 %	ka=100%
95 %	318 %	261 %	279 %	133 %	
90 %	75 %	228 %	267 %	131 %	
80 %	27 %	135 %	129 %	127 %	
70 %	12 %	113 %	104 %	123 %	
60 %	5 %	101 %	100 %	108 %	

E. Vakkilainen

Jatko



- Reilu kuukausi datan kanssa
- Milloin käydään läpi tuloksia?

E. Vakkilainen

LIITE 8

Päästömittauspäivän alustava ohjelma

Päästömittaus- ja laskentakoulutuspäivä

SOKA YTR

Alustava ohjelma

(luennoitsijoita ei ole vielä varmistettu)

- 9.00 -9.20 Ilm + kahvi
- 9.20 YM (Markku Hietämäki) Päästömittausten sudenkuopat
 - miksi toiminnan harjoittajan kannattaa raportoida oikeita lukuja
- 9.50 – 10.20 PPMistä vuosipäästötonneihin (Riikka Silmu, joku muu)
 - savukaasumäärän mittaus/laskenta, kuivat/kosteat kaasut, happiredusoinnit, ilmakertoimet,
- 10.30 – 11.15 Lupaehtojes valvonta Paula Juuti
 - mittausepävarmuudet, laskennan aikajakso, päästöraja-arvot ja epävarmuuksien hyväksyminen / käsittely niissä, alle määritysrajan olevat pitoisuudet, laitoksen ylös- ja alasajotilanteet/häiriötilanteet

Alustava ohjelma

(luennoitsijoita ei ole vielä varmistettu)



- 11.15-12.15 Tehdascase 1 ja 2 (10+10 min)
 - Pietarsaaren NOx (Saari), TRS laskenta, MB Kemi (Posti)
 - Keskustelu
- 12.15 Lounas
- 13.15-13.45 Kansallisten vertailumittausten tulokset (VTT, Pellikka?)
 - Syyskuun 2010 mittaajien samanaikaisten mittausten tulokset.
- 13.45-14.15 Tehdascase, monipolttoainekattilan päästöjen tarkkailu ja raportointi (SE, Heinola, Kati Manskinen)
- 14.30-14.45 Iltapäiväkahvi
- 14.45 Tarkkailuohjelmat Hilka Hännikäinen, keskustelu
- 15.30 Päätös

UPM

3

Kohderyhmä



- Voimalaitosten käyttöinsinöörit, ympäristöpäälliköt, automaatio- ja instrumenttihenkilöt, voimalaitospäälliköt, käyttöpäälliköt, päästömittausten ja laskennan kanssa työskentelevät laboratoriohenkilöt

UPM

4

LIITE 9

ÅA, Nikolai DeMartini

Happokastepiste / soodakattilan savukaasujen loppulämpötila – tarjous
8.12.2010

**Proposal for Dew point Measurements**

8 Dec 2010

This is a proposal to make dew point measurements, SO_3 measurements and corrosion measurements in two boilers: one Kraft boiler with the possibility of operating with low and high SO_2 and O_2 ; and Heinola's NSSC boiler with extremely high SO_2 . Measurements would be taken behind the ESP, before any scrubber.

The purpose is to get reliable information of the low temperature corrosion conditions in recovery boiler flue gases being cooled further.

1. Dew point measurements will be made with a commercial instrument ("Land" etc). The question here is the sensitivity of the electrical signal at the low concentrations of condensing sulfuric acid normally present in kraft boiler flue gases.
2. Corrosion measurements will be made with our air-cooled probes and samples will be analyzed with SEM-EDS. Careful control of the probe temperature will be required. Also open questions relate to the exposure time.
3. Flue gas samples will be bubbled through an isopropyl alcohol (IPA) water mixture for capture of SO_3 and subsequent analysis of the sulfate ion concentration - according to the standard methods for SO_3 analysis. The challenge here is to exclude any escape of particulate material in the IPA solution. Dust sulfate carryover to the IPA solution will disturb the SO_3 analysis.

The cost for this work is €30 000 (+VAT) and is contingent on one of the two dew point analyzers we have access to (1 at ÅAU, 1 from LUT) working. We will test both before starting the project and if major repairs or a new unit is needed we will make a new proposal accordingly before starting the project.

Prepared by:

Nikolai DeMartini
Patrik Yrjas
Tor Lauren
Mikko Hupa

Senior Researcher
Senior Researcher
Mill Measurement Expert
Professor