



Raine Hautala & Pekka Leviäkangas (toim.)

Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus

| Hyötyjen arviointi ja arvottaminen eri
hyödyntäjätoimialoilla

VTT PUBLICATIONS 665

Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus

**Hyötyjen arviointi ja arvottaminen eri
hyödyntäjätoimialoilla**

Raine Hautala & Pekka Leviäkangas (toim.)



ISBN 978-951-38-7081-2 (nid.)

ISSN 1235-0621 (nid.)

ISBN 978-951-38-7082-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

ISSN 1455-0849 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT

puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT

tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 4374

Toimitus Anni Repo

Editia Prima Oy, Helsinki 2007

Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus. Hyötyjen arviointi ja arvottaminen eri hyödyntäjätoimialoilla [Effectiveness of Finnish Meteorological Institute (FMI) services]. Hautala, Raine & Leviäkangas, Pekka (toim.). Espoo 2007. VTT Publications 665. 205 s. + liitt. 73 s.

Avainsanat information services, pricing, meteorological information, Finland, FMI, day-to-day services, cost-benefit analysis, transport, logistics, construction industry, facilities management, energy production, agriculture, Evaserve

Tiivistelmä

Tutkimuksessa arvioitiin Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuutta ja yhteiskuntataloudellisia hyötyjä liikenteen, logistiikan, talonrakennuksen ja kiinteistönhallinnan, energian tuotannon sekä maataloustuotannon aloilta. Tutkimuksellinen pääpaino oli sää- ja kelitietopalveluiden liikenteeseen kohdistuvissa vaikutuksissa. Työ oli osa laajempaa vuosina 2006–2007 toteutettua EVASERVE-hanketta, jossa kehitettiin tietopalvelujen arviointimenetelmiä ja -työkaluja.

Ilmatieteen laitoksen palveluiden yhteiskuntataloudellisten hyötyjen laskettiin olevan tarkastelluilla aloilla noin 260–290 miljoonaa euroa vuodessa niiltä osin kuin hyötyjä pystyttiin tässä tutkimuksessa arvottamaan. Tämä merkitsee, että Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu euro tuottaa yhteiskunnalle vuosittain vähintään viisinkertaisen hyödyn. Tutkimuksen ulkopuolelle jäi vielä toimintoja ja toimialoja, jotka hyödyntävät Ilmatieteen laitoksen palveluita ja joiden merkitys yhteiskunnan toiminnalle ja turvallisuudelle on suuri. Esimerkiksi meteorologiin tietojen hyödyntämiseen perustuvat viranomaistoiminnot tehostavat suuronnettomuuksien hallintaa ja varautumista luonnonkatastrofeihin vähentäen merkittävästi niistä aiheutuvia haittoja. Meteorologisten palveluiden merkitys tulee todennäköisesti kasvamaan ilmastonmuutoksen ja erilaisten luonnon ääri-ilmiöiden lisääntymisen myötä.

Ilmatieteen laitoksen tuottamat palvelut ovat yhteiskunnalle hyödyllisiä, ja niiden kehittämiseen kannattaa investoida. Koska Suomen säähavaintoverkosto on jo pitkälti rakennettu, erilaisiin palvelujärjestelmiin investoimalla voidaan kohtuullisilla rajakustannuksilla saavuttaa merkittäviä lisähyötyjä. Sama koskee suomalaisen meteorologisen monialaisen osaamiseen kehittämistä (tutkimus ja teknologia). Alan eri toimijoiden vahvuuksien yhdistämiseen ja parempaan hyödyntämiseen kannattaa panostaa kokonaisvaltaisten – osaamisen, palvelut ja laitteet kattavien – palveluratkaisuiden viennin edistämiseksi.

Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus. Hyötyjen arviointi ja arvottaminen eri hyödyntäjätoimialoilla [Effectiveness of Finnish Meteorological Institute (FMI) services]. Hautala, Raine & Leviäkangas, Pekka (Eds.). Espoo 2007. VTT Publications 665. 205 p. + app. 73 p.

Keywords information services, pricing, meteorological information, Finland, FMI, day-to-day services, cost-benefit analysis, transport, logistics, construction industry, facilities management, energy production, agriculture, Evaserve

Abstract

This research outlines the benefits of meteorological information services provided by the Finnish Meteorological Institute (FMI). The services provided either publicly or on a commercial basis are analysed from the viewpoints of transport, logistics, construction and facilities management, energy production and distribution and agricultural production. The main emphasis is on transport. This research is a part of the EVASERVE project, which develops more efficient tools for the evaluation of information services.

The socio-economic benefits of information services provided by the FMI generate annual benefits of around 260–290 M€, to the extent that the benefits could be given a monetary value in this research. In other words, each Euro put into the services produces a benefit of a minimum of 5 Euros to society each year. This is a minimum estimate since many significant sectors, such as defence and public safety, were not included in the analysis. For instance, authority activities and services based on utilising meteorological information increase the efficiency of major accident management and natural disaster preparedness, thus diminishing the damages caused by them. The importance and need of meteorological information services will most probably increase in the future due to global warming and the exceptional weather phenomena resulting from it.

The meteorological information services are extremely useful and beneficial to society and are worth investing in. Since the Finnish meteorological observation network is by and large completed and functioning well, considerable additional benefits can be achieved at reasonable marginal cost when investing in various service systems.

The wide-reaching know-how of Finnish meteorological expertise is unique in the world. In very few countries are there such clusters to be found where high-quality service organisations, equipment producers, research institutions and technology providers have common denominators in the field of meteorology. This creates opportunities for the export of service solutions on a global scale.

Alkusanat

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa selkeä kuva Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuudesta ja yhteiskuntataloudellisista hyödyistä sekä näiden mittaamisesta. Meteorologisten tietopalveluiden tuottamien hyötyjen yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista on kansainvälisestikin melko vähän kvantitatiivista tietoa. Tämä julkaisu pyrkii tuomaan tähän lisävalaistusta.

Ilmatieteen laitoksen palveluiden arviointi on osa Tekesin, Ilmatieteen laitoksen, liikenne- ja viestintäministeriön, Destian ja VTT:n rahoittamaa EVASERVE-tutkimushanketta, jossa kehitetään tietopalveluiden arviointimenetelmiä ja työkaluja. Ilmatieteen laitoksen palveluiden arviointi on tärkeä esimerkkiarviointi arviointityökalujen testaamiseksi ja kehittämiseksi. Näitä T&K-osaamiseen perustuvia työkaluja hyödynnetään käyttäjille tarpeellisten ja yhteiskunnalle hyödyllisten palveluiden kehittämisessä mukaan lukien uudet palvelukonseptit sekä yritysten ja julkisen sektorin yhteistyömallit. Arviointityökaluja hyödynnetään apuvälineenä myös palveluntuottajien tuotekehityksessä.

Tutkimuksen ohjausryhmään kuuluivat Ilmatieteen laitoksesta Pekka Plathan (puheenjohtaja), Mats Wiljander, Ari Venäläinen, Pertti Nurmi, Juha Kilpinen, Marja-Liisa Ahtiainen ja Juhana Hyrkkänen sekä VTT:stä Raine Hautala ja Pekka Leviäkangas.

Tutkimuksen osioista ja raportoinnista ovat vastanneet:

- erikoistutkija Raine Hautala (VTT): johdanto (luku 1), kevyt liikenne (luku 4.2), tulosten yhteenveto (luku 4.10), tulosten tarkastelu (luku 5), yhteenveto (luku 6), julkaisun toimitus
- erikoistutkija Pekka Leviäkangas (VTT): johdanto (luku 1), toteutus ja menetelmät (luku 2), rautatieliikenne (luku 4.3), tulosten tarkastelu (luku 5), yhteenveto (luku 6), julkaisun toimitus
- erikoistutkija Jukka Räsänen (VTT): toteutus ja menetelmät (luku 2), lentoliikenne (luku 4.5)
- tutkija Risto Öörni (VTT): toteutus ja menetelmät (luku 2), tieliikenne, luku 4.1)
- tutkija Sanna Sonninen (VTT): vesiliikenne (luku 4.4)
- erikoistutkija Jarkko Lehtinen (VTT): logistiikka (luku 4.6)

- erikoistutkija Martti Hekkanen (VTT): talonrakennus ja kiinteistönhallinta (luku 4.7)
- erikoistutkija Mikael Ohlström (VTT): energian tuotanto (luku 4.8)
- tutkija Jenni Eckhardt (VTT): Ilmatieteen laitoksen kuvaus (luku 3)
- tutkija Anna-Maija Hietajärvi (VTT): liitteet A ja B
- erikoistutkija Ari Venäläinen (Ilmatieteen laitos): maataloustuotanto (luku 4.9)
- meteorologi Seppo Saku (Ilmatieteen laitos): maataloustuotanto (luku 4.9).

Arviointityöhön ovat antaneet arvokkaan panoksensa erikoistutkija Lasse Makkonen VTT:stä sekä useat muut asiantuntijat toimialakohtaisissa arvioinneissa (luku 4).

Julkaisun sisällön laadunvarmistuksesta vastasivat tutkimusprofessori Saara Pekkarinen Oulun yliopistosta ja tutkimusprofessori Juha Luoma VTT:stä.

Helsingissä, lokakuussa 2007

Pekka Plathan

Pääjohtaja

Ilmatieteen laitos

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract.....	4
Alkusanat	6
1. Johdanto.....	11
1.1 Tausta.....	11
1.2 Meteorologisten tietopalveluiden hyödyt.....	11
1.3 Arvioinnin tavoitteet ja rajausta.....	12
2. Toteutus ja menetelmät.....	14
2.1 Toteutus ja menetelmät	14
2.2 Vaikuttavuustarkastelun viitekehys	17
2.3 Hyöty-kustannusanalyysi.....	18
2.3.1 Yleistä	18
2.3.2 Hyödyt ja kustannukset.....	20
2.3.3 Hyötyjen ja kustannusten hinnoittelu.....	22
2.4 Nykyinen ja potentiaalinen hyöty	24
3. Ilmatieteen laitoksen kuvaus.....	27
4. Toimialakohtaiset arvioinnit.....	31
4.1 Tieliikenne	31
4.2 Kevyt liikenne.....	53
4.3 Rautatieliikenne	67
4.4 Vesiliikenne	73
4.5 Lentoliikenne	92
4.6 Logistiikka	102
4.7 Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	125
4.8 Energian tuotanto	140
4.9 Maataloustuotanto.....	153
4.10 Tulosten yhteenveto	163
5. Tulosten tarkastelu.....	166
5.1 Ilmatieteen laitoksen palveluiden hyödyt ja kannattavuus.....	166
5.2 Vertailu muihin tutkimuksiin	167
5.3 Arvio tulosten luotettavuudesta.....	168

5.4 Suositukset	169
6. Yhteenveto	171
7. Summary	181
Lähdeluettelo	191

Liitteet

Liite A: Tämän tutkimuksen kirjallisuusselvityksessä tarkemmin analysoidut julkaisut

Liite B: Tässä tutkimuksessa tehdyn kirjallisuusselvityksen julkaisuluettelo

1. Johdanto

1.1 Tausta

Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuuden arviointi on osa laajempaa vuosina 2006–2007 toteutettua EVASERVE-hankekokonaisuutta, jossa kehitettiin tietopalvelujen arviointimenetelmiä ja -työkaluja. EVASERVE:n tavoitteena on toteuttaa tietopalveluiden koko elinkaaren ja palveluverkoston kattavan arviointijärjestelmän pilottiversio tietopalveluiden kehittämiseksi ja palveluliiketoiminnan edistämiseksi. Lisätietoa EVASERVE-arviointijärjestelmästä löytyy linkistä <http://www.evaserve.fi/>.

Vaikka arviointityökalun kehittäminen käynnistyi erityisesti liikenteen ja logistiikan tietopalveluiden tarpeista, työkalun on tarkoitus soveltaa myös muiden toimialojen tietopalveluille. Arviointityökalun yhtenä sovellusalueena EVASERVE-hankkeessa olivat meteorologiset tietopalvelut.

1.2 Meteorologisten tietopalveluiden hyödyt

Maailman ilmatieteen järjestön WMO:n (World Meteorological Organisation, www.wmo.ch) maaliskuussa 2007 järjestämän kansainvälisen konferenssin teemana oli ”Secure and Sustainable Living: Social and Economic Benefits of Weather, Climate and Water Services”. Konferenssin eräänä pääaiheena oli meteorologisten tietopalveluiden hyötyjen osoittaminen päätöksentekijöille.

Useimpien maiden meteorologiset laitokset toimivat budjettirahoitteisina virastoina, mutta esimerkiksi Euroopan unionin palvelumarkkinoiden avautuminen saattaa asettaa virastot uuteen asemaan. Komission antama palveludirektiivi¹ ei kuitenkaan suoraan mainitse säättietopalveluita, mutta kattaa periaatteessa kaikki kaupalliset kuluttajille ja yrityksille suunnatut palvelut muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Osa säättietopalveluista, erityisesti yleistä turvallisuutta tukevat palvelut, saattaa jäädä direktiivin soveltamisalueen ulkopuolelle. Vuonna 2002 Euroopan komissio ehdotti direktiiviä julkisista tietovarastoista². Esimerkiksi

¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi [2006/123/EY](#), annettu 12 päivänä joulukuuta 2006, palveluista sisämarkkinoilla (Euroopan unionin virallinen lehti L 376, 27.12.2006).

² Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi julkisen sektorin asiakirjojen uudelleenkäytöstä ja kaupallisesta hyödyntämisestä. Euroopan yhteisöjen komissio, Bryssel, 5.6.2002. KOM(2002) 207 lopullinen 2002/0123 (COD).

kaupalliset säätietopalvelut, jotka perustuvat julkiseen tilastoaineistoon ja tietovarastoihin, kuuluisivat direktiivin piiriin (Öörni et al. 2007).

Sääilmiöt ovat WMO:n mukaan merkittäviä talouteen vaikuttavia ilmiöitä (WMO 2007). Vaikutukset kohdistuvat maatalouteen, energian tuotantoon ja jakeluun, turismiin, kiinteään rakennettuun omaisuuteen ja infrastruktuuriin, liikenteeseen, ympäristöön ja terveyteen. Esimerkiksi Japanissa sääperusteiset ilmiöt aiheuttivat ainakin 2,5 miljardin USD:n taloudelliset vahingot vuonna 1998.

Sääennusteilla ja -varoituksilla voidaan osin varautua vahinkojen torjuntaan ja toimintojen suunnitteluun taloudellisten menetysten minimoimiseksi ja resurssien optimoimiseksi. Laajasti tarkastellen nämä hyödyt ovat merkittävät, mutta merkittävyyden suuruus on ollut epäselvää. Meteorologisten palveluiden taloudellinen merkitys yhteiskunnan eri toiminnoille on ollut pitkälti laskematta. Muutamia yrityksiä on tehty: yhtenä hyvänä esimerkkinä voidaan mainita Australiassa tehty tutkimus, jossa hyötyjä arvioitiin ilmailun, maatalouden, kaivostoiminnan, kotitalouksien ja turismin osalta (Anaman et al. 1997). Eri palveluiden hyötykustannussuhteet vaihtelivat noin 2–17 välillä.

Sektorikohtaisia arvioita ovat tehneet muiden muassa seuraavat:

- Considine et al. 2002 öljyn- ja kaasuntuotanto, USA
- Allan et al. 2001 ilmailun terminaalitoiminnot, USA
- Šišák ja Pulkrab 2002 metsänhoito, Tšekki.

Vaikka kirjallisuus säätietopalveluista ja niiden eduista on runsasta, varsinainen hyötyjen arvottaminen puuttuu lähes poikkeuksetta. Liitteessä A listataan ja referoidaan sähän liittyvien tietopalveluiden vaikutustutkimuksia pääasiassa liikenteen osalta.

1.3 Arvioinnin tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida Ilmatieteen laitoksen resursseilla tuotettujen meteorologisten tietopalveluiden vaikuttavuutta ja ulkoisia hyötyjä useammalla yhteiskunnan toimialalla, etenkin usein toistuvien tavallisten meteorologisten ilmiöiden osalta. Tavoitteena oli myös selvittää liikenteen tietopalveluiden arvioinnissa käytettävien menetelmien soveltuvuutta meteorologisiin tietopalveluihin geneerisen arviointijärjestelmän kehittämiseksi EVASERVE-hankkeen tavoitteiden mukaisesti.

Työssä selvitettiin Ilmatieteen laitoksen tuottamien palveluiden päävaikutukset ja arvoitettiin niiden hyödyt suuruusluokkatasolla liikenteen (kaikki liikenne- muodot) ja logistiikan, talonrakennuksen ja kiinteistöhallinnan, energian tuotannon sekä maataloustuotannon toimialoille. Liikenne- ja energiatoimialojen osalta tutkimus keskittyi verkon operointiin (käyttö ja ylläpito), ei rakentamiseen. Infrastruktuurin rakentamiseen liittyviä hyötyjä tarkasteltiin vain talonrakennuksen osalta. Pääpaino oli sää- ja kelitietopalveluiden liikenteeseen kohdistuvissa vaikutuksissa. Kevyt liikenne tarkasteltiin muusta tieliikenteestä erillään henkilövahinkoon johtavien kevyen liikenteen liukastumistapaturmien ja muun tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuuksien tilastoinnin erilaisuuden, kunnossapidon organisoiminnan heterogeenisuuden sekä ko. kohderyhmille tarjottavien sää- ja kelipalveluiden erilaisuuden takia.

Vaikutusanalyysit rajattiin suomalaisille loppukäyttäjille suunnattuihin yritys- ja yksityispalveluihin, mukaan lukien julkiset tietopalvelut. Käytännössä tämä tarkoittaa sää- ja kelipalveluita, joita Ilmatieteen laitos tuottaa Asiakaspalvelut-yksikkönsä sekä Internetin ja median (sanomalehdet, televisio, radio) kautta.

Vaikutusarvioinnin ulkopuolelle jätettiin Ilmatieteen laitoksen tutkimustoiminta, mallinnustyö, ulkomaille suunnatut palvelut (konsultointi, koulutus) sekä ulkoilmakehään liittyvä havainto- ja ennustetoiminta. Näillä toiminnoilla on kuitenkin oma itseisarvonsa, koska ne tukevat Ilmatieteen laitoksen koko arvoketjua ja palveluiden jalostusprosesseja.

mit, joita tarkennettiin haastatteluilla. Eräillä toimialoilla, kuten tieliikenteessä, tietopalveluiden vaikutusmekanismeista ja osittain myös määrällisistä arvioista oli käytettävissä aikaisempaa tutkimustietoa, jota voitiin soveltaa tässä tutkimuksessa.

Toisilla toimialoilla, kuten logistiikassa ja rakentamisessa, kirjallisuuden merkitys oli vähäinen. Tällöin vaikutusmekanismien hahmottamisessa korostui erilaisten *asiantuntijahaastatteluiden* merkitys. Kaikissa vaikutusanalyyseissä käytettiin asiantuntijahaastatteluita sekä vaikutusmekanismien määrittämiseen että niiden validointiin. *Tilastot* ja kirjallisuus toimivat tietolähteenä, kun vaikutusmekanismien hahmotuttua määriteltiin varsinaisia *kvantitatiivisia vaikutuksia*.

Tämän jälkeen meteorologisten tietopalveluiden taloudellisia hyötyjä voitiin arvottaa soveltamalla joko arvioituja tai sovittuja *hinnoitteluperiaatteita* ja *kustannustietoja* (esimerkiksi haastatelluilta saadut hinta- ja kustannusarviot tai Tiehallinnon vahvistamat ajokustannukset). Arvioinnin lopputulokseen vaikuttavat myös kyseisen *arvioitsijan* omat näkemykset. Mitä suppeampaan lähdeaineistoon arviointi perustuu, sitä korostuneempi on asiantuntijuuden rooli.

Taulukossa 2.1 kuvataan eri toimialojen osalta, mitä lähtöaineistoa arviointityön pohjana on käytetty ja miten arvottamista on sovellettu.

Taulukko 2.1. Arviointien lähtötiedot ja arvottamisperusteet.

Toimiala, johon vaikutukset kohdistuvat	Lähtötietojen keräys	Arvottaminen, hinnoittelu
Liikenne		
– Tieliikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, asiantuntija-arviot
– Kevyt liikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, liukastumistapaturmien sairaanhoidon kustannuksiin perustuva arvio, asiantuntija-arviot
– Vesiliikenne	Kirjallisuus, asiantuntijahaastattelut, tilastot	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, toteutuneisiin öljyvahinkojen torjuntakustannuksiin perustuva arvio, asiantuntija-arviot
– Lentoliikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, markkinahinnat, vaihtoehtoiskustannus, asiantuntija-arviot
– Rautatieliikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, asiantuntija-arviot
Logistiikka	Asiantuntijahaastattelut	Asiantuntija-arviot
Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tilastot, asiantuntijan oma arvio
Energian tuotanto	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Asiantuntija-arviot, kirjallisuus
Maataloustuotanto	Kirjallisuus	Kirjallisuudessa esiintyvät arvot, asiantuntija-arviot

Toimialakohtaisissa arvioinneissa eri tietolähteiden (kirjallisuus, haastattelut, tilastot) osuudet painottuvat eri tavoin johtuen tarkasteltavan toimialan luonteesta, käytössä olleesta lähtöaineistosta ja tutkimuksen resursseista. Tämä vaikuttaa myös arvioinneissa käytettyihin menetelmiin: esimerkiksi logistiikassa päämenetelmänä käytettiin asiantuntijahaastatteluita, kun taas tieliikenteen arvioinnissa käytettiin haastatteluiden lisäksi empiirisiin ja kirjallisiin lähteisiin perustuvia analyttisiä malleja.

Käytetyt menetelmät kuvataan yksityiskohtaisemmin luvun 4 toimialakohtaisissa arvioinneissa.

2.2 Vaikuttavuustarkastelun viitekehys

Tässä työssä käytetty meteorologisten tietopalveluiden vaikuttavuuden arvioinnin yhteiskuntataloudellinen näkökulma pyrkii valottamaan näiden palveluiden vaikutuksia – hyötyjä ja kustannuksia – eri toimialojen osalta.

Arvioinnissa pyritään selvittämään meteorologisten tietopalveluiden hyödyt yhteiskunnan eri toimialoille. Ilmatieteen laitoksen osalta kustannuksena on käytetty vuonna 2005 toteutuneita kustannuksia, jotka olivat noin 54 miljoonaa euroa (ks. kuva 3.1). Kustannukset jakautuivat seuraavasti:

– sääpalvelukustannukset	6,43 M€
– tutkimus ja kehitys	16,52 M€
– asiakaspalvelu	12,45 M€
– tekniset palvelut	9,33 M€
– hallinto	9,62 M€
<hr/>	
– yhteensä	54,35 M€

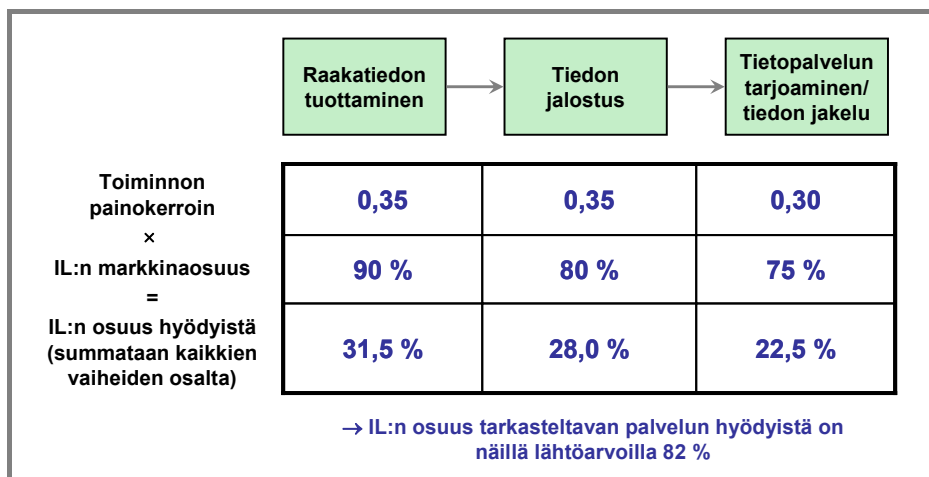
Nämä toteutuneet kustannukset edustavat panosta, jolla Ilmatieteen laitoksen palvelut ovat kokonaisuudessaan tuotetut. Kustannusten vähäiset vuotuiset vaihtelut eivät vaikuta tämän tutkimuksen keskeisiin päätelmiin.

Nykyisillä hyödyillä tarkoitetaan tällä hetkellä palveluiden käyttäjille koituvia hyötyjä. Potentiaalisilla hyödyillä tarkoitetaan hyötyjä, jotka voitaisiin saavuttaa muutoksilla arvioitavan toimialan sisäisissä toimintatavoissa ja rakenteissa sekä tarjolla olevissa meteorologisissa palveluissa ja niiden käytössä. Potentiaalisten hyötyjen toteutuminen edellyttää myös investointeja tieto- ja palvelujärjestelmiin, mukaan lukien investoinnit ihmisiin ja osaamiseen.

Suomessa on Ilmatieteen laitoksen lisäksi myös muita sää- ja kelitietopalveluja tuottavia toimijoita. Markkinat jakautuvat nykyään käytännössä pääosin kuitenkin Ilmatieteen laitoksen ja Foreca Oy:n kanssa, muiden toimijoiden osuudet ovat vähäiset. Ilmatieteen laitoksen osuus hyötyjen tuottamisesta arvioitiin määrittämällä ensin meteorologisten tietopalveluiden yhteiskuntataloudelliset kokonaisyödyt tarkasteltavalle toimialalle, minkä jälkeen tarkasteltiin Ilmatieteen laitoksen markkinaosuuksia ko. palveluketjun eri vaiheissa.

Palveluketju jaettiin raakatiedon tuottamiseen, tiedon jalostamiseen ja palvelun tarjoamiseen loppukäyttäjälle. Viimeksi mainittu sisältää myös eri lähteistä saatavien tietojen paketoimisen palveluksi. Palveluketjun eri vaiheille muodostettiin

painokertoimet, joiden summa on yksi. Kertoimet perustuvat resurssien, kuten henkilökunnan, tilojen ja laitteistojen, käyttöön ketjun eri vaiheissa. Kertoimien arvot muodostettiin toimialakohtaisesti käytettävissä olevan aineiston ja kirjoittajien oman harkinnan perusteella. Kertomalla painokertoimet Ilmatieteen laitoksen arvioituilla markkinaosuuksilla ketjun eri vaiheissa ja laskemalla näin saadut tulot yhteen saatiin arvio Ilmatieteen laitoksen osuudesta sää- ja kelipalveluiden tuottamiin hyötyihin tarkasteltavalle toimialalle (kuva 2.2).



Kuva 2.2. Sää- ja kelitietopalveluiden tuottamien hyötyjen jyvittämisperiaate (esimerkki lentoliikenteen osalta).

2.3 Hyöty-kustannusanalyysi

2.3.1 Yleistä

Hyöty-kustannusanalyysissa verrataan yleensä nykyarvoisten hyötyjen ja kustannusten suhdelukua

$$B/C = \text{hyöty-kustannussuhde}$$

Suhdeluvun ollessa >1 ovat hyödyt suurempia kuin kustannukset ja investointi on kannattava. Hyöty-kustannusanalyysissa on kuitenkin lukuisia kohtia ja näkökulmia, jotka on joko päätettävä tai niistä tulee olla tietoinen analyysia tehdessä:

- diskonttauskoron suuruus: esimerkiksi riski-tuottoteorian mukaan suuren riskin omaavat päätökset vaativat suuremman tuottovaateen ja sitä kautta suuremman diskonttokoron
- analyysinäkökulman valinta ja sitä kautta tapahtuva ulkoisten ja sisäisten kustannusten jako: esimerkiksi yksittäisen yrityksen näkökulmasta vain yrityksen kassavirrat tai muut yritykseen suoraan kohdistuvat haitat ja hyödyt ovat yrityksen kannalta sisäisiä – kolmansiin osapuoliin kohdistuvat hyödyt ja haitat ovat ulkoisia; yhteiskuntatalouden näkökulmasta pyritään analysoimaan kaikki hyödyt ja haitat, sisäiset ja ulkoiset
- hyötyjen ja kustannusten jakautuminen eri osapuolille (vertaa myös edellä mainitut sisäiset ja ulkoiset hyödyt ja kustannukset) sekä osapuolten erilaiset arvostukset: toisin sanoen sama hyöty voi olla esimerkiksi nuorelle ihmiselle arvoltaan erilainen kuin vanhalle ihmiselle
- hyöty- ja kustannuserien ajoittuminen
- hyötyjen ja kustannusten erilaiset arvonmääritystekniikat, joita ovat esimerkiksi maksuhalukkuuden analysointi, varjohinnoittelu, jälleenhankinta-arvo, kirjanpitoarvo, optioarvo jne.

Lisäksi hyöty-kustannusanalyysissa voidaan pyrkiä erottelemaan marginaalivaiikutukset eli tietyistä päätöksistä tai valinnasta aiheutuvat ylimääräiset kustannukset ja hyödyt verrattuna siihen tilanteeseen, että mitään valintaa tai päätöstä ei tehdä. Investointipäätökset ovat tyypillisesti tällaisia tilanteita. Toinen tapa on tarkastella staattisen tilanteen hyötyjä ja kustannuksia, toisin sanoen mitään investointi- tai muuta päätöstä ei oletetakaan tehtäväksi, vaan tarkastelu tapahtuu poikkileikkaustilanteessa ajan suhteen. Tällöin välttyään esimerkiksi nykyarvolaskennan useilta ongelmilta, kuten diskonttokoron valinnalta tai tarkastelujakson pituuden määrittämiseltä. Usein puhutaan myös *kokonaishyödyistä ja -kustannuksista* erotuksena *marginaalihyötyihin ja -kustannuksiin* tai *rajahyötyihin ja -kustannuksiin*. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kokonaishyötyjä ja -kustannuksia sekä poikkileikkaustilannetta. Marginaalianalyysit on tehtävä tapauskohtaisesti erikseen.

Edellä kuvattuja tutkimusaiheita käsitellään useimmissa hyöty-kustannus-analyysin perusteoksissa, esimerkiksi Gramlich (1990), Layard ja Glaister (1994) ja Brent (1996).

2.3.2 Hyödyt ja kustannukset

Hyötyjen jaotteluperiaatetta eri komponentteihin havainnollistetaan taulukossa 2.2:

- Kunnossa- ja ylläpitokustannuksiin liittyvät ihmistyön aikasäästöt. Näitä ovat toimialalla toimivien organisaatioiden (jotka hyötyvät tietopalveluista) palveluksessa olevan henkilöstön aikasäästöt. Esimerkiksi teiden kunnossapitoa hoitavien autonkuljettajien ja työnjohdon aikasäästöt; lähtökohtana on, että aikasäästöt voidaan hyödyntää organisaation muissa tuottavissa tehtävissä.
- Kunnossa- ja ylläpitokustannusten aikasäästöt koneiden ja laitteiden osalta. Toimialalla toimivien organisaatioiden käyttöpääoman aikakustannus koneiden ja laitteiden osalta; koneet kuluvat käytössä ja vaativat siten lisääntyvää kunnossapitoa sekä edelleen kone- ja laitekäyttöpääomaa voidaan käyttää vapautuvan ajan osalta muihin kannattaviin töihin.
- Muut tunnistettavissa olevat kustannussäästöt kunnossa- ja ylläpidossa toimialan sisällä toimivissa organisaatioissa.
- Käyttökustannussäästöt ihmistyöhön käytettävän ajan osalta. Toimialalla toimivien organisaatioiden erilaisiin käyttötehtäviin liittyvän ihmistyön aikasäästöt olettaen, että säästyvä aika käytetään muihin kannattaviin töihin – esimerkiksi junaliikenteessä liikenteenohjaajien työajan säästö.
- Koneiden ja laitteiden käyttöajan aikakustannussäästöt toimialan organisaatioissa – esimerkkinä kuorma-autojen vähentynyt polttoaineen kulutus lyhyemmän käyttöajan myötä.
- Muut tunnistettavissa olevat käyttökustannusten säästöt.
- Sitoutuneen käyttö- ja vaihto-omaisuuden aikasäästöt, kuten varastojen alentuneet tasot tai tavarankuljettamiseen käytetty lyhyempi aika. Yleisesti lasketaan sitoutuneelle pääomalle korkoa, jossa alentunut pääoman määrä tai lyhyempi aika tuottaa säästöä.
- Säästyvät investoinnit. Toimialan sisällä toimivien organisaatioiden säästyneet investoinnit, jotka tietopalvelut mahdollistavat.
- Säästöt laatukustannuksissa. Näihin luetaan toimialan organisaatioiden erilaisten virhe- ja häiriökustannusten vähentyminen tietopalveluiden ansiosta.
- Turvallisuuteen liittyvät kustannussäästöt, joihin luetaan tässä tapauksessa esimerkiksi parempien keli- ja säätietopalveluiden aikaansaama li-

sääntynyt liikenneturvallisuus, joka kohdistuu laajemmalle kuin vain toimialalla toimiviin organisaatioihin eli tässä esimerkkitapauksessa kaikkiin liikkujiin.

- Aikakustannussäästöt, joihin luetaan laajalti kaikkiin yhteiskunnan sektoreihin ulottuvat aikasäästöt, kuten kaikkien tienkäyttäjien kokema aikahyöty myös vapaa-ajan osalta³.
- Ympäristökustannussäästöt, kuten kelitietopalveluiden mahdollistama suolauksen vähentäminen ja sitä kautta tapahtuva pohjavesien suolaantumisen vähentyminen.

Edellä lueteltua esimerkinomaista jakoa käytettiin eri toimialojen arvioinnissa soveltaen. Hyödyt arvioitiin luvun 2.1 periaatteiden mukaisesti.

³ Tiehallinto soveltaa tienkäyttäjien aikakustannussäästöjä siten, että ulkoisten ja sisäisten jakoa ei tehdä ja sekä työ- että vapaa-ajan matkat on arvotettu keskimääräisen aikakustannuksen mukaisesti olettaen tietty matkatyyppijakauma (Tiehallinto 2006b).

Taulukko 2.2. Hyötyjen ja kustannusten jaotteluperiaatteet.

HYÖDYT		KUSTANNUKSET
Aikasäästöt – ihmistyö	Säästöt kunnossa- ja ylläpitokustannuksissa	KOKONAIS-HYÖDYT
Aikasäästöt – koneet, kalusto, laitteet, materiaalit		
Muut kunnossa- ja ylläpitokustannusten säästöt		
Aikasäästöt – ihmistyö	Säästöt käyttökustannuksissa	
Aikasäästöt – koneet, kalusto, laitteet, materiaalit		
Muut käyttökustannusten säästöt		
Aikasäästöt pääomalle (pääoman korko)	Säästöt vaihtomaisuus-, varasto- ja muun sitoutuneen pääoman kustannuksissa	
Säästyvät investoinnit		
Laatukustannussäästöt		
Turvallisuus		
Aika		
Tuotantopanokset		
Ympäristö		
jne.		

2.3.3 Hyötyjen ja kustannusten hinnoittelu

Hintojen määrittämiseen on useita tekniikoita. *Markkinahinnat* ovat kysynnän ja tarjonnan perusteella määräytyneitä vaihdannan arvoja. Kun markkinat ovat tehokkaat, ovat markkinahinnat käyttökelpoisia. Tosiasiassa markkinat ovat kuitenkin harvoin tehokkaat eivätkä hinnat kata hyödykkeen kaikkia kustannuksia

saati edusta kaikkia hyötyjä. Tällöin käytetään *varjohintoja*, joiden määrittäminen on lähinnä sopimuskysymys siitä, mitä erilaisia kustannuksia ja hyötyjä hintaan sisällytetään (ks. esim. Mishan 1972 tai Pearce & Nash 1989). Varjohinta on *valittu laskenta-arvo*, joka soveltuu paremmin käsillä olevaan analyysiin kuin esimerkiksi markkinahinta.

Markkinahintojen määrittämiseen voidaan käyttää useita tekniikoita, kuten jälleenhankinta-arvo, kirjanpitoarvo, vakuutusarvo jne., tai yksinkertaisesti suoraa havaintoa hinnasta⁴. Myös oikeusistuinten korvauspäätöksiä on käytetty hintatietojen lähteenä (Hausman 1993). Markkinahinnat sisältävät usein välittömältä havainnolta piilossa olevia tekijöitä, kuten ”rauhallinen ja miellyttävä ympäristö” asuntomarkkinoilla, joissa kaupunginosalla tai sosiaalisella statuksella on vaikutus hintaan. Tällöin kuitenkin ”rauhallisen ja miellyttävän ympäristön” hinta voidaan määrittää epäsuorasti vertaamalla kaupunginosien välisiä hintaeroja (ks. esim. Pearce 1983).

Eräs hintojen määrittämistekniikka on *maksuhalukkuuden* määrittäminen (*willingness-to-pay, WTP*). Se on yleisesti käytetty tekniikka lähinnä sen helppouden johdosta, mutta sen käyttö ei ole ongelmatonta ja sitä pidetään jopa sopimattomana tekniikkana käytettäväksi hyöty-kustannusanalyyseissä⁵ (Hausman 1993). Kuitenkin useat tutkimukset ovat käyttäneet tätä tekniikkaa. Esimerkiksi määritettäessä Australian ilmatieteellisten palveluiden hyötyjä sovellettiin osin maksuhalukkuusmenetelmää (Anaman et al. 1997).

Maksuhalukkuusmenetelmää lähellä oleva menetelmä on *willingness-to-accept*-menetelmä (*WTA*), jossa voidaan määrittää esimerkiksi kompensatioarvo sille, että hyödykettä ei saadakaan käyttöön. Yleensä *WTA* on suurempi kuin *WTP* jo kysymyksenasettelun perusteella (”mitä olet valmis hyväksymään” vs. ”mitä olet valmis maksamaan”).

⁴ Esimerkiksi auton hinta mainoksesta tai asuntojen kauppahintatilastot.

⁵ Kirjoittajan (Leviäkangas) oma arvio on, että kysyttyä maksuhalukkuutta ei ole todellisuudessa testattu markkinoilla. Esimerkkinä olkoon bensiinin hinta: useimmat kansalaiset ovat sitä mieltä, että bensiini on liian kallista, mutta tosiasiasa liikenne kasvaa ja ihmiset ajavat autoillaan yhä enemmän. Jos kysytään bensiinin maksuhalukkuuteen perustuvaa hintaa, se poikkeaa huomattavasti markkinoiden hyväksymästä hinnasta. Samoin toiseen suuntaan: tietopalveluista ollaan kysyttäessä ehkä halukkaita maksamaan, mutta todellisessa päätöstilanteessa useat jättävät palvelun valitsematta joko kustannus- tai muista syistä.

Asiantuntija-arvioita on käytettävä silloin, kun mikään edellä mainituista hinnanmäärittämisistä ei onnistu tai onnistuu vain osin. Viime kädessä tutkija, asiantuntija tai päätöksentekijä ottaa kantaa käytettyihin hintatietoihin, olipa määrittästekniikka ollut mikä tahansa, sekä tekee omat johtopäätöksensä rahamääräisistä arvoista ja siitä, mitä arvoja analyysissään käyttää. Asiantuntija-arvioita käytetään esimerkiksi kiinteistöjen arvonmäärittämisessä, vahinkovakuutusapauksissa sekä riitakysymyksissä. Asiantuntija-arvio on aina subjektiivinen menetelmä, jonka osuvuus riippuu asiantuntijan pätevyydestä ja käytettävissä olevista lähtötiedoista. Tässä tutkimuksessa asiantuntija-arviot on joko tehty asiantuntijaryhmätyönä tai yksittäiset arviot on varmistettu asiantuntijoiden työpajoissa. Asiantuntija-arviot ovat perustuneet lähtötietoihin, jotka puolestaan on kerätty kirjallisuuden, tilastojen ja haastattelujen avulla.

Joillekin työssä tarkasteltaville hyödyille on ollut käytettävissä vakiintuneita, tarkasteltavalla alalla hyväksytyjä arvoja (LVM 2003). Esimerkiksi liikenteen osalta on hyödynnetty Tiehallinnon laskemia yksikköarvoja tieliikenteen onnettomuuskustannuksille ja aikasäästöille (Tiehallinto 2006b).

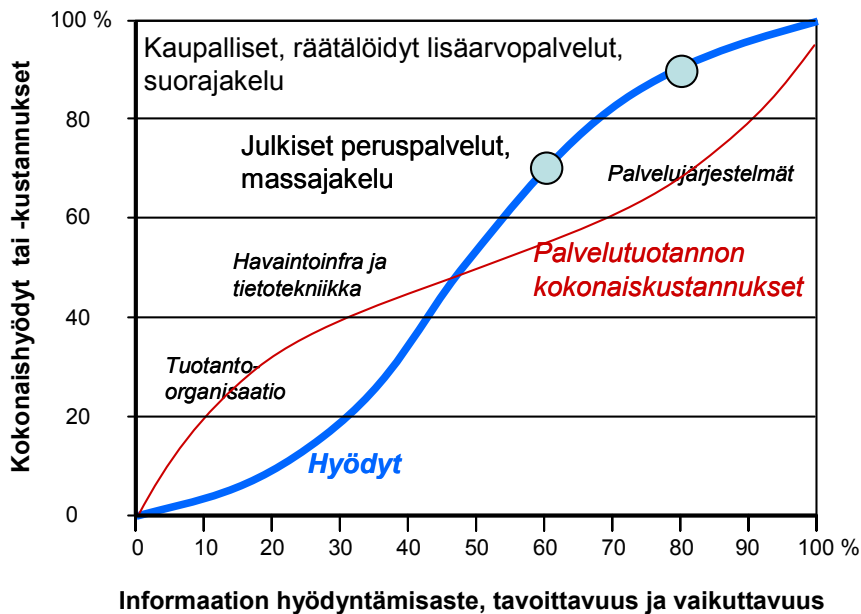
2.4 Nykyinen ja potentiaalinen hyöty

Meteorologisten palveluiden vaikuttavuuden arvioinnissa törmätään kysymykseen, onko käsillä oleva hyöty jo todellinen – havaittava ja todennettava – vai onko kyseessä spekulatiivinen potentiaalinen hyöty, joka saavutettaisiin palvelun ollessa vaikuttavuudeltaan maksimaalinen (Herrala 2007, s. 38). Vaikuttavuus koostuu puolestaan useasta tekijästä, kuten tietopalvelun oikeellisuudesta, saavutettavuudesta, oikea-aikaisuudesta, käytettävyydestä jne. (Herrala 2007, s. 19). Yleinen säätiedotus televisiossa saavuttaa suuren joukon ihmisiä, joista osa muuttaa ajokäyttäytymistään turvallisemmaksi seuraavana aamuna edellisen illan säätiedotuksen johdosta. Osa ihmisiä tiedotus ei tavoita, ja osa ei muuta käyttäytymistään.

Jos oletetaan, että jokaisella autoilijalla olisi yleisen tiedotuksen lisäksi käytettävissään henkilökohtainen täsmäsääpalvelu (kuten ajantasainen reittiennuste- ja varoituspalvelu *VARO*, <http://www.varopalvelu.fi/>), voidaan olettaa, että suurin osa autoilijoista muuttaisi ajokäyttäytymistään palvelun seurauksena. Jälkimmäinen tilanne edustaa potentiaalisia vaikutuksia ja edellinen lähinnä todellista tämän hetken tilannetta. *Ex ante* -analyysi antaa viitteitä siitä, millaisia kehitys-

toimenpiteitä tai investointeja kannattaa tehdä, jotta haluttu tulevaisuudentila voidaan saavuttaa.

Kuva 2.3 havainnollistaa hyötyjen kertymistä palveluiden vaikuttavuuden funktiona. Kyseessä on karkean tason hahmotelma, ei tarkka kuvaus. Oletuksena on, että palvelua käynnistettäessä on ensin panostettava osaamiseen, menetelmiin ja laitteisiin. Tämän jälkeen tietyt peruspalvelut ovat tehokkaasti tuotettavissa ja hyödynnettävissä. Käyrien yläpäässä kehitetään räätälöityjä erityispalveluja maksukykyisille asiakkaille.



Kuva 2.3. Tietopalveluiden hyötyjen ja kustannusten kertyminen palveluiden kehittymisen funktiona (periaate).

Kuva havainnollistaa, kuinka meteorologisen informaation hyödyntämisaste, tavoitavuus ja vaikuttavuus aikaansaavat hyötyjä yhteiskunnassa. Julkiset massajakelulla välitettävät peruspalvelut (TV, radio, Internet) tuottavat paljon hyötyjä, mutta erilaisilla räätälöidyillä ja personoiduilla palveluilla saavutetaan vielä lisähyötyjä. Meteorologisen informaation tuotanto-organisaatio, havaintoinfrastruktuuri ja tietotekniikkainfrastruktuuri ovat suurimmat kustannustekijät palvelutuotannossa. Ne ovat kuitenkin välttämättömiä erilaisten palvelujärjestelmien rakentamiseksi sekä perus- ja lisäarvopalveluiden tuottamiseksi.

Kuvan 2.3 periaatetta käytettiin apuvälineenä toimialakohtaisissa tarkasteluissa arvioitaessa potentiaalisia hyötyjä. Tässä kohden tutkimus nojautuu informaatio- ja talousteorian yhtymäkohtaan. Vastaavaa lähestymistapaa ovat kuvanneet muiden muassa Lawrence (1999) ja Williamson (1982). Williamson (1982) erittelee informaattiorakenteiden perustyyppjä, joista tämän tutkimuksen kannalta olennaisia on kaksi:

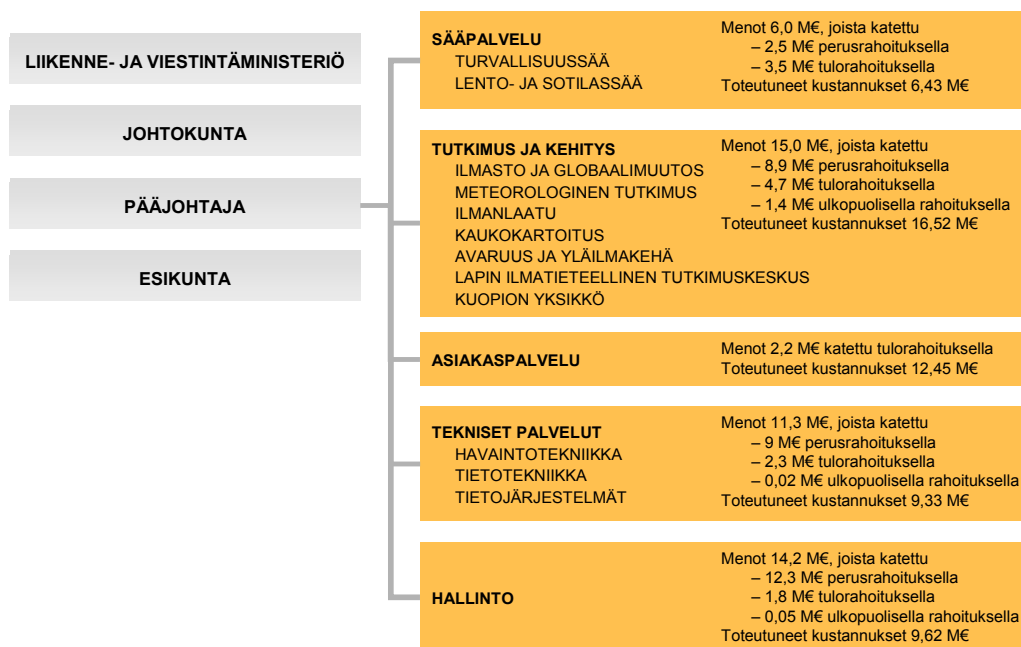
1. nykyinen informaattiorakenne ja sen mukanaan tuoma hyöty (expected value of current/sample information)
2. täydellinen informaattiorakenne ja sen mukanaan tuomat hyödyt (expected value of perfect information).

Tässä tutkimuksessa käsitteistöä on hyödynnetty suoraan: edellinen edustaa nykyistä tietopalveluiden tilaa ja hyödyntämistä, jälkimmäinen sitä maksimipotentiaalia, joka on olemassa, kun tietopalveluita kehitetään siten, että niiden vaikuttavuus ja hyödyntämistä ovat maksimaaliset. Teoreettista maksimia ei käytännössä voida kuitenkaan saavuttaa.

Edetessä kohti täydellistä informaattiorakennetta ja investoimalla uusiin palveluihin ja palvelujärjestelmiin tullaan marginaalianalyysin piiriin ja kutakin investointia on arvioitava erikseen. On kuitenkin huomattava, että jos marginaali-investoinnit ja sitä kautta syntyvät parannukset sisältyvät jo vuotuisen tuotantobudjettiin (esimerkiksi Ilmatieteen laitoksen vuosibudjetti), eivät kokonaiskustannukset muutu oleellisesti, vaan marginaalikustannukset ovat siirtymiä muista budjettieristä (esimerkiksi muista investoinneista). Lisäksi suoriteperusteisessa kirjanpidossa investointikustannukset jyvitetään pidemmälle aikavälille, eikä niiden vaikutus vuotuisiin kokonaiskustannuksiin ole suuri. Tällöin kokonaiskustannukset pysyvät lähes muuttumattomina, mutta hyödyt saattavat kasvaa. Kuva 2.3 havainnollistaa tätä ilmiötä: kokonaiskustannuksiin nähden pienillä lisäinvestoinneilla voidaan parantaa palveluiden vaikuttavuutta paljonkin, koska palvelujärjestelmän suuret kustannuserät (havaintoinfrastrukturi, muut perusrakenteet, palvelujen tuottaminen ja jakelu) sisältyvät jo vuotuisiin kokonaiskustannuksiin juoksevana erinä ja poistoina.

3. Ilmatieteen laitoksen kuvaus

Vuonna 1838 perustettu Ilmatieteen laitos on hallinnollisesti liikenne- ja viestintäministeriön alainen, ja sen toiminnasta vastaavat johtokunta ja pääjohtaja. Ilmatieteen laitoksen toiminta-ajatuksena on tuottaa laadukasta havainto- ja tutkimustietoa ilmakehästä yhdistämällä osaamista palveluiksi, joita tuotetaan tehokkaasti yleisen turvallisuuden edistämiseksi sekä ihmisten ja ympäristön hyvinvoinnin lisäämiseksi. Ilmatieteen laitoksen palveluksessa oli vuoden 2005 lopussa 599 henkilöä, ja laitoksen toimipaikat sijaitsivat Helsingissä, Vantaalla, Tampereella, Kuopiossa, Rovaniemellä ja Sodankylässä. Laitoksessa on viisi tulosaluetta: asiakaspalvelu, sääpalvelu, tutkimus ja kehitys, tekniset palvelut ja hallinto (kuva 3.1). Ilmatieteen laitos on nettobudjetoitu virasto, jossa liiketoimintaa hoidetaan eriyttynä asiakaspalvelun tulosalueella sekä tutkimuksen asiantuntijapalveluyksikössä. (Ilmatieteen laitos 2006a, Ilmatieteen laitos 2006c.)



Kuva 3.1. Ilmatieteen laitoksen organisaatio sekä menot ja toteutuneet kustannukset tulosalueittain vuonna 2005 (muokattu lähteestä: Ilmatieteen laitos 2006d).

Ilmatieteen laitoksen kokonaisrahoitus oli 48,67 miljoonaa euroa vuonna 2005. Menoista katettiin tularahoituksella 14,53 miljoonaa euroa (30 %), suoralla ulkopuolisella rahoituksella 1,44 miljoonaa euroa (3 %) ja talousarviosta saadulla

perusrahoituksella 32,70 miljoonaa euroa (67 %). Nettomäärärahoja siirtyi 4,69 miljoonaa euroa vuodelle 2006 arvioitua suurempien tutkimus- ja liiketoiminnan tulojen ansiosta. Maksullisen palvelun tulot olivat 9,06 miljoonaa euroa ja yhteistutkimustulot 4,2 miljoonaa euroa (taulukko 3.1). (Ilmatieteen laitos 2006c.)

Taulukko 3.1. Rahoituksen menot henkilövuotta kohden vuonna 2005.

	Menot (1000 euroa)	Henkilöstö (henkilötyövuosi)	Menot henkilötyövuotta kohden (1000 euroa/ henkilötyövuosi)
Budjettirahoitus	32 698	404	80,94
Tulo- tai muu ulko- puolinen rahoitus	15 969	167	95,62

Ilmatieteen laitoksen asiakkaita ja palveluita esitellään kuvassa 3.2. Suurin asiakas on liikennesektori, minkä vuoksi laitos kuuluu liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalaan. Myös muut ministeriöt ovat tärkeitä asiakkaita, ja lisäksi Ilmatieteen laitos tuottaa laajat turvallisuussäähän liittyvät maksuttomat palvelut kaikille kansalaisille. Kansainvälisyys on tärkeä osa Ilmatieteen laitoksen toimintaa, ja laitos tuottaa muun muassa kansainvälisiin sopimuksiin perustuvia, ilmakehään liittyviä tutkimus- ja palvelusuoritteita. Ilmatieteen laitos tuottaa lisäksi monipuolisia kaupallisia palveluita yritysten ja yksityisten henkilöiden tarpeisiin. Asiakaskohderyhmiä ovat muun muassa media, kauppa ja teollisuus, liikenne ja veneily sekä maa- ja metsätalous. Kaupallisista palveluista merkittävimpiä ovat (Ilmatieteen laitos 2006c, Ilmatieteen laitos 2006d, Laine 9.11.2006)

- salamasääpalvelut (sade- ja tuuliennuste, salaman todennäköisyysennuste ja havainnot)
- energiasääpalvelu (paikkakuntakohtainen piste-ennuste pituudelle 3, 5 tai 7 päivää)
- rakennus- ja kiinteistösääpalvelu (1–4 vrk paikkakuntakohtainen ennuste)
- www-palvelut (asiakas esittää Ilmatieteen laitoksen säätietoja ja -karttoja omilla sivuillaan).



Kuva 3.2. Ilmatieteen laitoksen asiakkaita ja palveluita (Ilmatieteen laitos 2006d).

Ilmatieteen laitoksen visio on ”Ilmatieteen laitos – eurooppalaisen ilmakehäosaamisen edelläkävijä”. Ilmatieteen laitoksen keskeiset strategiset tavoitteet voidaan jaotella tuotoksiin ja laadunhallintaan, toiminnalliseen tehokkuuteen ja henkisten voimavarojen hallintaan. (Ilmatieteen laitos 2006d, Ilmatieteen laitos 2006b.)

Tuotosten ja laadunhallinnan tavoitteina ovat Ilmatieteen laitoksen kasvaminen merkittäväksi toimijaksi Euroopassa kumppanuuksien avulla sekä uusien menetelmien ja palvelujen käyttöönotto luonnonilmiöiden haitallisten vaikutusten arvioimiseksi ja minimoimiseksi. Tavoitteiden saavuttamiseksi Ilmatieteen laitos pyrkii lisäämään niin kotimaista kuin kansainvälistä yhteistyötä ja toteuttamaan kumppanuusstrategiaa. Lisäksi Ilmatieteen laitos muun muassa laajentaa luonnononnettomuuksien tilannekuvakeskusta, parantaa ennustamista ja kehittää las-kentamenetelmiä. (Ilmatieteen laitos 2006c.)

Toiminnallisen tehokkuuden tavoitteena on kasvattaa kokonaistuottavuutta noin 10 % vuoden 2011 loppuun mennessä. Tähän pyritään muun muassa seuraavilla toimenpiteillä: otetaan uusi tuotantojärjestelmä käyttöön, kasvatetaan havainnoinnin automaatioastetta, toimintoja ulkoistetaan, hankkeista saatavia tuloja kasvatetaan ja ulkopuolista tutkimusrahoitusta lisätään. (Ilmatieteen laitos 2006b.)

Henkisten voimavarojen hallinnan tavoitteena on lisätä Ilmatieteen laitoksen kansainvälistä merkitystä jatkuvasti kehittyvän ja työssään viihtyvän henkilöstön avulla. Tähän pyritään lisäämällä henkilöstön osaamista, kehittämällä johtamista, järjestämällä koulutusohjelmia ja tukemalla niin laitoksen kuin henkilöstön kansainvälistymistä. (Ilmatieteen laitos 2006b.)

4. Toimialakohtaiset arvioinnit

4.1 Tieliikenne

Yleistä

Tieliikenne rajattiin tässä työssä liikkumiseen ja kuljetusten suorittamiseen tiellä sekä tienpitoon, joka käsittää muun muassa liikenteen ohjauksen, julkisen tiedotuksen tieliikenteelle ja talvikunnossapidon. Sää- ja kelitiedot ovat erityisen tärkeitä näille toiminnoille. Kevyt liikenne tarkastellaan muusta tieliikenteestä erillään luvussa 4.2.

Meteorologisten palveluiden yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista tieliikenteen alalla on ollut saatavilla verrattain vähän tutkittua tietoa. Aiheeseen liittyvät tieteelliset artikkelit taas useimmiten ovat suppeita, yhteen asiaan keskittyviä kokonaisuuksia, jotka eivät sellaisenaan anna laajempaa näkemystä. Itsestään selvää ei ole myöskään eri maissa tehtyjen tutkimustulosten ja asiantuntija-arvioiden siirrettävyys Suomen oloihin. Olennaisia eroja maiden välillä on esimerkiksi ilmastossa, saatavilla olevissa palveluissa ja eri toimijoiden tavoissa hyödyntää meteorologisia tietopalveluita.

Menetelmät

Työn aineisto kerättiin kotimaiseen ja kansainvälisesti julkaistuun aineistoon pohjautuvan kirjallisuustutkimuksen sekä Suomessa eri toimijoille tehtyjen asiantuntijahaastatteluiden avulla. Koska monet aihetta käsitelleet artikkelit ja raportit olivat jo useiden vuosien takaa, korostui asiantuntijahaastatteluiden rooli vaikutusmekanismien ja vaikutusten suuruuden määrittämisessä.

Kirjallisuustutkimuksella pyrittiin tunnistamaan keskeisimmät meteorologisten tietopalveluiden vaikutusmekanismit tieliikenteen alalla. Asiantuntijahaastatteluilla tarkennettiin vaikutusmekanismeja koskevaa tietoa, selvitettiin yksityiskohtaisemmin Ilmatieteen laitoksen asemaa palveluiden tuottajana ja tarkennettiin vaikutusten suuruusluokkaa Suomen oloissa.

Liikenneturvallisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvottamiseen käytettiin Tiehallinnon eri onnettomuustyypeille vahvistamia yksikkökustannuksia (Tiehallinto 2006a). Teiden talvikunnossapitoon kohdistuvia vaikutuksia arvotettiin asiantuntijahaastatteluiden avulla kerättyjen lukuarvojen avulla.

Ilmatieteen laitoksen osuus sää- ja kelitietopalveluiden tuottamista hyödyistä tie-liikenteelle arvioitiin määrittämällä ensin näiden palveluiden yhteiskuntataloudelliset kokonaishyödyt. Tämän jälkeen hyödyt jyvitettiin Ilmatieteen laitokselle arvioimalla sen markkinaosuudet palveluketjun eri vaiheet luvussa 2.2 esitetyn menetelmän mukaisesti.

Teiden talvikunnossapidon osalta hyötyjen arviointi rajattiin työn aikana Destian saavuttamiin hyötyihin. Syynä rajaukseen oli Destian yhteistyö Ilmatieteen laitoksen kanssa ja Destian huomattava markkinaosuus maanteiden talvikunnossapidosta. Voidaan pitää todennäköisenä, että merkittävimmät Ilmatieteen laitoksen palveluiden hyödyt teiden talvikunnossapidossa toteutuvat Destian toiminnan kautta.

Tulokset

Teiden talvikunnossapito

Tiesääjärjestelmien hyödyntämistä teiden talvikunnossapidossa on selvitetty melko laajasti Pohjois-Amerikassa (Boselly 2001). Yhteenvetoraportissa todetaan, että ajantasainen meteorologinen tieto ja tieto tienpinnan tilasta mahdollistavat tilanteeseen reagoimisen oikealla tavalla, toiminnan ennen jään muodostumista tai lumen satamista tien pinnalle sekä myös päätöksen olla ryhtymättä toimenpiteisiin tilanteessa, jossa ne olisivat tarkoituksettomia tai johtaisivat jopa olosuhteiden muuttumiseen tienkäyttäjille vaarallisemmiksi. Sää- ja tiesääennusteiden avulla saavutettuina hyötyinä raportti mainitsee muun muassa säästöt materiaaleissa, työtunneissa ja kaluston käytössä sekä parantuneen liikenneturvallisuuden.

Liukkauden torjunnan osalta meteorologisen tiedon merkittävistä vaikutuksista ovat raportoineet myös Kempe (1990) ja Thornes (1990). Kempen mukaan tiesuolan käyttö vähenee jopa 30–50 %, kun toiminnassa voidaan hyödyntää tarkempaa meteorologista tietoa. Aikaisempaa parempien sääennusteiden kustannukset katettiin viisinkertaisesti arvioiduilla suolauksessa saaduilla säästöillä. Thornesin Isossa-Britanniassa tekemässä tutkimuksessa suolan käytön on raportoitu vähentyneen 20–25 %. Kustannusten ollessa 20 £ tonnilta tuloksena arvioitiin olleen 68 000 £ suuruinen säästö vuodessa. Myös Wass (1990) on arvioinut, että suolan käytön vähentyminen 30 %:lla vastasi noin 90 000 £ suuruisia säästöjä vuodessa. Battelle Memorial Institute (2004) on arvioinut tiesääjärjestelmän tehostaneen Washingtonin kuljetusosaston (WSDOT) operaatioiden ja kunnos-

sapidon tehokkuutta. Tässäkin tutkimuksessa todettiin jäänestoaineiden ja hiekan käytön vähentyneen merkittävästi (50 %).

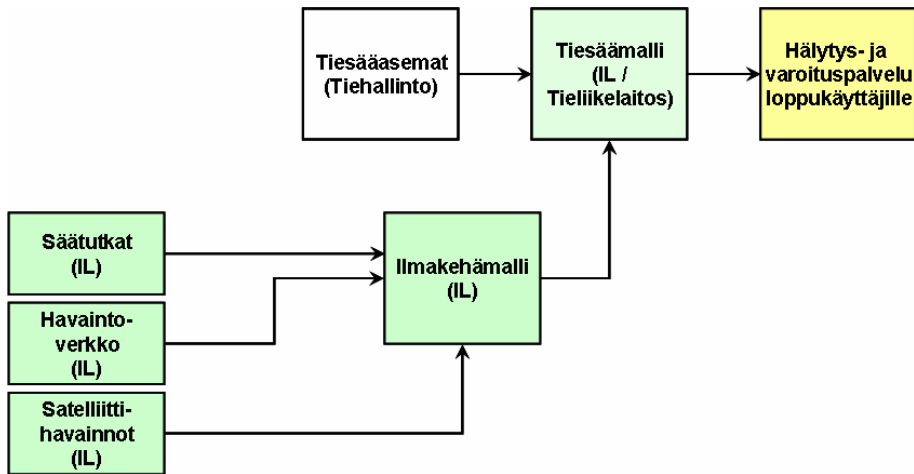
Suomen oloissa teiden talvikunnossapidon onnistuminen riippuu merkittävältä osin toimenpiteiden oikeasta ajoituksesta. Toimenpiteiden oikealla ajoituksella, joka perustuu suurelta osin meteorologiseen tietoon, on olennainen merkitys sekä asetettujen palvelutasoa koskevien tavoitteiden saavuttamiselle että toiminnasta aiheutuville kustannuksille. Oikea-aikainen ennakoiva hälytys on usein talvikunnossapidon toimenpiteiden, kuten suolauksen, hiekoituksen sekä lumen ja sohjon aurauksen, onnistumisen ja tavoiteajan kuluessa tapahtuvan toteutuksen edellytys. (Tiehallinto 2001.)

Tiehallinnon ja Destian asiantuntijoita haastateltiin Suomea koskevien tietojen saamiseksi. Kysymykset liittyivät meteorologisiin palveluihin ja teiden talvikunnossapitoon. Tällä hetkellä teiden talvikunnossapidossa hyödynnettäviä meteorologisia palveluita, kuten ennustus- ja varoituspalveluita, tuottavat Ilmatieteen laitoksen lisäksi yksityiset palveluntarjoajat. Destia ja Ilmatieteen laitos operoivat myös yhteistä kelikeskusta. Ilmakehämalleihin syötettävän raakatiedon, kuten havaintoverkon, avulla kerättyjen tietojen ja tutkakuvien tuottamisesta huolehtii suurimmalta osalta Ilmatieteen laitos. Itse tuottamansa raakatiedon lisäksi Ilmatieteen laitos hyödyntää muualla maailmassa kerättyjä tietoja ja vastaavasti luovuttaa omia tietojaan ulkomaisille hyödyntäjille. Tienpinnan tilaa koskevien ennusteiden tuottamisessa hyödynnetyt tiesäämallit tarvitsevat myös Tiehallinnon omistamien tiesääasemien tuottamia tietoja.

Tällä hetkellä Suomessa on useita toimijoita, jotka tarjoavat teiden talvikunnossapidossa hyödynnettäviä tiedotus- ja varoituspalveluita. Ilmatieteen laitoksen lisäksi palveluitaan tarjoavat ainakin Foreca Oy, Destia ja Suomen kelikeskus Oy. Forecalla ja Suomen kelikeskuksella on Ilmatieteen laitoksesta ja Destiasta erilliset omat tuotantjärjestelmänsä, joita ne käyttävät tietojen jalostamiseen palveluiksi.

Koska Suomessa toimii useita raakatiedon tuottajia, meteorologista tietoa jalostavia toimijoita ja palveluntarjoajia, ei kaikkia meteorologisten palveluiden vaikutuksia teiden talvikunnossapidossa voida jyvittää yhdelle toimijalle. Ilmatieteen laitos operoi säähavaintoasemien verkkoa ja neljää säätutkaa. Näiden lisäksi Ilmatieteen laitos luovuttaa ulkomaisille toimijoille keräämiään tietoja ja vastaavasti saa käyttöönsä ulkomaisten toimijoiden tuottamia tietoja. Tiesääasemat, jotka tuottavat muun muassa tiesäämallin tarvitseman tiedon tienpinnan tilasta, ovat Tiehallinnon omistamia ja ylläpitämiä. Ilmatieteen laitoksen tuottamia raa-

katietoja hyödyntävät vähäisemmässä tai suuremmassa määrin myös muut alan toimijat. Tietojen kerääminen, jalostus ja paketoiminen palveluksi Destian teiden talvikunnossapidossa hyödyntämän hälytys- ja varoituspalvelun tapauksessa esitetään karkealla tasolla kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Destian teiden talvikunnossapidossa hyödyntämän hälytys- ja varoituspalvelun toteutus.

Tietojen jalostaminen merkitsee tässä yhteydessä sääennusteiden, tienpinnan tilaa koskevien ennusteiden ja tarvittavien varoitusten tuottamista kerätyn raakatiedon ja historiallisen aineiston perusteella. Muilla palveluntarjoajilla on Ilmatieteen laitoksesta erilliset tuotantojärjestelmänsä, joilla ne käsittelevät tietoja. Tienpinnan tilan ennustamiseen eri toimijat käyttävät omia tiesäämallejaan. Ilmatieteen laitoksen tiesäämallia hyödynnetään Ilmatieteen laitoksen omien palveluiden lisäksi Destian ja Ilmatieteen laitoksen yhteistyönä toteutetussa kelikeskuksessa.

Ilmatieteen laitoksen havaintoverkoston lisäksi sää- ja kelitietoa kerätään Tiehallinnon tiesääjärjestelmän avulla. Tiesääasemien ja muiden havaintolaitteiden lisäksi tiesääjärjestelmä sisältää myös välineet kerättyjen tieverkkoa koskevien ajantasaisen sää- ja kelitietojen esittämiseen. Tiesääjärjestelmä on kokonaisuudessaan Tiehallinnon omistama ja hallinnoima. Tiesääjärjestelmä poisti olennaiselta osaltaan säätä seuraavan henkilökunnan tarpeen talvikunnossapidon alueurakoiden hoitajilta. Liikennekeskusten operaattoreiden lisäksi Tiehallinnon kanssa sopimuksen tehneet urakoitsijat voivat hyödyntää järjestelmän tietoja erillisen www-käyttöliittymän kautta.

Yleisten teiden hoito on jaettu tällä hetkellä 90 alueurakkaan, joista Destian vastuulla on noin puolet. Meteorologisten palveluiden avulla Destia on kyennyt vähentämään tarpeettomia kunnossapitotoimenpiteitä ja ajoittamaan toteutettavat kunnossapitotoimenpiteet paremmin. (Rusanen 24.10.2006.)

Tarpeettoman kunnossapitotoimenpiteiden aloituksen on arvioitu aiheuttavan 50 000 euron kustannukset 20:ssä teiden talvikunnossapidon alueurakassa. Mukana kustannuksissa ovat vain välittömät kustannukset, kuten henkilökunnan palkat, käytetyt materiaalit ja polttoaine. Varovaisesti arvioituna meteorologisten palveluiden avulla voidaan olettaa vältettävän neljä turhaa lähtöä vuodessa. (Rusanen 24.10.2006.)

Jos oletetaan, että aikaisempaa kehittyneempien meteorologisten palveluiden avulla vältetään vuoden aikana keskimäärin neljä tarpeetonta kunnossapidon aloitusta 45 alueurakassa, saadaan yhteiskuntataloudelliseksi säästöksi 450 000 euroa vuodessa.

Myöhästynyt kunnossapitotoimenpiteiden aloitus aiheuttaa selvästi suuremmat kustannukset. Myöhästyneen kunnossapitotyön aloituksen on arvioitu Destian tapauksessa aiheuttavan 200 000 euron kustannukset 20 alueurakassa. Arvio kustannuksista sisältää vain välittömät kustannukset, kuten henkilökunnan palkat, materiaalit ja polttoaineen. (Rusanen 24.10.2006.)

Oletettaessa, että meteorologisten palveluiden avulla voidaan välttää keskimäärin neljä myöhästynyttä kunnossapitotoimenpiteiden aloitusta 45 Destian alueurakassa, saadaan vuosittaiseksi yhteiskuntataloudelliseksi säästöksi 1 800 000 euroa. Luku sisältää vain Destian saavuttamat hyödyt.

Suolan levittämisestä yksiajorataiselle tielle aiheutuu Suomessa noin 200 euron kustannukset levitettyä tonnia kohti. Kustannusta arvioitaessa on otettu huomioon itse materiaali (NaCl) ja sen levittämisestä aiheutuva kustannus, kuten henkilökunnan palkat ja ajoneuvokustannukset. Kaksiajorataisilla teillä, kuten moottoriteillä, kustannus voi olla korkeampi, sillä itse väylän lisäksi joudutaan suolaamaan myös liittymiä. (Rusanen 24.10.2006.)

Destia hyödyntää Ilmatieteen laitoksen omalla ilmakehämallillaan tuottamia sääennusteita, Ilmatieteen laitoksen tuottamia havaintotietoja, Ilmatieteen laitoksen ja Destian yhdessä tuottaman tiesäämallin avulla tuotettuja tiesääennusteita sekä Tiehallinnon tiesääasemien tuottamaa havaintotietoa säästä ja tienpinnan tilasta. Näin ollen Ilmatieteen laitoksen osuudeksi edellä mainituista vaikutuksista voidaan arvioida 70 % (Rusanen 24.10.2006).

Olettamalla, että tarpeettomien kunnossapitotoimenpiteiden välttämiseen liittyvistä vuosittaisista 450 000 euron hyödyistä ja myöhästyneiden kunnossapitotoimenpiteiden välttämiseen liittyvistä vuosittaisista 1 800 000 euron hyödyistä 70 % voidaan jyvittää Ilmatieteen laitoksen toiminnan osalle, voidaan Ilmatieteen laitoksen toiminnan osuudeksi kokonaishyödyistä arvioida 1 580 000 euroa vuodessa.

Kunnossapitokustannusten säästöjä voidaan arvioida myös materiaalien käyttöä koskevien tilastojen perusteella. Menetelmän perusteella ei voida tosin tarkasti arvioida kaikkia kunnossapitotoimenpiteistä aiheutuvia kustannuksia, sillä suolaus on vain yksi toimenpide muiden joukossa eivätkä kustannukset välttämättä ole suoraan suhteessa levitetyn materiaalin määrään. Maantiesuolan (NaCl) vuosittainen käyttö on trendinomaisesti vähentynyt 1990-luvun alkuvuosista (Tiehallinto 2006d). Vähentyneeseen suolan käyttöön ovat osaltaan vaikuttaneet kunnossapidon toimintamallien kehittyminen, muutokset levitysmenetelmissä ja muutokset tarjolla olevissa meteorologisissa palveluissa (Rusanen 24.10.2006). Meteorologisten palveluiden osuudeksi voidaan arvioida 5 %:n vähenemä levitetyn suolan määrässä suhteutettuna 1990-luvun alkuun (Rusanen 24.10.2006). Vuonna 2005 suolaa levitettiin yleisille teille noin 80 000 tonnia (Tiehallinto 2006d). Tällöin meteorologisiin palveluihin yhdistettävissä oleva vuositaso vähenemä suolan käytössä olisi noin 4 000 tonnia. Maantiesuolasta aiheutuva materiaalikustannus on nykyisin noin 100 euroa tonnia kohti. Näin ollen meteorologisiin palveluihin liittyväksi vuosittaiseksi materiaalikustannusten säästökäsi koko maantieverkolla saataisiin 400 000 euroa. Kyseessä on suora suolaukseen liittyvien materiaalikustannusten säästö, johon ei sisälly muista kunnossapitotoimenpiteistä tai suolan tielle levittämisestä aiheutuvia kustannuksia.

Koska asiantuntijahaastatteluilla saadut arviot vaikutuksista sisältävät myös muut suorat kustannukset, kuten palkat ja polttoaineen, ja meteorologisissa palveluissa tapahtuneeseen muutokseen liittyvä arvioitu viiden prosentin vähenemä käytetyssä suolan määrässä on karkea suuruusluokka-arvio, eivät luvut ole sellaisenaan vertailukelpoisia. Tilastoista havaittavissa oleva suolan käytön väheneminen tukee kuitenkin väitettä, että meteorologisten palveluiden avulla voidaan saavuttaa yhteiskuntataloudellisia säästöjä teiden talvikunnossapidossa.

Suomen oloissa teiden talvihoidossa hyödynnetään tietoja useista eri lähteistä. Tiesääsemien ja tien varteen asennettujen kelikameroiden lisäksi kunnossapidon ohjauksessa hyödynnetään säätutkan tuottamia kuvia pilvisyydestä, ilmakan tilaa koskevia sääennusteita sekä tienpinnan tilaa koskevia tiesääennusteita.

Koska pelkän mitatun tiedon perusteella ei voida toimia ennakoivasti, tarvitaan ilmakehän ja tienpinnan tilaa koskevia ennusteita. (Rusanen 24.10.2006.)

Edellä mainituista järjestelmistä tiesääasemat ovat Tiehallinnon omistamia. Sääennusteiden tuottamisessa hyödynnetään Ilmatieteen laitoksen säätutkien ja säähavaintoasemaverkoston tuottamaa raakatietoa sekä satelliittien tuottamia tietoja. Ennusteita ilmakehän ja tienpinnan tilasta tuottavat tällä hetkellä Suomessa sekä Ilmatieteen laitos että yksityiset yritykset. Tiesääasemien tiedoilla on tärkeä osuus tien pinnan tilaa ennustettaessa. Tällä hetkellä Tiehallinnolle palveluja tuottavat kunnossapitourakoitsijat käyttävät Tiehallinnon niiden käyttöön hankkimaa yksityisen palveluntarjoajan tuottamaa sääennustetta. Destia tekee yhteistyötä myös Ilmatieteen laitoksen kanssa (Pilli-Sihvola 30.3.2007).

Taulukossa 4.1 esitetään Ilmatieteen laitoksen osuus Destian teiden talvikunnossapidossa hyödyntämien meteorologisten palveluiden toteutuksessa.

Taulukko 4.1. Ilmatieteen laitoksen osuus Destian hyödyntämissä meteorologisissa palveluissa.

Ilmatieteen laitoksen osuus Destian hyödyntämissä meteorologisissa palveluissa	Osuus	Painokerroin
Koko palveluketju (asiantuntija-arvio)	70 %	100 %
Ilmatieteen laitoksen osuus hyödyistä		70 %

Muuttuva liikenteen ohjaus

Sään ja kelin perusteella ohjattujen muuttuvien nopeusrajoitusten ja varoitusmerkkien on arvioitu parantavan liikenneturvallisuutta. Teknisesti korkeatasoisena toteutetun muuttuvan ohjauksen on arvioitu Suomen oloissa vähentävän maantiellä tapahtuvia henkilövahinko-onnettomuuksia 10 %:lla (Schirokoff et al. 2005). Laajasti Suomen päätieverkolla toteutettuna sää- ja keliohjattujen muuttuvien nopeusrajoitusten hyöty-kustannussuhteeksi on arvioitu 1,1–1,9 (Schirokoff et al. 2005).

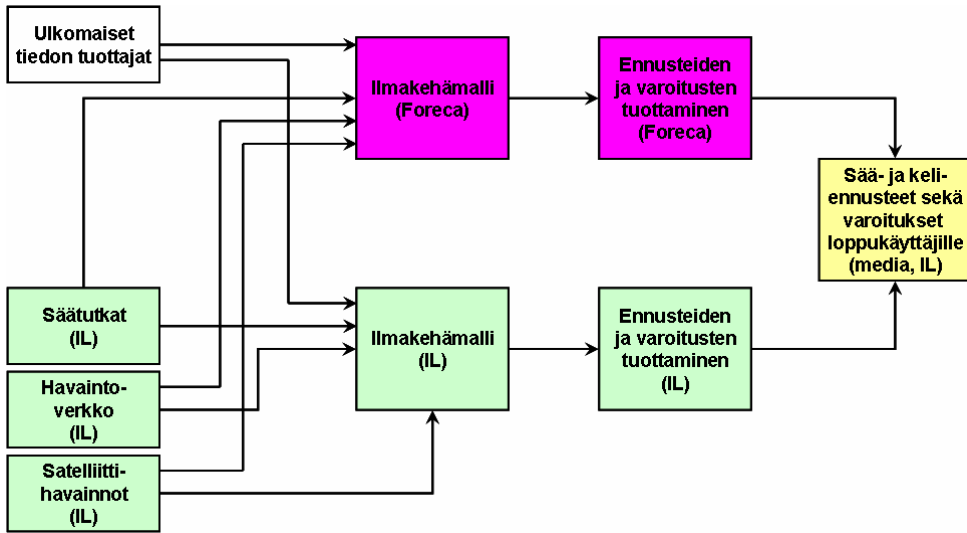
Nykyisten sää- ja keliohjattujen muuttuvien nopeusrajoitusten toiminta perustuu lähinnä Tiehallinnon omistaman ja ylläpitämän tiesääjärjestelmän tuottamiin tietoihin, joiden tuottamiseen Ilmatieteen laitos ei osallistu. Tiehallinnon tiesääjärjestelmä käsittää muun muassa lähes 400 tiesääasemasta koostuvan tiesääasemien verkon, yli 300 tieverkolle asennettua kelikameraa sekä välineet tiedon koaamiseen, käsittelemiseen ja esittämiseen käyttäjille.

Tiesääjärjestelmän tuottamia tietoja hyödyntävät sekä muuttuvien nopeusrajoitusten automaattiohjaus että järjestelmä, joka muodostaa liikennekeskuksen päivystäjälle ehdotuksen väylän nopeusrajoitukseksi. Tiesääjärjestelmän tuottamien tietojen lisäksi muuttuvia nopeusrajoituksia ohjaavan liikennekeskuksen päivystäjän käytössä ovat Tiehallinnon Forecalta hankkima sääennuste ja Ilmatieteen laitoksen sadetutkien kuvat (Pyykönen 2007). Sadetutkan kuvaa käytetään lähinnä nopeusrajoituksen valinnan tukena joissakin erityistilanteissa. Sadetutkan kuvaa saatetaan hyödyntää esimerkiksi tilanteessa, jossa maksimissaan kymmenen minuutin viiveellä tietoa tuottava tiesääjärjestelmä ei pysy nopeasti muuttuvien sääilmiöiden perässä tai joissa tiesääjärjestelmän tuottama ehdotus nopeusrajoitukseksi vaihtelee nopeasti kahden arvon välillä (Pyykönen 2007). Nopeaa vaihtelua kahden arvon välillä voi aiheuttaa esimerkiksi hajanainen sadealue.

Koska Ilmatieteen laitoksen osuutta muuttuvan liikenteen ohjauksen toteutuksessa voidaan pitää vähäisenä, ei muuttuvan liikenteen ohjauksen tuottamia hyötyjä jyvitetty Ilmatieteen laitokselle.

Tiedotus säästä ja kelistä

Tällä hetkellä tienkäyttäjät vastaanottavat säätä ja keliä koskevaa tietoa ensisijaisesti joukkotiedotusvälineiden, kuten television, radion ja Internetin www-sivustojen, kautta. Radiolle, televisiolle ja sanomalehdille sääennusteita ja meteorologisia palveluita tarjoavat lähinnä Ilmatieteen laitos ja Foreca. Radion, TV:n ja sanomalehtien lisäksi merkittäviä tiedon jakajia ovat myös omia www-sivujaan ylläpitävät Ilmatieteen laitos, Tiehallinto ja Foreca. Eri toimijoiden asemaa palveluketjussa esitetään yksinkertaistaen kuvassa 4.2.



Kuva 4.2. Eri toimijoiden asema palveluketjussa.

Tienkäyttäjille suunnatun sää- ja keli tiedotuksen vaikutuksia selvitettiin asiantuntijahaastatteluiden avulla. Risto Kulmalan mukaan joukkotiedotusvälineiden kautta tapahtuva, tienkäyttäjille suunnattu sää- ja keliä koskeva tiedotus vähentää tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuuksia todennäköisimmin noin 1–2 %:n verran. Tulevaisuuden kehittyneemmät tiedotuspalvelut ja viestinnän välineet saattavat kaksinkertaistaa vaikutuksen 2–4 %:iin. (Kulmala 1.9.2006.)

Vuonna 2005 yleisillä teillä tapahtui 3 291 henkilövahinko-onnettomuutta (Tiehallinto 2006c). Onnettomuuksien vähenemä nykyisessä tilanteessa voidaan laskea kaavalla

$$y = \frac{1}{1-p} \times c_{heva} - c_{heva}, \quad (4.1)$$

jossa y on tiedotuksella vältettyjen henkilövahinko-onnettomuuksien määrä, p on tiedotuksen vaikutus prosentteina henkilövahinko-onnettomuuksien määrään ja c_{heva} on yleisillä teillä tapahtuvien henkilövahinko-onnettomuuksien määrä nykyisessä tilanteessa.

Käytettäessä edellä mainittuja lukuarvoja ja laskettaessa tulos sekä yhden että kahden prosentin vaikutuksella saadaan tuloksiksi 33,24 ja 67,16. Tienkäyttäjille suunnatun tiedotuksen avulla siis todennäköisesti vältetään 33–67 yleisillä teillä sattuvaa henkilövahinko-onnettomuutta vuosittain. Tieliikenteen henkilövahinko-

onnettomuuden yhteiskunnassa aiheuttama kustannus on keskimäärin 471 000 euroa (Tiehallinto 2006b). Edellä mainituilla oletuksilla tienkäyttäjille suunnatun sää- ja kelitiedotuksen voidaan arvioida tarjoavan noin 16–32 miljoonan euron yhteiskuntataloudelliset hyödyt vuodessa.

Uusien viestintävälineiden sekä tiedotus- ja varoituspalveluiden myötä vaikutus voi olla kaksinkertainen (Kulmala 1.9.2006). Uusien viestintävälineiden sekä tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutus arvioitiin suhteessa perustilanteeseen, jossa mitään meteorologisia tiedotus- tai varoituspalveluita ei ole tarjolla. Perustilanne arvioitiin olettamalla nykyisille massatiedotuksena toteutetuille tiedotuspalveluille 1–2 % vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksien määrään. Perustilanteesta laskettiin käsin, mikä on uusien palveluiden vaikutus. Oletettaessa, että uudet palvelut vähentävät yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksia 2–4 %, onnettomuuksien vähenemä laskettiin kaavalla

$$x = \frac{1}{1-p} \times c_{heva} \times q, \quad (4.2)$$

jossa x on uusien palveluiden vähentävä vaikutus yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrään suhteessa perustilanteeseen, p on nykyisten tiedotus- ja varoituspalveluiden onnettomuuksia vähentävä vaikutus prosentteina ja q on uusien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutus prosentteina yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrään.

Koska uusien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutus onnettomuuksien määrään arvioitiin olevan 2–4 %, laskettiin myös lukumääräiselle vaikutukselle ylä- ja alarajat edellä mainitulla kaavalla olettaen samalla nykyisten tiedotuspalveluiden vaikutuksen olevan 1–2 %. Tällöin tienkäyttäjille suunnatun sää- ja keliä koskevan tiedotuksen ansiosta jäisi tapahtumatta 66–134 henkilövahinko-onnettomuutta vuosittain. Toteutuessaan tämä merkitsisi noin 31–63 miljoonan euron vuosittaisia säästöjä onnettomuuskustannuksissa.

Henkilövahinko-onnettomuuksien lisäksi tiedotus tienkäyttäjille vähentää myös omaisuusvahinko-onnettomuuksia. Asiantuntija-arvion (Kulmala 1.11.2006) mukaan tienkäyttäjille suunnattujen meteorologisten palveluiden turvallisuusvaikutukset perustuvat puoliksi alentuneisiin nopeuksiin ja puoliksi lisääntyneeseen tienkäyttäjien tarkkaavaisuuteen. Lisäksi ajonopeuksien alenemisen voidaan olettaa vähentävän enemmän henkilövahinko-onnettomuuksia kuin omaisuusvahinko-onnettomuuksia (Nilsson 2004).

Göran Nilssonin (2004) mukaan henkilövahinko onnettomuuksien määrä y on nopeudesta V riippuvainen kaavan

$$\frac{y_1}{y_0} = \left(\frac{V_1}{V_0} \right)^2 \quad (4.3)$$

mukaisesti. Muuttuja y_0 edustaa kaavassa onnettomuuksien määrää ennen nopeudessa tapahtunutta muutosta ja y_1 onnettomuuksien määrää nopeuden muutoksen jälkeen. Mallilla on yhteytensä mm. ajoneuvon liike-energian ja jarrutusmatkan kasvamiseen suhteessa ajoneuvon nopeuden toiseen potenssiin. Ajoneuvon liike-energialla törmäyshetkellä taas on selkeä yhteys onnettomuuden seurauksiin, jotka voivat olla aineellisia vahinkoja, loukkaantumisia tai kuolemia. Nilsson on väitöskirjatyössään esittänyt vastaavan kaltaisen kaavan myös kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien riippuvuudelle ajoneuvon nopeudesta:

$$\frac{y_1}{y_0} = \left(\frac{V_1}{V_0} \right)^4, \quad (4.4)$$

jonka mukaan kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrä on riippuvainen nopeuksien suhteen neljänteen potenssiin.

Nilssonin työ ei kuitenkaan sisältänyt kaavaa, joka olisi kuvannut omaisuusvahinko-onnettomuuksien riippuvuuden ajoneuvojen nopeudesta. Asiantuntija-arviona (Kulmala 1.11.2006) tehtiin kuitenkin oletus, että omaisuusvahinko-onnettomuuksien riippuvuus nopeudesta olisi muotoa

$$\frac{y_1}{y_0} = \frac{V_1}{V_0}. \quad (4.5)$$

Tiedotuksen vaikutuksen voidaan olettaa perustuvan puoliksi nopeudessa tapahtuvaan muutokseen ja puoliksi lisääntyneeseen tienkäyttäjien tarkkaavaisuuteen (Kulmala 1.11.2006). Lisääntyneen tienkäyttäjien tarkkaavaisuuden vaikutusta mallinnettiin olettamalla tiedotuksen myötä lisääntyneen tienkäyttäjän tarkkaavaisuuden vaikutus onnettomuuksien määrään riippuvaiseksi nopeuksien suhteen neliöstä kaavan

$$\frac{y_1}{y_0} = \left(\frac{V_1}{V_0} \right)^2 \quad (4.6)$$

mukaisesti (Kulmala 2006).

Tunnettaessa tiedotuksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksien määrään voidaan laskea nopeusvaikutus kaavan (4.3) avulla. Tunnettaessa nopeudet ennen- ja jälkeen-tilanteissa voidaan laskea nopeuden muuttumiseen liittyvä vaikutus omaisuusvahinko-onnettomuuksiin kaavalla (4.5) ja tienkäyttäjien lisääntyneeseen tarkkaavaisuuteen liittyvä vaikutus kaavalla (4.6). Olettamalla edellä mainitun mukaisesti, että tiedotuksen vaikutus omaisuusvahinko-onnettomuuksiin perustuisi puoliksi nopeuksien alenemiseen ja puoliksi tienkäyttäjien tarkkaavaisuuden lisääntymiseen, voidaan kirjoittaa kaava (Kulmala 1.11.2006)

$$\frac{c_{ova(nyt)}}{c_{ova(ennen)}} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_{nyt}}{V_{ennen}} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{V_{nyt}}{V_{ennen}} \right)^2. \quad (4.7)$$

Tällöin omaisuusvahinko-onnettomuuksien osalta voidaan olettaa (Kulmala 1.11.2006)

$$\frac{c_{ova(nyt)}}{c_{ova(ennen)}} = \frac{\sqrt{X} + X}{2} \quad (4.8)$$

ja

$$X = \frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}} = \left(\frac{V_{nyt}}{V_{ennen}} \right)^2. \quad (4.9)$$

Omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä voidaan esittää lausekkeen

$$c_{ova(nyt)} = c_{ova(ennen)} \times (1 - p_{ova}) \quad (4.10)$$

avulla, jossa $c_{ova(ennen)}$ vastaa omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrää tilanteessa, jossa tienkäyttäjien saatavilla ei ole meteorologisia tiedotus- ja varoituspalveluita. Lausekkeen $c_{ova(nyt)}$ vastaa nykyistä omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrää yleisillä teillä vuodessa ja p_{ova} nykyisten tiedotuspalveluiden prosentuaalista vaikutusta omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrään. Muokkaamalla lauseketta saadaan yhtälö

$$\frac{c_{ova(nyt)}}{c_{ova(ennen)}} = 1 - p_{ova}. \quad (4.11)$$

Korvaamalla yhtälön vasen puoli yhtälön (4.6) oikealla puolella saadaan

$$\frac{\sqrt{X} + X}{2} = 1 - p_{ova}, \quad (4.12)$$

josta sijoittamalla X :n paikalle $\frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}$ saadaan

$$(1 - p_{ova}) = \frac{\sqrt{\frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}} + \frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}}{2} \quad (4.13)$$

Siirtämällä termejä puolelta toiselle saadaan

$$p_{ova} = 1 - \frac{\sqrt{\frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}} + \frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}}{2} \quad (4.14)$$

Tällöin omaisuusvahinko-onnettomuuksien prosentuaalinen vähenemä on saatu lausuttua henkilövahinko-onnettomuuksien avulla. Kaavoissa esiintyvä V_e on ajoneuvojen keskimääräinen nopeus ennen tarkasteltavaa toimenpidettä ja V_j keskimääräinen nopeus tarkasteltavan toimenpiteen jälkeen. Tiedotuksen avulla vuositasolla vältettyjen omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä voidaan lausua p_{ova} :n ja nykyisen, vuodessa yleisillä teillä tapahtuvien omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrän $c_{ova(nyt)}$ avulla

$$y_{ova} = \frac{1}{1 - p_{ova}} \times c_{ova(nyt)} - c_{ova(nyt)} \quad (4.15)$$

Koska yleisillä teillä vuodessa tapahtuvien omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrää ei ole saatavilla tilastoista sellaisenaan, joudutaan se arvioimaan kaikki poliisin tietoon tulleet onnettomuudet sisältävän tilastoaineiston (Tilastokeskus 2006b) avulla. Omaisuus- ja henkilövahinko-onnettomuuksien suhdeluvuksi saadaan edellä mainitusta aineistosta 3,876. Vuonna 2005 yleisillä teillä tapahtui 3 291 henkilövahinko-onnettomuutta. Tällöin omaisuusvahinko-onnettomuuksien määräksi yleisillä teillä vuodessa voitaisiin karkeasti olettaa 12 755 onnettomuutta vuodessa. Tiedotuksen ansiosta yleisillä teillä vältettyjen omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä voidaan tällöin ilmaista henkilövahinko-onnettomuuksiin

kohdistuvan vaikutuksen ja omaisuusvahinko-onnettomuuksien nykyisen määrän perusteella

$$y_{ova} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{\sqrt{\frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}} + \frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}}}{2}\right)} \times c_{ova(nyt)} - c_{ova(nyt)} \quad (4.16)$$

$$y_{ova} = \frac{1}{\frac{\sqrt{\frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}} + \frac{c_{heva(nyt)}}{c_{heva(ennen)}}}}{2}} \times c_{ova(nyt)} - c_{ova(nyt)} \quad (4.17)$$

Omaisuusvahinko-onnettomuuksien lukumääränä ilmaistulle vähenemälle laskettiin ylä- ja alarajat tilanteissa, joissa tiedotuksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksien määrään on 1 % tai 2 %.

Olettaessa edellä mainittu prosentuaalinen vaikutus omaisuusvahinko-onnettomuuksiin voidaan nykyisen tienkäyttäjille suunnatun säätä ja keliä koskevan tiedotuksen olettaa vähentävän tieliikenteen omaisuusvahinko-onnettomuuksia 0,75–1,50 % verran. Olettaessa omaisuusvahinko-onnettomuuden kustannukseksi 2 700 euroa (Tiehallinto 2006b) ja omaisuusvahinko-onnettomuuksien määräksi yleisillä teillä vuodessa 12 755 (Tilastokeskus 2006b) saadaan tiedotuksella vältettyjen omaisuusvahinko-onnettomuuksien määräksi 96–195 onnettomuutta vuosittain. Tämä vastaisi 0,36–0,72 miljoonan euron vuosittaisia yhteiskuntataloudellisia hyötyjä.

Tulevaisuudessa saatavilla on todennäköisesti aikaisempaa kehittyneempiä tiedotus- ja varoituspalveluita. Niiden vaikutus yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrään on arvioitu kaksinkertaiseksi (2–4 %) nykyisiin palveluihin nähden (Kulmala 1.9.2006). Kaavalla

$$x_{ova} = \frac{1}{1 - p_{ova}} \times c_{ova(nyt)} \times q_{ova} \quad (4.18)$$

jossa

$$q_{ova} = 1 - \frac{\sqrt{\frac{c_{heva(tuleva)}}{c_{heva(ennen)}}} + \frac{c_{heva(tuleva)}}{c_{heva(ennen)}}}{2} \quad (4.19)$$

$$c_{heva(tuleva)} = \frac{1}{1-p} \times c_{heva(nyt)} \times (1-q), \quad (4.20)$$

voidaan laskea uusien tiedotus- ja varoituspalveluiden avulla vältettävien tieliikenteen onnettomuuksien määrä. Kaava antaa tulokseksi x_{ova} :n, joka on uusilla tiedotus- ja varoituspalveluilla vältettävien yleisten teiden omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä. Kaavassa esiintyvä q_{ova} on uusien tiedotus- ja varoituspalveluiden onnettomuuksia vähentävä vaikutus prosentteina. q_{ova} :n määrittelyssä lausekkeessa esiintyvä $c_{heva(tuleva)}$ on 2–4 %:n vaikutuksen perusteella arvioitu henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä tilanteessa, jossa tulevaisuuden nykyistä kehittyneemmät tiedotus- ja varoituspalvelut on saatu käyttöön.

Nykyistä kehittyneempien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukselle yleisten teiden omaisuusvahinko-onnettomuuksiin laskettiin alaraja sijoittamalla edellä mainittuihin kaavoihin nykyisten palveluiden vaikutukseksi 1 % ja nykyistä kehittyneempien palveluiden vaikutukseksi 2 %. Vaikutuksen yläraja laskettiin sijoittamalla nykyisten tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukseksi 2 % ja nykyistä kehittyneempien palveluiden vaikutukseksi 4 %.

Tulevaisuudessa saatavilla olevien tiedotus- ja varoituspalveluiden myötä voitaisiin siis välttää 193–390 yleisten teiden omaisuusvahinko-onnettomuutta vuosittain ja saavuttaa 0,71–1,44 miljoonan euron yhteiskuntataloudelliset hyödyt vuosittain. Turvallisuusvaikutusten hinnoittelu perustuu Tiehallinnon vahvistamiin onnettomuuskustannusten yksikköarvoihin (Tiehallinto 2006b).

Palveluketjun eri vaiheiden painokertoimet ja Ilmatieteen laitoksen markkinaosuudet ovat taulukossa 4.2. Tiedotus tienkäyttäjille tapahtuu radion ja television lisäksi myös Internetin www-sivujen kautta. Ilmatieteen laitoksen ja Tiehallinnon lisäksi myös joiltakin muilta sivuilta on saatavissa sää- ja kelitietoa. Esimerkiksi monet sanomalehdet sekä radio- ja TV-asetat julkaisevat sää tietoa ja -ennusteita www-sivuillaan. Joukkotiedotusvälineistä osa hankkii meteorologiset palvelunsa Ilmatieteen laitokselta – osa taas yksityiseltä yritykseltä. Ilmatieteen laitoksen osuutta raakatiedon tuottajana voidaan pitää merkittävänä (kuva

4.2). Tällä hetkellä Ilmatieteen laitos operoi yli 50 sääaseman havaintoverkkoa, seitsemää säätutkaa ja useita muita raakatietoa tuottavia järjestelmiä (Ilmatieteen laitos 2007a). Edellä mainituilla perusteilla arvioitiin suuruusluokka Ilmatieteen laitoksen markkinaosuudelle palveluketjun eri vaiheissa ja eri vaiheiden painokertoimet (taulukko 4.2).

Taulukko 4.2. Ilmatieteen laitoksen osuus tienkäyttäjille suuntautuvassa sää- ja kelitiedotuksessa.

Ilmatieteen osuus tienkäyttäjille suuntautuvassa sää- ja kelitiedotuksessa	Osuus	Painokerroin
Raakatiedon tuottaminen	90 %	40 %
Tiedon jalostaminen	50 %	40 %
Tiedon jakelu / palvelun tarjoaminen loppukäyttäjälle	5 %	20 %
Ilmatieteen laitoksen osuus hyödyistä		57 %

Nykyisten tienkäyttäjille suunnattujen säätä ja keliä koskevien tiedotus- ja varoituspalveluiden yhteiskuntataloudellisille hyödyille laskettiin ala- ja ylärajat kaavalla

$$B_n = y \times u_{heva} + y_{ova} \times u_{ova}, \quad (4.21)$$

jossa B_n on nykyisillä tiedotuspalveluilla saavutettu yhteiskuntataloudellinen hyöty, y on tiedotuksen avulla vältettyjen yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä vuodessa, y_{ova} tiedotuksen avulla vältettyjen yleisten teiden omaisuusvahinko-onnettomuuksien lukumäärä vuodessa, u_{heva} yleisellä tiellä tapahtuneen henkilövahinko-onnettomuuden yksikkökustannus ja u_{ova} yleisellä tiellä tapahtuneen omaisuusvahinko-onnettomuuden yksikkökustannus.

Tulevaisuudessa saataville tulevien, nykyistä kehittyneempien tiedotus- ja varoituspalveluiden yhteiskuntataloudellinen hyöty laskettiin kaavalla

$$B_i = x \times u_{heva} + x_{ova} \times u_{ova}. \quad (4.22)$$

Ilmatieteen laitoksen osuudeksi jyvitetävä osuus tienkäyttäjille suunnattujen tiedotus- ja varoituspalveluiden yhteiskuntataloudellisista hyödyistä laskettiin kaavalla

$$M = \sum m_i \times c_i = \sum_{i=1}^3 m_i \times c_i = 0,90 \times 0,40 + 0,50 \times 0,40 + 0,05 \times 0,20 = 0,57, \quad (4.23)$$

jossa m edustaa Ilmatieteen laitoksen markkinaosuutta arvoketjun eri vaiheissa ja c arvoketjun eri osien painoarvoa suhteessa toisiinsa. Ilmatieteen laitokselle jyvitettyä osa nykyisten tiedotus- ja varoituspalveluiden yhteiskuntataloudellisista hyödyistä voidaan siis laskea yhtälön

$$B_{n(IL)} = M \times (y \times u_{heva} + y_{ova} \times u_{ova}) \quad (4.24)$$

avulla. Ilmatieteen laitoksen osuus tulevaisuudessa käyttöön tulevien, nykyistä kehittyneempien tiedotus- ja varoituspalveluiden hyödyistä voidaan laskea yhtälön

$$B_{t(IL)} = M \times (x \times u_{heva} + x_{ova} \times u_{ova}) \quad (4.25)$$

avulla. Edellä mainittujen yhtälöiden ja lähtöarvojen perusteella saadut tulokset on koottu taulukoihin 4.3–4.6.

Taulukko 4.3. Säätä ja keliä koskevien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin henkilövahinko-onnettomuuksiin.

Säätä ja keliä koskevien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin henkilövahinko-onnettomuuksiin (nykyiset palvelut)		
Onnettomuuksia nykyisin (2005)	3 291	3 291
Oletettu tiedotuksen vaikutus	1 %	2 %
Onnettomuuksien määrä ilman tiedotusta	3 324	3 358
Tiedotuksella vältettyjen onnettomuuksien määrä	33,24	67,16
Tiedotuksella saavutetun turvallisuushyödyn arvo / M€	15,7	31,6
Ilmatieteen laitoksen osuus hyödyistä	57 %	57 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetty turvallisuushyöty / M€	8,9	18,0

Taulukko 4.4. Säätä ja keliä koskevien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin omaisuusvahinko-onnettomuuksiin.

Säätä ja keliä koskevien tiedotus ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin omaisuusvahinko-onnettomuuksiin (nykyiset palvelut)		
	alaraja	yläraja
Onnettomuuksia nykyisin (2005)	12 755	12 755
Oletettu tiedotuksen vaikutus	0,75 %	1,50 %
Onnettomuuksien määrä ilman tiedotusta	12 852	12 950
Tiedotuksella vältettyjen onnettomuuksien määrä	96	195
Tiedotuksella saavutetun turvallisuushyödyn arvo / M€	0,36	0,72
Ilmatieteen laitoksen osuus hyödyistä	57 %	57 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetty turvallisuushyöty / M€	0,20	0,41

Taulukko 4.5. Kehittyneiden tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin henkilövahinko-onnettomuuksiin.

Kehittyneiden tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin henkilövahinko-onnettomuuksiin (tulevaisuuden palvelut)		
Henkilövahinko-onnettomuuksia nykyisin (2005)	3 291	3 291
Kehittyneiden tiedotuspalveluiden vaikutus	2 %	4 %
Nykymuotoisen tiedottamisen vaikutus	1 %	2 %
Onnettomuuksien määrä ilman tiedotusta	3 324	3 358
Tiedotuksella vältettyjen onnettomuuksien määrä	66,5	134,3
Tiedotuksella saavutetun turvallisuushyödyn arvo / M€	31,3	63,3
Ilmatieteen laitoksen osuus hyödyistä	57 %	57 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetty turvallisuushyöty / M€	17,8	36,1

Taulukko 4.6. Kehittyneiden tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin omaisuusvahinko-onnettomuuksiin.

Kehittyneiden tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset yleisillä teillä tapahtuviin omaisuusvahinko-onnettomuuksiin (tulevaisuuden palvelut)		
	alaraja	yläraja
Henkilövahinko-onnettomuuksia nykyisin (2005)	3 291	3 291
Omaisuus- ja henkilövahinko-onnettomuuksien suhde (2005)	3,88	3,88
Omaisuusvahinko-onnettomuuksien määrä yleisillä teillä (2005)	12 755	12 755
Kehittyneiden tiedotuspalveluiden vaikutus	1,50 %	3,01 %
Nykymuotoisen tiedottamisen vaikutus	0,75 %	1,50 %
Onnettomuuksien määrä ilman tiedotusta	12 852	12 950
Tiedotuksella vältettyjen onnettomuuksien määrä	193	390
Tiedotuksella saavutetun turvallisuushyödyn arvo / M€	0,71	1,44
Ilmatieteen laitoksen osuus hyödyistä	57 %	57 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetty turvallisuushyöty / M€	0,41	0,82

Päätelmät

Kirjallisuustutkimuksen perusteella havaittiin, että meteorologisia palveluita hyödynnetään erityisesti teiden talvikunnossapidossa ja tienkäyttäjille suunnatussa tiedotuksessa. Säättä ja keliä koskevaa tietoa hyödyntää myös muuttuva liikenteen ohjaus. Teiden talvikunnossapidossa oikeiden toimenpiteiden valinta ja

kunnossapitotoimien oikea ajoitus edellyttävät usein tietoa ja ennusteita ilmakan ja tienpinnan tilasta. Nykyisen kaltaista tienkäyttäjille suunnattua tiedotusta säästä ja kelistä ei voida toteuttaa lainkaan ilman mitattua tietoa sekä ennusteita säästä ja tienpinnan tilasta. Tieliikenteen eri toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteet esitetään taulukossa 4.7.

Taulukko 4.7. Tieliikenteen eri toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen hyödyllisyys aikajänteittäin (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Tieliikenne	Historiatieto ja klimatologiset vai- kutukset	Ajantasai- nen tieto ja varoitus- palvelut	Vuoro- kausi- ennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuoro- kauden ennuste (3–5 vrk)	Keski- pitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden- aika- ennuste (1–6 kk)	Ilmasto- skenaar- iot
Tiedotus		3	2				
Kunnossa- pito		3	2				

Suurin osa tienkäyttäjille suunnatun tiedotuksen yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista syntyy henkilövahinko-onnettomuuksiin liittyvien onnettomuuskustannusten vähenemisestä. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien vähenemiseen liittyvät kustannussäästöt on arvioitu selvästi pienemmiksi. Vaikutuksesta yli puolet on jyvitetty Ilmatieteen laitokselle, sillä Ilmatieteen laitoksella on merkittävä osa erityisesti sää- ja kelitiedotuksen pohjaksi tarvittavan raakatiedon tuottamisessa sekä tiedon jalostuksessa (taulukko 4.2). Tieto tienkäyttäjille suunnattujen sää- ja kelitietopalveluiden vaikutuksista perustuu kuitenkin asiantuntija-arvioon mitattujen tutkimustulosten sijaan. Näin ollen sen voidaan katsoa olevan suurusluokka-arvio.

Jo nykyisillä tiedotus- ja varoituspalveluilla saavutetaan miljoonien eurojen yhteiskuntataloudelliset vaikutukset (taulukko 4.8), joista Ilmatieteen laitoksen osalle voidaan jyvittää yli puolet. Uusien viestintävälineiden ja aikaisempaa paikallisempaa tietoa tarjoavien palveluiden myötä vaikutus voi olla noin kaksinkertainen suhteessa nykyisiin vaikutuksiin. Oletettaessa palveluketjun eri vaiheiden painokertoimien ja Ilmatieteen laitoksen markkinaosuuksien olevan samat olisi myös Ilmatieteen laitoksen toiminnan vaikuttavuus noin kaksi kertaa suurempi kuin nykyisessä tilanteessa (taulukko 4.9).

Taulukko 4.8. Tienkäyttäjille suunnattujen sää- ja keliä koskevien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset.

Sää- ja keliä koskevien tienkäyttäjille suunnattujen tiedotus- ja varoituspalveluiden yhteiskuntataloudelliset hyödyt (nykyiset palvelut)	alaraja	yläraja
Säästöt onnettomuuskustannuksissa yleisillä teillä (henkilövahinko-onnettomuudet) / M€	15,66	31,63
Säästöt onnettomuuskustannuksissa yleisillä teillä (omaisuusvahinko-onnettomuudet) / M€	0,36	0,72
Ilmatieteen laitoksen osuus tienkäyttäjille suunnattujen sää- ja kelitietopalveluiden toteutuksessa	57 %	57 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetävä osuus tienkäyttäjille suunnattujen sää- ja kelitietopalveluiden hyödyistä / M€	9,13	18,44

Taulukko 4.9. Tulevaisuudessa käyttöön tulevien, sää- ja keliä koskevien tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset.

Kehittyneiden tienkäyttäjille suunnattujen tiedotus- ja varoituspalveluiden yhteiskuntataloudelliset hyödyt (tulevaisuuden palvelut)	alaraja	yläraja
Säästöt onnettomuuskustannuksissa yleisillä teillä (henkilövahinko-onnettomuudet) / M€	31,31	63,27
Säästöt onnettomuuskustannuksissa yleisillä teillä (omaisuusvahinko-onnettomuudet) / M€	0,71	1,44
Ilmatieteen laitoksen osuus tienkäyttäjille suunnattujen sää- ja kelitietopalveluiden toteutuksessa	57 %	57 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetävä osuus tienkäyttäjille suunnattujen sää- ja kelitietopalveluiden hyödyistä / M€	18,26	36,88

Työn tulosten valmistuttua Aittoniemi (2007) selvitti asiantuntija-arvioiden ja kirjallisuustutkimuksen avulla tieliikenteen tietopalveluiden vaikutusmahdollisuuksia liikenneturvallisuuteen. Yksi työssä tarkastelluista palveluista oli autoilijoille suunnattu ajantasainen ja paikkasidonnainen, autoilijan mukana olevaan päätelaitteeseen, kuten älypuhelimeseen, toteutettu kelivaroituspalvelu. Työn

tulokseksi saatiin, että kyseisen palvelun avulla voitaisiin välttää 87–137 tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuutta vuosittain.

Edellä mainittu vaikutus on samaa suuruusluokkaa ja jopa hieman suurempi kuin tämän työn tuloksissa esiintyvät luvut (taulukko 4.5), joiden mukaan tienkäyttäjille suunnatut, kehittyneet säästä ja kelistä varoittavat ja tiedottavat palvelut todennäköisimmin vähentäisivät yleisten teiden henkilövahinko-onnettomuuksia 66–134 onnettomuudella vuosittain. Tulokset ovat suurelta osin toisiaan vastaavia ja tukevat siten toisiaan.

Teiden talvikunnossapidossa on saavutettu merkittäviä hyötyjä hyödyntämällä ajantasaista meteorologista tietoa sekä ennusteita ilmakehän ja tienpinnan tilasta. Yleisten teiden talvikunnossapidosta merkittävältä osin vastaava Destia on kyennyt saavuttamaan noin 2,25 miljoonan euron säästöt vuositasolla (taulukko 4.10). Säästöt ovat syntyneet tarpeettomien kunnossapitotoimien aloitusten poistamisesta ja toteutuneiden lähtöjen kustannusten alenemisesta toiminnan paremman ajoituksen myötä. Työssä tarkasteltiin vain vaikutusta Destian toimintaan yleisillä teillä. Näin ollen muut urakoitsijat sekä muu tie- ja katuverkko jäivät tarkastelun ulkopuolelle. Edellä mainittu luku ei sisällä myöskään tilaajan langettamia sanktioita, joita yleisesti ottaen ei huomioida yhteiskuntataloudellisia hyötyjä ja kustannuksia laskettaessa.

Taulukko 4.10. Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikutukset Destian suorittamaan teiden talvikunnossapitoon.

Meteorologisten tietopalveluiden vaikutukset Destian suorittamaan teiden talvikunnossapitoon	
Tarpeettomien lähtöjen poistumiseen liittyvä henkilökunnan palkkojen ja polttoaineen säästö	0,45
Myöhästyneiden lähtöjen vähenemiseen liittyvä henkilökunnan palkkojen ja polttoaineen säästö sekä vältetyt sopimussakot	1,80
Hyödyt kunnossapidolle yhteensä	2,25
Ilmatieteen laitoksen osuus Tieliikelaitoksen kunnossapidossa hyödyntämien palveluiden tuottamisessa	70 %
Ilmatieteen laitokselle jyvittävä osuus hyödyistä kunnossapidolle / M€	1,58

Meteorologista tietoa hyödynnetään myös sää- ja kelitietoon perustuvassa muuttuvassa liikenteen ohjauksessa. Nykyisessä tilanteessa kyse on lähinnä muuttu-

vista nopeusrajoituksista ja varoitusmerkeistä. Hyödyt saavutetaan vähentyneiden tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuuksien ja siten alhaisempien onnettomuuskustannusten kautta. Kyseessä on kuitenkin Tiehallinnon tarjoama palvelu, jossa sää- ja kelitieto on vain yksi lähtötieto ja jonka toteutuksessa Ilmatieteen laitoksella ei nykyisessä tilanteessa ole merkittävää roolia. Näin ollen palvelun hyötyjä ei ole jyvitetty Ilmatieteen laitokselle.

Merkittävimmät meteorologisen tiedon vaikutukset tieliikenteen alalla näyttäisivät siis liittyvän liikenneturvallisuuden paranemiseen tienkäyttäjille suunnatun sää- ja kelitiedotuksen myötä (taulukko 4.11). Merkittäviä vaikutuksia saavutetaan myös teiden talvikunnossapidon kehittymisen myötä.

Taulukko 4.11. Ilmatieteen laitoksen palveluiden yhteiskuntataloudelliset hyödyt tieliikenteen alalla.

Vaikutus	Kokonaishyöty		IL:n osuus %	IL:n osuus	
	alaraja M€	yläraja M€		alaraja M€	yläraja M€
Tienkäyttäjille suunnatut sää- ja keliä koskevat tiedotus- ja varoituspalvelut vähentävät yleisillä teillä tapahtuvia henkilövahinko-onnettomuuksia	15,66	31,63	57,00	8,92	18,03
Tienkäyttäjille suunnatut sää- ja keliä koskevat tiedotus- ja varoituspalvelut vähentävät yleisillä teillä tapahtuvia omaisuusvahinko-onnettomuuksia	0,36	0,72	57,00	0,20	0,41
Destian meteorologisten tietopalveluiden avulla saavuttamat hyödyt teiden talvikunnossapidossa	2,25	2,25	70,00	1,58	1,58
Yhteensä	18,26	35,60		10,70	20,02

Tienkäyttäjille suunnattujen tiedotuspalveluiden vaikutuksia koskeva tieto perustuu asiantuntija-arvioon eikä suoraan empiiriseen aineistoon kuten tilastoihin, kyselytutkimuksiin tai mittauksiin. Edellä mainittuja ja muita epävarmuustekijöitä pyrittiin hallitsemaan tekemällä työ läpinäkyvästi.

On mahdollista, että meteorologisten tietopalveluiden avulla saavutettavat hyödyt tieliikenteen alalla ovat työssä arvioitua suuremmat. Esimerkiksi tiedotus- ja varoituspalveluiden vaikutukset muualla kuin yleisillä teillä tapahtuvien onnettomuuksien määrään jäivät tieliikenteen osiossa tapahtuneen tarkastelun ulkopuolelle.

4.2 Kevyt liikenne

Yleistä

Suomessa on nykyään käytännössä kaksi kevyelle liikenteelle sää- ja kelipalveluita tarjoavaa toimijaa: Ilmatieteen laitos ja Foreca Oy. Myös kevyen liikenteen väylien ja alueiden kunnossapitäjille tarjottavat palvelut perustuvat pääosin Ilmatieteen laitoksen ja Foreca Oy:n sää- ja kelitietoihin.

Sää- ja kelipalveluiden vaikuttavuuden arviointi kevyelle liikenteelle kohdistettiin talviaikana ulkona tapahtuviin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liukastumistapaturmiin. Liukastumistapaturmilla tarkoitetaan tässä ulkona tapahtuvia jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kulkualustan liukkaudesta (jää, lumi) johtuvia kaatumisia, joissa ei ole mukana moottoriajoneuvoa tai muita osapuolia (yksittäisonnettomuudet).

Tarkastelusta rajattiin pois palveluiden vaikutukset kunnossapitäjien työvoima- ja materiaalikustannuksiin (liukkaudentorjunta), koska kevyen liikenteen väylien talvikunnossapidon kustannuksista ei ollut saatavissa tarpeeksi kattavaa tietoa. Katujen talvikunnossapidon yksikkökustannukset vaihtelevat suuresti kunnittain. Kalleinta on ahtaiden kaupunkirakenteiden hoito (Myllylä et al. 2006).

Liukastumistapaturmien hoitoajat ovat usein pitkiä mm. vaikeiden lonkkamurtumien takia. Ruotsalaisen tutkimuksen perusteella liukastumistapaturmien aiheuttamat hoitajaksot sairaalassa ovat keskimäärin pidemmät kuin tieliikenneonnettomuuksien (Björnstig et al. 1997). Loukkaantumisriski kasvaa voimakkaasti iän mukana. Myös kaatumisissa saatujen vammojen vakavuus kasvaa iän myötä (Pihlaja 2000). Jalankulku on yli 64-vuotiaiden naisten yleisin ja miesten toiseksi yleisin kulkutapa (HLT 2006).

Marraskuussa 2005 voimaan tulleen lainmuutoksen (Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta annetun lain muuttamisesta 2005) tärkeä tavoite oli kevyen liikenteen turvallisuuden parantaminen talviolosuhteissa (Myllylä et al. 2006). Kunnossapitäjällä on ensisijainen vastuu kevyen liikenteen väylien ja alueiden liukkaudentorjunnassa, vaikka liikkujat voivat itsekin ehkäistä onnettomuusriskiään varautumalla liukkaisiin olosuhteisiin. Kunnossapidosta vastaavat yli 400 kunnan lisäksi kiinteistöt ja Tiehallinto yleisten teiden osalta. Kunnossapito on usein ulkoistettu urakoitsijoille, joiden koko ja toimintamallit vaihtelevat paljon.

Menetelmät ja aineisto

Työn aineisto perustui kirjallisuustutkimukseen ja kotimaisiin asiantuntijahaastatteluihin (tapaamiset, puhelin, sähköposti). Kirjallisuustutkimuksen avulla tunnistettiin alustavasti keskeisimmät meteorologisten tietopalveluiden vaikutusalueet ja -mekanismit liukastumistapaturmiin. Asiantuntijahaastatteluilla tarkennettiin vaikutusmekanismeja koskevaa tietoa, selvitettiin yksityiskohtaisemmin Ilmatieteen laitoksen asemaa palveluiden tuottajana ja tarkennettiin vaikutusten suuruusluokkaa. Asiantuntijahaastattelujen merkitys korostui vaikutusten suuruusluokkaa arvioitaessa, koska aiheesta on vähän tähän työhön sovellettavissa olevaa tuoretta julkaistua tietoa.

Asiantuntijoina haastateltiin VTT:n tutkimusprofessori Risto Kulmalaa (jalkenkulkijoille ja pyöräilijöille tarjottavien sää- ja kelitietopalveluiden vaikutus liukastumistapaturmiin), Destian kehityskoordinaattori Mauri Rusasta, Vantaan kaupungin kunnossapitopäällikkö Jorma Rantaa ja Helsingin kaupungin projekti-johtaja Pirjo Tujulaa (kunnossapitäjille tarjottavien sää- ja kelitietopalveluiden vaikutus liukastumistapaturmiin).

Talvella ulkona tapahtuvien liukastumistapaturmien määrää arvioitiin aiempien tutkimusten perusteella. Liukastumistapaturmista ei ole kuitenkaan saatavissa tarkkoja lukuja niiden puutteellisen tilastoinnin takia. Puutteita on sekä tilastojen kattavuudessa että tapaturmiin liittyvien ulkoisten tekijöiden rekisteröinnissä (Ruuhela et al. 2005).

Liukastumistapaturmista aiheutuvien haittojen (sairaanhoito, työpanoksen menetys, hyvinvoinnin menetys) arvottamiseen käytettiin samoja laskentaperusteita kuin Vuoriaisen ym. tutkimuksessa (Vuoriainen et al. 2000), jonka vamma- ja kustannus selvitykset perustuivat Keski-Suomen keskussairaalaossa liukastumis- ja muiden kaatumistapaturmien huippupäivinä hoidettujen sairauskertomuksiin (yhdeksän kuukauden seuranta-aineisto 1.9.1999–31.5.2000, joka muunnettiin kertoimilla koko maan väestöön).

- Sairaanhoidon kustannukset perustuivat Keski-Suomen keskussairaalan kuntalaskutuksessaan vuosina 1999 ja 2000 käyttämiin kustannuksiin.
- Menetetyn työpanoksen kustannukset perustuivat lääkärin kirjoittamien työkyvyttömyysajan todistusten sairauslomapäiviin ja 750 mk:n päiväkustannukseen. Vertailutietoina käytettiin Jyväskylän kaupungin henkilöstön työtapaturmista vakuutusyhtiöille aiheutuneita kustannuksia vuosilta 1996–2000.

- Hyvinvoinnin menetyksen kustannukset perustuivat tieliikenneonnettomuuksien henkilövahinkojen yksikkökustannuksiin (Tielaitos 1999). Keski-Suomen keskussairaalassa hoidetut, vammojen vakavuuden perusteella AIS-luokitellut (Abbreviated Injury Scale) liukastumis- ja kaatumistapaturmat sovitettiin tieliikenneonnettomuuksien yksikkökustannusten mukaisesti, vammojen vakavuuteen perustuviin vahinkotyypppeihin luvun 4.2 lopussa olevan liitteen mukaisesti.

Sairaanhoidon ja menetetyt työpanokset yksikkökustannuksia korjattiin elinkustannusindeksin muutoksen perusteella.

Hyvinvoinnin menetyksen osalta käytettiin Tiehallinnon eri onnettomuustyypeille vahvistamia nykyisiä yksikkökustannuksia (Tervonen et al. 2005). Nämä poikkeavat merkittävästi aiemmin käytetyistä yksikkökustannuksista (Tielaitos 1999).

Ilmatieteen laitoksen osuus meteorologisten palveluiden tuottamista yhteiskuntataloudellisista hyödyistä kevyen liikenteen turvallisuuden parantumisen myötä saatiin arvioimalla Ilmatieteen laitoksen ja Foreca Oy:n markkinaosuudet loppukäyttäjien palveluista luvussa 2.2 esitetyn menetelmän mukaisesti.

Tulokset

Vaikutusmekanismi

Terveydenhuollossa hoidetuista jalankulkijoiden vammoista 70–85 % syntyy yksittäisonnettomuuksissa, joissa ei ole mukana ajoneuvoja tai muita osapuolia (Pihlaja 2000). Suurin osa näistä yksittäisonnettomuuksista tapahtuu talvella liukkauden takia. Myös pyöräilijöiden kaatumisten yleisin myötävaikuttava tekijä talvella on liukkaus.

Talvikauden 1999–2000 aineistoon perustuvan tutkimuksen mukaan jalankulkijoiden liukastumistapaturmien ja liikennevahinkojen (autot) kasaumapäivät olivat lähes poikkeuksetta eri päivinä (Anttila 2001). Liukastumistapaturmien kasaumapäivien säälle tyypillisiä piirteitä ovat sade (vesi, lumi, räntä), –2 ja 0 asteen välillä oleva keskilämpötila ja lämpötilan vaihtelu 0 asteen molemmin puolin (Penttinen et al. 1999).

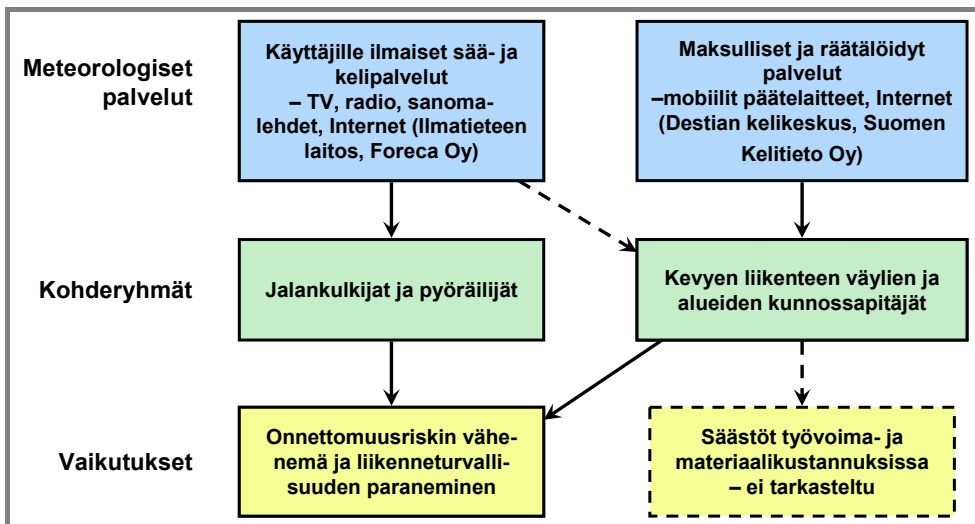
Liukastumistapaturmien merkittävin ympäristötekijä on kulkualustan pito-ominaisuus eli kitka (Redfern & Rhoades 1996). Turvallisen kitkakertoimen (liikekitka) arvona voidaan normaalissa kävelyssä pitää minimiarvoa 0,20. Kalteva

alusta, kuorman kantaminen tai juoksu voi edellyttää suurempaa kitkakerrointa. (Ruuhela et al. 2005.) Sama koskee myös vanhuksien ym. erityisryhmien turvallista liikkumista. Erään tutkimuksen mukaan turvallisen kitkakertoimen vähimmäisvaatimus voisi olla 0,40 tietyillä erityisryhmillä (Durá et al. 2005).

Oikea-aikaisilla ja luotettavilla sää- ja keliennusteilla sekä ajantasaisella tiedotuksella voidaan parantaa jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liikenneturvallisuutta vähentämällä onnettomuusriskiä kahta kautta:

- Liikkuajat pystyvät varautumaan paremmin keliolosuhteisiin ja vähentämään omalta osaltaan onnettomuusriskiä mm. jalkineiden valinnalla (jalkineiden pito-ominaisuudet), liukusteiden käytöllä, reitin valinnalla, kulkutavan vaihdolla, matkan perumisella tai siirtämisellä.
- Kunnossapitäjät pystyvät torjumaan tehokkaammin liukkautta ja parantamaan kevyen liikenteen väylien ja alueiden pito-ominaisuuksia sekä vähentämään onnettomuusriskiä ennakoivien ja oikea-aikaisten liukkauten torjuntatoimenpiteiden avulla.

Meteorologisten palveluiden vaikutukset kevyen liikenteen liukastumisonnettomuksiin arvioitiin em. vaikutusmekanismin mukaisesti (kuva 4.3). Palveluiden vaikutuksia kunnossapitäjien työvoima- ja materiaalikustannuksiin ei tarkasteltu, koska näistä kustannuksista ei ollut saatavissa tarpeeksi kattavaa tietoa kevyen liikenteen osalta tämän työn resurssien puitteissa (ks. luku Yleistä).



Kuva 4.3. Meteorologisten palveluiden vaikutusarviointikehikko, kevyt liikenne.

Sää- ja kelitietoja hyödynnetään kevyen liikenteen väylien hoitotoimenpiteiden ennakoinnissa ja käynnistämisesä. Kunnat ostavat ennuste- ja tiedotepalveluita ulkopuolisilta palveluntuottajilta, mutta varsinainen talvihoitoon liittyvä säänsuranta tehdään tietojen pohjalta pääsääntöisesti itse (Myllylä et al. 2006).

Suurin hyöty sekä liikkujille että kunnossapitäjille tulee ajantasaisen tiedotus- ja varoituspalveluiden kautta. Ajantasainen tieto kattaa tässä jaottelussa myös lyhyen – alle 12 tunnin – aikavälin ennusteet (taulukko 4.12).

Taulukko 4.12. Meteorologisten tietojen hyödyllisyys kevyelle liikenteelle niiden aikajänteen perusteella (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Kevyt liikenne	Historiatieto ja klimato-logiset vai-kutukset	Ajantasai-nen tieto ja varoitus-palvelut	Vuoro-kausi-ennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keski-pitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden-aika-ennuste (1–6 kk)	Ilmasto-skenaariot
Jalankulki-joille ja pyöräilijöille tarjottavat palvelut		3	2				
Kunnossa-pitäjille tarjottavat palvelut		3	2				

Liukastumistapaturmien määrät

Liukastumistapaturmien määristä on saatavissa haastattelu- ja otostutkimuksiin perustuvia arvioita, mutta tarkkoja lukuja ei ole käytettävissä puutteellisen tilastoinnin takia.

Vuonna 2003 kuoli 23 ja vuonna 2004 kymmenen henkilöä jäisellä kelillä sattuneen kaatumisen seurauksena (Myllylä et al. 2006). Liukastumistapaturmien seurauksena sairaalahoitoon joutuu vuosittain noin 5 000 henkilöä (vuodehoitopotilaat) ja hoitopäiviä kertyy noin 30 000 (Ruuhela et al. 2005).

Kansanterveyslaitoksen tutkimuksen perusteella Suomessa tapahtui vuonna 2006 ulkona yhteensä noin 98 300 liukastumistapaturmaa (työ-, koti-, liikunta- ja muun vapaa-ajan tapaturmat). Määrä kattaa liukastumiset piha-alueilla, urheilu-

paikoilla (esim. jäiset lenkkipolut), kauppa- ym. muilla vapaa-ajan matkoilla, työpaikkojen pihalla ja työmatkoilla sekä työpaikoilla (esim. rakennustyömaa). Näiden liukastumisten seurauksena sairaalahoitoon (vähintään yksi vrk) joutui noin 5 200 henkilöä. Sairauslomapäiviä aiheutui noin 38 500 henkilölle ja haittapäiviä 64 600 henkilölle. Haittapäiviin kuuluvat sairaalahoitopäivät ja päivät, jolloin on vaikeaa tai mahdotonta selvitä tavanomaisista päivittäisistä tehtävistä ja toimista. (Kansanterveyslaitos 2006.)

Arvioitaessa ulkona tapahtuvien, sairaanhoitoa vaativien liukastumisten määrää tässä työssä Kansanterveyslaitoksen tutkimuksen (2006) luvuista poistettiin jääkiekkokentillä ja muilla vastaavilla ulkoliikuntapaikoilla tapahtuneet liukastumiset (alueet, joilla ei ole tarkoitus torjua liukkaita).

Aikaisemmassa tutkimuksessa Suomen tie-, katu- ja piha-alueilla arvioitiin tapahtuvan vuosittain yhteensä noin 70 000 sairaanhoitoa vaativaa kaatumis- ja liukastumistapaturmaa (Vuoriainen et al. 2000). Liukastumistapaturmista noin kaksi kolmasosaa tapahtuu jäisillä tai lumisilla alustoilla (Grönqvist 1995).

Käytettävissä olevan aineiston perusteella arviot sairaanhoitotoimenpiteitä edellyttävistä ulkona tapahtuvista liukastumistapaturmien vuotuisista määristä vaihtelevat välillä 40 000–100 000. Tässä tutkimuksessa lukumääränä käytettiin melko varovaisen arvion mukaista 50 000 vuosittaista liukastumistapaturmaa.

Liukastumistapaturmista noin 80 % on todettu tapahtuvan yleisellä liikennealueella, eniten niitä tapahtuu kaupunkien keskustojen vilkkaimmin liikennöidyillä alueilla ja kaduilla (Vuoriainen et al. 2000).

Kevyelle liikenteelle tarjottavat sää- ja kelipalvelut

Jalankulkijat ja pyöräilijät käyttävät pääasiassa television, radion, sanomalehtien ja Internetin kautta välitettäviä, käyttäjille ilmaisia Ilmatieteen laitoksen ja Foreca Oy:n tarjoamia yleisiä sää- ja kelipalveluja. Televisio kattaa myös teksti-TV:n ja radio paikallisradiot.

Ilmatieteen laitoksen toiminnan osuuden näiden palveluiden vaikutuksista arvioitiin olevan 60 %. Arviointi tehtiin seuraavin oletuksin:

- Ilmatieteen laitoksen osuus television kautta saatavista sää- ja kelitiedoista on 70 % (YLE:n ja Nelosen kautta välitettävät sääpalvelut).

- Ilmatieteen laitoksen osuus radion kautta saatavista sää- ja kelitiedoista on 60 % (YLEn kautta välitettävät sääpalvelut).
- Ilmatieteen laitoksen osuus sanomalehtien kautta saatavista sää- ja kelitiedoista on 80 %.
- Ilmatieteen laitoksen osuus tuottamiensa palveluiden palveluketjussa on 75 % (raakadatan tuottaminen ja tiedon jalostus) ja median osuus 25 % (tiedon jakelu loppukäyttäjälle).

Lisäksi Ilmatieteen laitos tuottaa erityistä jalankulkusääpalvelua, joka on saatavissa ilmaiseksi Internetistä osoitteesta http://www.fmi.fi/saa/varoituk_20.html. Nämä jalankulikutiedotteet luetaan myös YLEn maakuntaradio- ja aluetelevisiolähetyksissä, ja ne ovat katsottavissa YLEn teksti-TV:stä.

Em. ilmaisten palveluiden lisäksi liikkujille on tarjolla myös maksullisia mobiilisääpalveluja, mutta niiden merkitys tässä tarkastelussa on vähäinen.

Kunnossapitäjille tarjottavat sää- ja kelipalvelut

Kunnossapitäjät hyödyntävät kevyen liikenteen väylien ja alueiden liukkaudentorjunnassa ja talvihoidossa pääasiassa tähän tarkoitukseen tuotettuja maksullisia sää- ja kelipalveluja. Näitä palveluja tuottavat lähinnä Ilmatieteen laitoksen sää- ja kelipalveluja käyttävä Destian kelikeskus sekä Foreca Oy:n palveluja käyttävä Suomen Kelitieto Oy. Palvelut koostuvat näiden palveluntuottajien ennustesivuista ja räätälöidyistä palveluista.

Ilmatieteen laitoksen osuuden kunnossapitäjille tarjottavista palveluista arvioitiin olevan noin 70 %. Tämä on myös vaikuttavuuden osuus, koska näiden palveluiden palveluketjussa ei ole mediaa tai muita osapuolia tiedon jakelussa kunnossapitäjille. Arviointi tehtiin seuraavin oletuksin:

- Ilmatieteen laitoksen osuus kaupunkien ja kuntien kunnossapitäjien käyttämistä ennustesivuista on 60 %.
- Ilmatieteen laitoksen osuus muista kunnossapitäjien käyttämistä räätälöidyistä palveluista on 75 %.

Lisäksi otettiin huomioon, että Foreca Oy käyttää palveluissaan myös Ilmatieteen laitoksen tuottamaa aineistoa (raakadata ja tiedon jalostus).

Haastatteluihin tuli esiin seuraavia kehittämistarpeita kunnossapitäjille tarjottaviin palveluihin liittyen (Ranta 31.1.2007, Tujula 30.1.2007):

- Kelikamerat sekä sää- ja kelianturit puuttuvat kevyen liikenteen väyliltä.
- Päivitetty ajantasainen tieto auratuista ja hiekoitetuista reiteistä puuttuu.

Sää- ja kelipalveluiden vaikutukset kevyen liikenteen liukastumistapaturmiin

Aikaisempien tutkimusten perusteella Suomen tie-, katu- ja piha-alueilla tapahtuu vuosittain noin 50 000 jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liukastumistapaturmaa (jää, lumi), jotka vaativat sairaanhoitoa. Näistä aiheutuvat kustannukset ovat 2,4 miljardia euroa, kun yhden sairaanhoitoa vaativan liukastumistapaturman keskimääräinen kustannus on 48 800 euroa. Tämä muodostuu sairaanhoidon (n. 800 €), menetetyt työpanoksen (n. 1 400 €) ja hyvinvoinnin menetyksen (n. 46 600 €) kustannuksista. Laskentaperusteet ovat samat kuin Vuoriaisen et al. (2000) tutkimuksessa seuraavin korjauksin:

- Sairaanhoidon ja menetetyt työpanoksen kustannukset on muunnettu elinkustannusindeksin perusteella vuoden 2005 tasoon (korotus 6 %).
- Hyvinvoinnin menetyksen perusteena käytettyjen, Tiehallinnon vahvistamien yksikkökustannusten laskentaperusteet henkilövahingolle ovat muuttuneet merkittävästi, ja ko. kustannukset (Tervonen et al. 2005) ovat moninkertaiset verrattuna v. 2000 tutkimuksessa käytettyihin yksikkökustannuksiin (Tielaitos 1999). Hyvinvoinnin menetyksen nykyiset yksikkökustannukset ovat yhteismitallisia tämän tutkimuksen liikennemuotojen arviointien kanssa.

Meteorologisten tietopalveluiden vaikutusmahdollisuuksista kevyen liikenteen liukastumisonnettomuuksiin on saatavissa vähän tähän tarkasteluun sovellettavissa olevaa tietoa. Tuoreinta tietoa löytyy Aittoniemen (2007) tutkimuksesta, jonka asiantuntija-arvioihin perustuvien tulosten perusteella Suomessa kelivaroituspalveluilla olisi mahdollista välttää 11–18 % talvikelillä tapahtuvista henkilövahinko-onnettomuuksista. Kyseessä on potentiaali, joka perustuu räätälöityihin paikannuspalveluihin ajoneuvolaitteen kautta.

Em. tutkimuksen tuloksia soveltaen jalankulkijoille ja pyöräilijöille nykyisin tarjottavien sää- ja kelipalveluiden vaikutuksen voidaan arvioida olevan 2–3 % (Kulmala 22.3.2007) eli noin 1 000–1 500 kpl sairaanhoitoa vaativista liukastumisonnettomuuksista. Tästä kertyvät kustannussäästöt ovat vuodessa 49–73 miljoonaa euroa, josta Ilmatieteen laitoksen toiminnan vaikuttavuuden osuus on 29–44 miljoonaa euroa (noin 60 %). Laskelma 1 on tehty vaikuttavuuden vähim-

mäisarvion 2 % mukaan (jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarjottavien palveluiden vaikutus liukastumisten aiheuttamiin kustannuksiin nykyään).

Laskelma 1: $0,02 \times 50\,000 \text{ onn./v.} \times 0,0488 \text{ M€}/\text{onn.} \times 0,60 = 29,4 \text{ M€}/\text{v.}$

Kunnossapitäjille tarjottavien sää- ja kelipalveluiden vaikutuksen arvioidaan olevan nykyään noin 5 % (Ranta 31.1.2007, Rusanen 25.1.2007) eli noin 2 500 kpl sairaanhoitoa vaativan liukastumisonnettomuuden välttämistä tehostuneen liukauden torjunnan ja talvikunnossapidon ansiosta (ennakointi ja toimenpiteiden oikea-aikaisuus). Kustannussäästöt ovat tällöin vuodessa noin 120 miljoonaa euroa, josta Ilmatieteen laitoksen toiminnan vaikuttavuuden osuus on noin 84 miljoonaa euroa (noin 70 %). Laskelma 2 on tehty vaikuttavuuden arvion 5 % mukaan ottaen kuitenkin huomioon, että kunnossapitäjille tarjottavien palveluiden vaikutus kohdistuu jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarjottavien palveluiden vaikutuksen jäännösarvoon ($1 - 0,02$).

Laskelma 2: $0,05 \times (1 - 0,02) 50\,000 \text{ onn./v.} \times 0,0488 \text{ M€}/\text{onn.} \times 0,70 = 83,7 \text{ M€}/\text{v.}$

Edellisen perusteella sää- ja kelipalveluiden kokonaisvaikutus kevyen liikenteen talviajan liukastumisonnettomuuksiin on nykyään 7 %. Tämä merkitsee noin 3 500:n sairaanhoitoa vaativan liukastumisonnettomuuden välttämistä vuosittain ja 171 miljoonan euron kustannussäästöä. Ilmatieteen laitoksen toiminnan vaikuttavuuden osuus tästä on 113 miljoonaa euroa.

Tulevaisuudessa kehittyneempien tiedotuspalveluiden ja viestintävälineiden avulla arvioidaan olevan mahdollista kaksinkertaistaa jalankulkijoille ja pyöräilijöille kohdistettavien sää- ja kelitiedotusten vaikutus (Kulmala 22.3.2007). Tällöin vaikutus olisi noin 5 % ja Ilmatieteen laitoksen palveluiden tuottamat potentiaaliset kustannussäästöt olisivat edellä esitetyillä laskentaperusteilla noin 73 miljoonaa euroa vuodessa.

Kevyen liikenteen väylien ja alueiden liukkaudentorjunnan vaikutuspotentiaalini arvioidaan olevan tulevaisuudessa 10–15 %. Tämän hyötypotentiaalini saavuttaminen edellyttää kuitenkin myös kaupunkien ja kuntien kunnossapito-organisaatioiden toimintamallien muutoksia (Rusanen 25.1.2007). Ilmatieteen laitoksen palveluiden osuus näin saavutettavista potentiaalisista kustannussäästöistä olisi em. laskentaperusteilla (laskelma 2) 162–243 miljoonaa euroa vuodessa.

Sää- ja kelipalveluiden vaikutukset kevyen liikenteen talvikunnossapitoon

Sää- ja kelitietopalvelut tehostavat myös kevyen liikenteen talvihoidon suunnittelua ja toteutusta sekä tuottavat tätä kautta säästöjä myös materiaalikustannuksissa ja työvoimakustannuksissa (sään ja kelin seuranta, liukkaudentorjuntatoimenpiteiden ajoitus ja optimointi). Vaikka tässä työssä ei arvioidukaan sää- ja kelipalveluiden yhteiskuntataloudellisia vaikutuksia kevyen liikenteen kunnossapidon osalta, esimerkiksi Vantaan kaupungille säästövaikutus on nykyään työvoimakustannusten osalta arviolta 5 % ja materiaalikustannusten osalta 10 % (Ranta 31.1.2007).

Päätelmät ja suositukset

Sää- ja kelitietopalveluiden nykyiset hyödyt

Talviajan liukastumistapaturmista aiheutuvat haitat ja niistä yhteiskunnalle aiheutuvat kustannukset ovat merkittävät. Sairaanhoidoa vaativia liukastumistapaturmia arvioidaan tapahtuvan noin 50 000 ja niistä aiheutuvien kustannusten arvioidaan olevan noin 2,4 miljardia euroa vuodessa. Kustannuksista 95 % aiheutuu hyvinvoinnin menetyksestä, loput aiheutuvat sairaanhoidon ja menetetyn työpanoksen kustannuksista.

Ilmatieteen laitoksen tuottamien palveluiden kokonaisyhdyiksi liukastumistapaturmien kustannussäästöinä arvioitiin nykyään 113 miljoonaa euroa vuodessa. Hyödyistä kolmasosa saavutetaan jalankulkijoille ja pyöräilijöille tarjottavilla tietopalveluilla, joiden avulla liikkujat osaavat varautua liukkauteen. Hyödyistä kaksi kolmasosaa tulee kunnossapitäjille tarjottavilla sää- ja kelipalveluilla, joiden avulla liukkaudentorjuntaa pystytään parantamaan ennakoivien ja oikea-aikaisten toimenpiteiden kautta. Suurimmat hyödyt saavutetaan ajantasaisten tiedotus- ja varoituspalveluiden kautta (ml. alle 12 tunnin ennusteet).

Sää- ja kelitietopalveluiden potentiaaliset hyödyt tulevaisuudessa

Liukastumistapaturmien merkitys kasvaa todennäköisesti väestön ikääntyessä, koska loukkaantumisriski ja liukastumisissa saatujen vammojen vakavuus kasvavat iän myötä.

Talvikauden lyheneminen Lounais-Suomessa ilmastonmuutoksen seurauksena voi vähentää liukastumistapaturmia. Toisaalta suurimmassa osassa Suomea liu-

kastumistapaturmille otollinen nollakeli ja sitä myötä myös liukastumistapaturmat voivat lisääntyä alueilla, joilla on nykyään pitkiä pakkasjaksoja. Ilmastomuutoksen vaikutuksia liukastumistapaturmiin tulee arvioida erillisillä selvityksillä.

Kevyen liikenteen sää- ja kelipalveluiden tarve lisääntyy todennäköisesti paitsi väestön ikääntymisestä johtuvan liukastumistapaturmien kasvavan merkityksen myötä myös mm. autoliikenteen ruuhkautumisen, ilmanlaatuongelmien ja ilmastomuutoksen aiheuttamien haasteiden takia.

Palveluita kehittämällä ja niiden hyödyntämistä tehostamalla palveluiden vaikuttavuutta liukastumistapaturmien vähenemiseen arvioidaan voitavan kaksin- tai kolminkertaistaa nykyisestä. Tällöin Ilmatieteen laitoksen palveluiden tuottamat hyödyt olisivat 235–316 miljoonaa euroa vuodessa. Tästä noin 73 miljoonaa euroa tulisi liikkujille tarjottavien palveluiden ja loput kunnossapitäjille tarjottavien palveluiden kautta.

Vaikka kelimallien ja palveluiden kehittäminen maksavatkin, osa palveluiden potentiaalisista lisähyödyistä voidaan saavuttaa ilman mittavia investointeja. Ilmatieteen laitoksen palvelujärjestelmän perusta on kunnossa (ml. havaintoinfra), jolloin vaikuttavuutta voidaan lisätä kohtuullisilla kustannuksilla parantamalla palveluiden saatavuutta ja käytettävyyttä sekä lisäämällä tietoisuutta palveluiden käyttömahdollisuuksista ja hyödyistä. Teknologian ja viestintävälineiden kehittyminen mahdollistaa osaltaan lisähyötyjen saavuttamisen.

Sää- ja kelitietopalveluilla voidaan vähentää myös kunnossapito-organisaatioiden työvoima- ja materiaalikustannuksia ennakoivien ja oikea-aikaisten hoitotoimenpiteiden optimoinnin kautta. Tämän hyötypotentiaalin laaja-alainen saavuttaminen edellyttää sää- ja kelitietopalveluiden kehittämisen lisäksi muutoksia kaupunkien ja kuntien kunnossapito-organisaatioiden toimintamalleissa ja prosesseissa.

Tulosten tarkastelu

Liukastumistapaturmien yhteiskunnalle aiheuttamat kustannukset ovat tämän tutkimuksen perusteella selvästi suuremmat kuin aikaisemmissa tutkimuksissa esitetyt arviot. Tämä johtuu hyvinvoinnin menetyksen arvona käytettyjen, Tiehallinnon vahvistamien henkilövahinkojen yksikkökustannusten laskentaperusteiden muuttumisesta.

Tuloksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon, että liukastumistapaturmien määristä ei ole tarkkoja lukuja niiden puutteellisen tilastoinnin takia. Avohoidon potilaita ei tilastoida järjestelmällisesti, ja sairaalahoitoon joutuvien uhrien osalta tapaturman syy puuttuu usein. Lisäksi terveydenhoidon tilastoissa eivät ole mukana sellaiset liukastumistapaturmat, joissa uhri ei ole hakeutunut terveydenhoitoon. Näiden osuus on todennäköisesti huomattava, etenkin lievempien loukkaantumisten suhteen. Tässä tutkimuksessa käytetty liukastumistapaturmien vuotuinen määrä (50 000) on melko varovainen.

Meteorologisten palveluiden vaikutusta liukastumistapaturmiin liikkujan käyttäytymisen kautta (oma varautuminen liukkauteen) on arvioitu tuoreen tieliikenteen tietopalveluiden vaikutusmahdollisuuksia käsitelleen tutkimuksen ja asiantuntija-arvioiden perusteella. Vaikka arviointi tehtiin em. aineiston perusteella maltillisesti (nykyisten palveluiden vaikutusarvion alaraja 2 %, kehittyneiden palveluiden potentiaali 5 %), arvioon liittyy epävarmuutta tutkitun tiedon ja asiantuntija-arvioiden pienen määrän takia. Ilmatieteen laitoksen tuottaman jalkankulkusääpalvelun nykyinen vaikutus arvioitiin vähäiseksi.

Palveluiden vaikutusten arviointia liukastumistapaturmien vähenemiseen kevyen liikenteen väylien talvihoidon tehostumisen kautta vaikeuttaa kunnossapitäjien suuri määrä, niiden toimintamallien vaihtelevuus ja kuntien kevyen liikenteen väylien kunnossapidolle asettamien laatuksiteerien erilaisuus. Nykyisen vaikutavuuden arvioinnissa käytetty 5 %:n vähenemä kuvaa todennäköisesti enemmän isojen toimijoiden hyödyntämien sää- ja kelipalveluiden vaikutusta. Pienet toimijat hyödyntävät sää- ja kelipalveluita kunnossapidossa todennäköisesti vähemmän. Valtaosa jalkankulkijoista ja pyöräilijöistä liikkuu talvisin kuitenkin keskusta-alueiden vilkailla väylillä, joita kunnossapitävät isot toimijat.

Koska kunnossapitäjillä on ensisijainen vastuu liukkaudentorjunnasta, sää- ja kelitietojen hyödyntämisen voidaan olettaa lisääntyvän tulevaisuudessa huomattavasti kunnossapidossa palveluiden kehittymisen myötä. Tämä mahdollistaa paitsi liukastumistapaturmien vähenemisen myös säästöjä kunnossapidon työ- ja materiaalikustannuksissa sekä vahingonkorvauksissa.

Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Kevyen liikenteen liikkujien ja kunnossapitäjien sää- ja kelipalveluihin on panostettu tähän asti vielä vähän verrattuna esimerkiksi autoilijoille tarjottaviin palveluihin. Tämä yhdessä lisääntyvän tarpeen kanssa mahdollistaa potentiaalisen

kasvumarkkinan kehittyneille ja eri käyttäjäryhmien tarpeita vastaaville kevyen liikenteen palveluille. Esimerkiksi terveydenhoito voi varautua kehittyneen sääpalvelun avulla tavallista suurempiin potilasmääriin, jolloin hoidon saatavuus ja laatu olisi korkeatasoista myös ruuhkatilanteissa.

Käyttäjäryhmien ja tarpeiden tunnistamisen lisäksi on syytä selvittää palveluiden paketoimiseen ja jakeluun liittyvien palvelukonseptien ja liiketoimintamallien toimivuutta.

Kevyelle liikenteelle ja kunnossapitäjille tarjottavien sää- ja kelitietopalveluiden luotettavuuden, oikea-aikaisuuden ja tarkkuuden (tarkemmat alueelliset tiedot) kehittämisen lisäksi kannattaa panostaa palveluiden saatavuuteen ja käytettävyyteen sekä tietoisuuden lisäämiseen palveluiden hyödyistä ja liukastumistapaturmien haitoista.

Jalankulkijoiden kelimallin kehittämistyötä kannattaa jatkaa. Sen avulla voidaan parantaa sekä liikkujille että kunnossapitäjille tarjottavien palveluiden laatua sekä hyödyntää palvelua myös mm. terveydenhuollon puolella. Ilmatieteen laitos on jalankulkijoiden kelimallin kehittämisessä kansainvälisen tason edelläkävijä, ja siihen perustuvalla osaamisella ja palveluilla on vientipotentiaalia.

Kunnossapitäjille hyödyllisiä olisivat kelikameroiden sekä sää- ja keliantureiden tuottaman tiedon lisäksi myös ajantasaiset päivitettyt tiedot kevyen liikenteen väylille tehdyistä hoitotoimenpiteistä (mitä ja milloin tehty).

Sää- ja kelitietopalveluiden kehittämisen lisäksi tässä työssä tunnistettiin seuraavat T&K-tarpeet:

- Tilastoinnin kehittäminen liukastumistapaturmien määrien, syiden ja seurausten tarkentamiseksi.
- Sää- ja kelipalveluiden vaikuttavuuden ja hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen kevyen liikenteen talvikunnossapidossa. Tämä edellyttää talvikunnossapidon kustannustietojen parempaa saatavuutta ja kattavuutta (työ- ja materiaalikustannukset).
- Ilmastonmuutoksen vaikutusten arviointi kevyen liikenteen turvallisuuteen ja kunnossapitoon sekä sää- ja kelitietopalveluiden kehittämistarpeiden selvittäminen ilmastonmuutoksen asettamin haasteisiin.

Liite lukuun 4.2

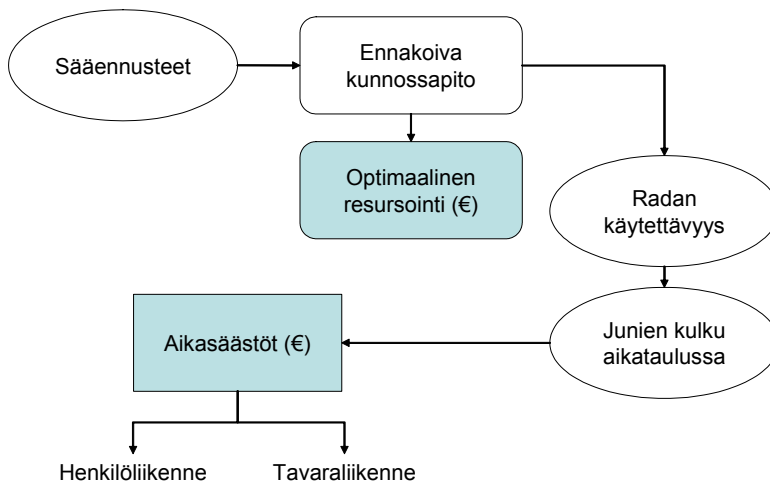
Vuoriaisen et al. (2000) tutkimuksessa käytetty AIS (Abbreviated Injury Scale) -luokiteltujen liukastumis- ja kaatumistapaturmien sovitamisperiaate tieliikenteen henkilövahinkojen yksikköarvojen laskentaperusteena käytettävään luokitukseen.

Vamman vakavuus	AIS-luokitus	Tieliikenteen onnettomuuskustannusten luokitus
1. Lievä	Naarmut, tärähdys, mustelmat, pintahaavat, pienet palovammat (2–10 %), päänsärky lievän aivotärähdyksen merkinä	Tilapäinen lievä vamma
2. Kohtalainen	Syvämmät haavat, leikkaumat, ruhjeet, pieni hermovaurio, lyhyt tiedottomuus aivotärähdyksen merkinä, 10–15 %:n palovammat (2–3 astetta), pienten luiden hyväasentoiset murtumat	Tilapäinen lievä vamma
3. Vakava	Repeämät, suurten luitten murtumat, pienehköt amputaatiot, pienten luiden avomurtumat, yli 1 tunnin tajuttomuus, 15–25 %:n palovammat (2–3 astetta)	Tilapäinen lievä vamma
4. Vaikea	Useat ja suurten luiden avomurtumat, tärkeiden sisäelinten vauriot, raajojen menetykset, 1–24 tunnin tajuttomuus, 25–36 %:n palovammat, selkärankamurtumat ilman selkäydinvammaa, instabiili lantionmurtuma	Tilapäinen vaikea vamma
5. Kriittinen	Vaikea kallonmurtuma ja aivoruhje (yli 24 tunnin tajuttomuus), sisäelinrepeämät (esim. keuhko, maksa, perna, munuaiset), useat pitkien luiden avomurtumat, suurten verisuonten vammat, 35–90 %:n palovammat	Pysyvä vamma
6. Kuolettava	Pään ja aivojen murskaantuminen, aortan täydellinen katkeaminen, sydänrepeämä, sisäelinten murskaantuminen, yli 90 %:n palovammat (2–3 astetta)	Kuollut

4.3 Rautatieliikenne

Yleistä

Rautatieliikenteessä kirjallisuuden ja haastattelujen mukaan suurimmat vaikutukset säätietojen hyödyntämisessä ovat radan kunnossapidossa ja junien aikataulujen pitävyydessä, josta koituu aikasäästöjä matkustajille ja kuljetettavalle tavaralle. Vaikutusmekanismia hahmotetaan kuvassa 4.4.



Kuva 4.4. Meteorologisten tietopalveluiden vaikutusmekanismit rautatieliikenteessä.

Ilmatieteen laitoksen osuus hyötyjen generoimisessa on noin 80 % laitoksen markkinaosuuden mukaisesti palvelutuotantoprosessin eri vaiheissa, mutta tässä mittakaavassa tätä pilkkomista ei ole tehty – muut tekijät tässä arvioinnissa muodostavat paljon suuremman virhelähteen kuin hyötyjyvitys. Täten jäljempänä esitettyjen lukujen voidaan olettaa kuvastavan Ilmatieteen laitoksen tuottamia hyötyjä, muiden toimijoiden roolin ollessa vähäinen.

Seuraavissa laskelmissa on huomioitu pelkästään talvikunnossapidon näkökulma.

Henkilöliikenteen aikasäästöt voidaan laskea käyttäen Tiehallinnon ajokustannusten yksikköhintoja (matkustajien aikakustannus) ja arvioiden, minkä verran aikataulujen pysyvyyttä voitaisiin parantaa vaikuttavammalla säätiedotuksella radanpitäjille. Tavaraliikenteen hyödyt voidaan arvioida vastaavasti, mutta säästyneen ajan arvo tavaralle on vaikeampi arvioida, eivätkä ajokustannusten yksikköarvot anna suoraa vastausta.

Menetelmät

Rautatieliikenteen ja sen asiakkaiden hyötyminen meteorologisista tietopalveluista arvioitiin kirjallisuuden ja haastatteluiden perusteella hahmotettujen vaikutusmekanismien perusteella. Käytettävissä ollut kirjallisuus aiemmista tutkimustuloksista oli hyvin suppea (Smith 1990, Thornes & Davis 2002) eikä sellaisenaan suoraan sovellettavissa Suomeen. Tilastoaineiston (lähinnä VR:n vuosikerromukset) ja vaikutusmekanismien avulla voitiin ajokustannusten yksikköarvoja soveltaen laskea eräitä hyötylukuja, kun haastatteluiden tuella oli tehty oletukset siitä, missä määrin sää tietopalvelulla voidaan vaikuttaa ratojen talvikunnossapitoon, sen resursseihin ja näiden kautta junien aikataulussa pysymiseen.

Haastateltavat henkilöt valittiin vastaajiksi alansa tunnettuina asiantuntijoina ja organisaatioidensa edustajina. Haastattelut tehtiin puhelimitse.

Tulokset – hyödyt sää- ja kelitiedoista

Henkilöliikenne

Smith (1990), Thornes ja Davis (2002) sekä Levo et al. (2004) ovat arvioineet rautatieliikenteen hyötyvän monin tavoin sää- ja kelitietopalveluista. Thornes ja Davis raportoivat, että sää ja keli aiheuttavat noin 20 % rautatieliikenteen myöhästymisistä Yhdistyneessä kuningaskunnassa. Sää- ja kelitietopalveluilla voidaan vaikuttaa lähinnä kunnossapitotoimintojen ennakointiin siten, että vaikeisiin sääolosuhteisiin varaudutaan ajoissa, jolloin esimerkiksi vältytään vaihteiden jäätymiseltä ja vaunu- ja vetokaluston toimintahäiriöiltä. Suomessa tapahtui yli 5 minuutin myöhästymisiä noin 8 %:ssa lähdistä ja saapumisista (VR 2005). Vuonna 2004 VR:n junilla kuljettiin noin 60 miljoonaa matkaa. Matka-ajan keskimääräinen arvo linja-autoliikenteessä matkustajaa kohti oli vuonna 2005 noin 8 €/matkustaja/h (Tiehallinto 2006a). Käyttämällä edellä olevia lukuarvoja voidaan laskea estimaatti sään ja kelin aiheuttamille aikakustannuksille matkustajille:

säästä johtuvien myöhästymisten osuus kaikista myöhästymisistä × yli 5 minuuttia myöhästyneiden lähtöjen ja saapumisten osuus × matkojen määrä × 5 minuuttia (joka minimimyöhästymisaika) × matkustajan aika-arvo

$= 0,2 \times 0,08 \times 60 \text{ milj. matkaa/v} \times 0,083 \text{ h} \times 8 \text{ €/matkustaja/h} \approx 0,63 \text{ M€v.}$

Jos lisäksi oletetaan, että noin puolet säästä ja kelistä aiheutuvista myöhästymisistä voidaan eliminoida tietopalveluilla, jotka mahdollistavat ennakkoinnin kunnossapidossa ja varautumisessa, saadaan estimaatiksi noin 0,3 miljoonaa €/v. Tämä estimaatti on konservatiivinen, sillä arvioitu maksimimyöhästyminen oletettiin 5 minuutiksi (= 0,083 h), vaikka keskimääräinen tilastoitu myöhästyminen on luonnollisesti aina pidempi.

Vuoden 2005 osalta estimaatti oli

- kaukoliikenteen osalta = 0,08 M€
- lähiliikenteessä = 0,08 M€
- eli yhteensä = 0,16 M€

eli selkeästi pienempi potentiaali kuin vuotta aiemmin liikenteen aikataulujen paremman pitävyyden johdosta.

Kokonaisuutena voidaan henkilöliikenteen osalta olettaa säätietopalvelujen potentiaalisiksi hyödyiksi noin 0,2 miljoonaa euroa vuodessa.

Tavaraliikenne

Vuonna 2005 VR Cargon junista 89 % saapui perille 15 minuutin aikarajan sisällä (VR 2006). Tavaraliikenteen volyyymi samana vuonna oli noin 41 miljoonaa tonnia ja liikevaihto noin 330 miljoonaa euroa. Tavararvoa on erittäin vaikea arvioida. Rahdin suuruuteen vaikuttavat kuljetettava matka, tavararvo ja paino, tarvittava vaunu- ja vetokalusto, lastauksen ja purun nopeus ja helppous, mahdolliset siirtokuormaukset, paluukuormien hyödyntäminen, kuljetussopimuksen pituus jne. Luotettava arvio saataisiin esimerkiksi kuljetettavien tavaroiden vaakuutusarvosta. Yksi estimaatti saadaan VR Cargon liikevaihdon kautta: tavararvo on omistajilleen vähintäänkin kuljetuksen arvoinen. Tällöin tavararvo yksikköarvoksi tulisi noin 8 €/tn (= 330/41). Liikenne- ja viestintäministeriön logistiikkaselvityksen mukaan (LVM 2006) kuljetuskustannusten osuus oli Suomessa vuonna 2005 teollisuuden ja kaupan osalta 3–5 % yritysten liikevaihdon arvosta. VR:n pääasiakkaat ovat bulk-tyyppistä tavaraa kuljettavia teollisuusyrityksiä, jolloin tavararvo yksikköarvo on alhainen ja kuljetuskustannusten osuus saattaa olla keskimääräistä korkeampi. Jos oletetaan, että junakuljetuskustannus olisi noin 10 % tavararvosta, tulisi tavararvo yksikköarvoksi 80 €/tn. Tällöin VR:n asiakkaiden maksamat rahtimaksut edustavat kyseessä olevan lastin arvosta noin 10 %:a. Tämä oletus yksikköarvoksi on konservatiivinen eikä ainakaan yliarvioi tavararvoa.

Jos oletetaan pääoman vuotuiseksi tuottovaateeksi 10 %, myöhästyneen tavararan aika-arvo on vähintään

= tavararan yksikköarvo × tavaravolyymi × myöhästyneen tavarakuljetuksen osuus × myöhästymisaika × pääoman kustannus

= 80 €/tn × 41 000 000 tn/v × 0,11 × (10 % × 0,01 d / 360 d) = 1002 €/v.

Tällöin tavararan aika-arvo on merkityksetön sääilmiöiden aiheuttamien myöhästymisten eliminoimisessa. Varsinainen hyöty tulee muualta operatiivisesta toimintaketjusta, kuten tuotantohäiriöiden ja odotusaikojen vähentymisen muodossa. Koko toimitusketjua ajatellen erilaiset tuotantohäiriöt voivat olla ja todennäköisesti ovatkin suuren mittakaavan kustannuksia.

Muut hyödyt ja vaikutukset

Salamavaroituspalvelu

Salamat ja niistä aiheutuvat sähköhäiriöt ohjaus- ja hallintalaitteissa ovat rautatieliikenteen erityisongelma. Rautateiden ohjausjärjestelmät ovat erittäin pitkälle automatisoituja, ja salamoiden aiheuttamat ohjausjärjestelmien käyttökatkokset häiritsevät lähes poikkeuksetta junien sujuvaa kulkua. Salamoiden aiheuttamia haittoja voidaan tehokkaimmin ehkäistä laitesuunnittelulla ja ylikuormitussuojauksilla.

Rautatiet hyötyisivät selkeästi salamavaroitusjärjestelmästä varautumisen ja nopeampien vasteaikojen muodossa, jotka puolestaan muuttuisivat suoraan matkustajien ja tavararan aikasäästöiksi. Salamoiden johdosta henkilöliikenteen myöhästymiset viime vuosina ovat vaihdelleet 5 000 ja 10 000 minuutin välillä vuodessa. Tavaraliikenteellä on parempi toleranssi ohjauslaittevikojen osalta, eikä merkittäviä vaikutuksia ole.

VR ostaa salamavaroituspalvelun Ilmatieteen laitokselta ja maksaa palvelusta noin 10 000 €/v.

Lumimäärän ennustaminen

Radanpidon resurssien joustavampi suunnittelu sekä korjaus- ja kunnossapitotoimenpiteiden ketteryys paransivat erilaisten täsmäsääpalveluiden hyödyntämisellä. Lumisademäärän ennustaminen muutama päivä etukäteen on talvikauden radanpidon suurin haaste. Tällä hetkellä VR hoitaa säätilanteen seurantaan yleisistä

lähteistä ja turvautuu tarvittaessa säätietojen puhelinpalveluun. Toiminta tapahtuu oman toimen ohella liikenteenohjaajien toimesta. Erillisellä sääpalvelulla ei ainakaan tällä hetkellä vaikuteta VR:n omien resurssien käyttöön, toisin sanoen tehokkuussyistä seuranta ei kannata ulkoistaa muille tai ostaa ulkopuolisena palveluna.

Meteorologisten tietojen hyödyllisyys aikajäniteittäin

Taulukossa 4.13 on yhteenvedo meteorologisten tietojen päähyödyistä rautatieliikenteelle niiden aikajäniteen mukaan jaoteltuna. Taulukko perustuu haastattelusta tehtyyn tulkintaan.

Taulukko 4.13. Meteorologisten tietojen hyödyllisyys rautatieliikenteelle niiden aikajäniteen perusteella (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Rautatieliikenne	Historiatieto ja klimatologiset vaikutukset	Ajantasainen tieto ja varoituspalvelut	Vuorokausiennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keskipitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden-aikaennuste (1–6 kk)	Ilmastokenaariot
Radan talvikunnossapito		1	1	3	2		
Ohjauslaitteistojen kunnossapito ja häiriöiden korjaus		3	2	1			

Päätelmät ja suositukset

Raideliikenteen nykyisetkin kokonaissäästöt ovat ainakin edellä kuvattujen hyötyjen suuruiset ottaen huomioon, että laskelmat koskivat vain talvikunnossapidossa saavutettavia hyötyjä. Näin ollen rautatieliikenteen osalta säätietojen nykyisiksi kokonaishyödyiksi voidaan arvioida vähintään 0,3 miljoonaa euroa vuodessa. Tietojen hyödyntämistä voidaan tehostaa, mutta käytännön resurssisuunnittelussa muut tekijät muodostuvat määrääviksi eikä radikaalia suurta (maksimaalista) hyötypotentiaalia ole nähtävissä. Raideliikenteen täysimittainen hyötypotentiaali vuodessa voisi olla noin 0,5 miljoonaa euroa, joka on hyvin konser-

vatiivinen arvio. Hyödyt kohdistuvat pääasiassa henkilöliikenteeseen. Sen sijaan toimitusketjun osana tavaraliikenteen hyödyt voivat olla huomattavasti kuvattua suuremmat, mutta tätä analysointityötä ei tehty⁶.

Asiantuntijahaastattelussa kuvastui selkeästi säätiöiden suuri merkitys operatiivisen radanpidon ja raideliikenteen hoidon suunnittelussa, erityisesti työsuunnittelun yhteydessä, jolloin aikahorisontti on muutamia päiviä. Tällöin varautuminen, työ- ja varallaololistojen laatiminen sekä muu konkreettinen työsuunnittelu hyötyvät eniten. Suunnittelun onnistuessa optimaalisesti realisoituvat säästöt alentuneina kustannuksina. Nimenomaan operaattorit, liikennöitsijät ja radan kunnossapitäjät ovat suurimpia hyötyjiä. Hyödyn realisoitumista on kuitenkin vaikea saavuttaa kohtuullisen alhaisen maksuhalukkuuden vallitessa. Eräs olennainen kysymys onkin se, ovatko muut suunnittelu- ja toteutusprosessit niin pitkälle viritettyjä, että ne voivat todella hyödyntää räätälöityjä täsmäsäpalveluitä.

⁶ Liikennetaloudellisten laskelmien näkökulmasta myös tavaraliikenteen aika-arvot nimenomaan tavaran aika-arvon osalta olisi syytä määrittää. Nykyinen laskentatapa priorisoi henkilöliikenneinvestointeja tai ainakin painottaa henkilöliikenteen suhteellista merkitystä liikaa.

4.4 Vesiliikenne

Yleistä

Meriliikenteen tarpeet ovat vaikuttaneet merkittävästi meteorologisten tietopalvelujen kehittämiseen. Ensimmäisten sääennustepalvelujen kehittämisen lähtökohtana Englannissa, Ranskassa, Saksassa ja Yhdysvalloissa 1800-luvulla oli tarve tarjota laivaliikenteelle ennustetietoja mahdollisista myrskyistä (Craft 2001). Organisoitu havaintotietojen hankkiminen ja välitys lähti käyntiin Krimin sodan (1854–1856) jälkeen, kun oivallettiin, että tulevasta säästä olisi ollut mahdollista saada tietoja ja siten välttää esimerkiksi myrskysään aiheuttamat vahingot (Ilmatieteen laitos 2006e).

Tutkimustuloksia meteorologisten tietopalvelujen hyödyistä vesiliikenteelle on julkaistu vähän, eikä julkaistuista artikkeleista ollut saatavissa Suomen olosuhteisiin hyödynnettävissä olevia arvioita tulosten yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista. Esimerkkinä alan merkittävistä julkaisuista voidaan mainita yhdysvaltalaisen merihavaintojärjestelmän (Ocean Observation System) vaikutuksista kirjoitetut artikkelit, joissa on tarkasteltu laajasti kyseisten järjestelmien toimintaa ja vaikutuksia (Dumas & Whitehead 2004, Kite-Powell et al. 2002).

Meriliikenteen toimijat hyödyntävät eri palveluntarjoajien meteorologisia tietopalveluja. Lisäksi osalla toimijoista on omia havaintojärjestelmiä. Tässä selvityksessä tarkastellaan ensin yleisesti meteorologisten tietopalvelujen vaikuttavuutta meriliikenteeseen erottelematta, kuka tietopalvelun on tuottanut. Tämän jälkeen tarkastellaan Ilmatieteen laitoksen toiminnan osuutta yhteiskuntataloudellisesta vaikuttavuudesta.

Menetelmät

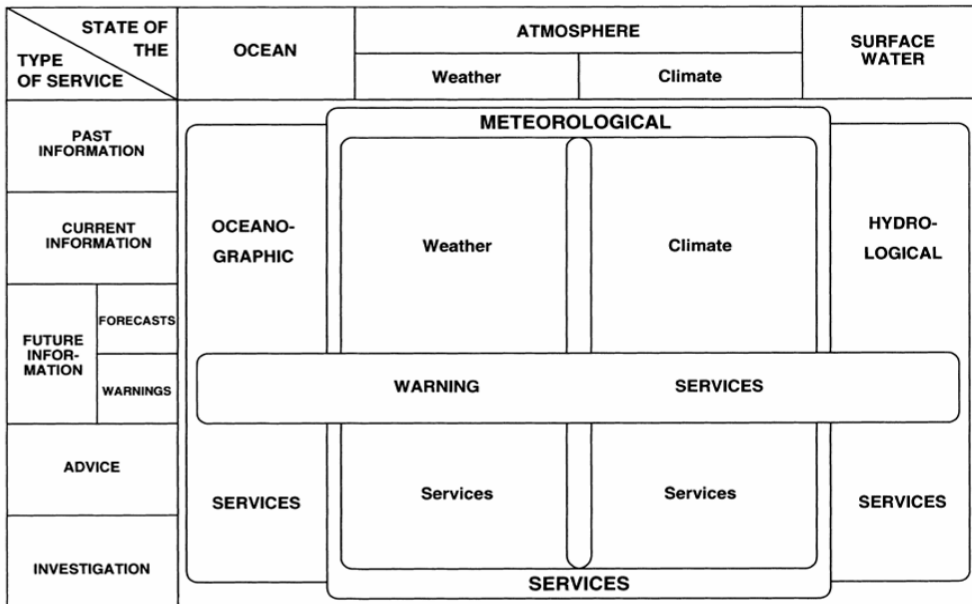
Työn aineisto kerättiin kotimaiseen ja kansainvälisesti julkaistuun aineistoon pohjautuvan kirjallisuustutkimuksen sekä Suomessa eri toimijoille tehtyjen asiantuntijahaastatteluiden avulla. Koska aihetta käsitteleviä artikkeleja oli vähän, korostui asiantuntijahaastatteluiden rooli vaikutusmekanismien ja vaikutusten suuruuden määrittämisessä.

Meteorologisten palveluiden taloudellisten hyötyjen arviointiin on esitetty neljää eri menetelmää (Freebairn & Zillman 2002a). Näistä vesiliikenteen arviointiin tässä tutkimuksessa katsottiin parhaiten voitavan soveltaa menetelmää, jossa sel-

vitetään tietopalvelujen hyödyntäminen tiedon käyttäjien päätöksentekoprosesseissa (Descriptive behavioural response studies). Tämä toteutettiin haastatteleamalla asiantuntijoita henkilökohtaisesti ja puhelimitse. Haastatteluissa selvitettiin, mitä tietoa ja mistä lähteestä käytetään, mihin päätöksentekoon tieto vaikuttaa, miten tieto vaikuttaa ja mitä hyötyjä seurauksena arvioidaan saavutetun. Haastatteluja täydennettiin edelleen tilastotiedoilla, erityisesti tarkasteltaessa meteorologisten palveluiden vaikuttavuutta onnettomuustilanteisiin ja määriteltäessä saavutettavien hyötyjen taloudellisia arvoja. Kerättyjen tietojen pohjalta vaikuttavuutta arvioitiin neljällä eri osa-alueella: henkilöturvallisuus, ympäristö, materiaali ja talous. Haastateltavien toimintaa ja päätöksentekoa tarkasteltiin haastattelujen tueksi laaditun osa-alue toiminto/meteorologinen palvelu -haastattelurungon avulla.

Haastateltavien tahojen valinta perustui tavoitteeseen tunnistaa monipuolisesti eri vesiliikenteen toimijoiden savuttamat hyödyt ja muissa selvityksissä tehtyihin havaintoihin (Kite-Powell et al. 2005, Dumas & Whitehead 2004, Kite-Powell & Colgan 2001), joissa on meriliikenteen osalta tarkasteltu meteorologisten palvelujärjestelmien hyötyjä merikuljetuksiin, meripelastukseen ja öljyntorjuntaan. Haastatellut edustivat erityyppisiä suomalaisia varustamoja (Finnlines, Neste Shipping ja Silja Line), viranomaisia (Rajavartiolaitos ja Suomen ympäristökeskus) ja palveluntarjoajaa (Varustamoliikelaitos). Rajavartiolaitos vastaa Suomessa meripelastuksesta ja Suomen ympäristökeskus (SYKE) öljyntorjunnasta. Haastattelujen täydentämiseksi tietoa kerättiin myös Ilmatieteen laitoksesta, vakuutusyhtiöltä ja vakuutusyhtiöiden kattojärjestöiltä (Pohjola, Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto VAKES ja The Central Union of Marine Underwriters Norway CEFOR). Jälkimmäisen avulla saatiin käyttöön tilastotietoja CEFORin yhteisestä tietokannasta (The Norwegian Marine Insurance Statistics, NOMIS).

Meteorologisten palveluiden hyödyntämiseen käytettyjä menetelmiä arvioivassa artikkelissa (Freebairn & Zillman 2002a) on meteorologiset palvelut jaettu viiteen eri ryhmään (kuva 4.5). Nämä tiedot jaetaan yleisesti vielä World Meteorological Organisationin (WMO) määrittelemiін kahteen alaluokkaan: meteorologisiin peruspalveluihin ja erikoispalveluihin (WMO 1990). Tässä työssä tarkasteltiin vesiliikenteen saamien perus- ja erikoispalvelujen vaikuttavuutta historia-tietoihin, nykytilanteeseen ja ennusteisiin perustuvien palvelujen osalta. Palvelut jaoteltiin viiteen eri aikajänteeseen.



Kuva 4.5. Meteorologisiin palveluihin ja niiden kohdealueisiin perustuva palvelujen luokittelu (Freebairn & Zillman 2002a).

Tulokset

Henkilöturvallisuus

Meteorologisten palveluiden vaikuttavuutta henkilöturvallisuuteen tarkasteltiin vaikutuksina matkustajien ja henkilökunnan henkilöturvallisuuteen, väsymiseen, meripelastukseen ja henkilöstön tarpeeseen. Väsyminen edustaa eri tason asiakokonaisuutta kuin muut tarkastellut asiat. Väsyminen on erittäin suuri riskitekijä turvallisuuskriittisissä toiminnoissa, kuten navigointi tai ihmishenkien pelastus, ja siksi se esitetään omana kokonaisuutenaan.

Henkilöturvallisuuden lisäksi meteorologisilla tietopalveluilla on vaikutusta myös ympäristön, itse liikennevälineen eli aluksen ja sen kuljettaman lastin ja merikuljetustoiminnan turvallisuuteen, mutta nämä turvallisuuteen kohdistuvat vaikutukset on huomioitu osana näitä asiakokonaisuuksia käsitteleviä lukuja (luvut Ympäristö, Materiaali ja Talous).

Suomessa tapahtuu vuosittain noin 1 700 meripelastustehtävää, joiden toteuttamiseen Rajavartiolaitos osallistuu. Näistä suurin osa on veneilyonnettomuuksia

ja noin 6 % on määritelmän mukaan säästä johtuvia. Asiantuntija-arvion mukaan onnettomuuksia olisi kolmannes kokonaismäärästä enemmän, jos veneilijöillä ei olisi käytettävissään meteorologisia palveluja. Lisäksi nykyisin tapahtuvia, säästä johtuvia onnettomuuksia voitaisiin haastateltujen mukaan jonkin verran edelleen estää tehostamalla meteorologisten tietojen ja erityisesti varoitusten välittämistä veneilijöille. Lisähyötyjä saavutettaisiin erityisesti pienveneilyssä ja veneilyssä sisävesillä. (Hanan & Leppänen 20.4.2006.)

Suomessa tapahtuu vuosittain noin 200 hukkumiskuolemaa ja näistä 50–60 veneonnettomuuksissa (Sisäasianministeriö 2004). Veneilyonnettomuuksissa, joissa merkittävänä tekijänä on säätila, kuolee vuosittain yksi kaksi henkilöä. Näissä tapauksissa kuolinsyy ei aina ole hukkuminen. Asiantuntija-arvion mukaan säästä johtuvien kuolonuhrien määrä meri- ja sisävesialueilla olisi 10–20 henkilöä enemmän jos veneilijöillä ei olisi käytettävissään meteorologisia tietopalveluja (Hanan & Leppänen 20.4.2006). Asiantuntijoiden mielestä tämä on konservatiivinen arvio. Meteorologiset tietopalvelut vaikuttavat siis erittäin merkittävästi veneilijöiden turvallisuuteen. Jos arvioidaan, että tietopalveluilla kyetään säästämään vuosittain edellä mainitut 10–20 ihmishenkeä ja ihmishengen arvona pidetään 1,752 miljoonaa euroa (Tiehallinto 2006b), on tästä syntyvä taloudellinen hyöty

$$10 \times 1\,752\,000 \text{ €} = 17\,520\,000 \text{ €}; 20 \times 1\,752\,000 \text{ €} = 35\,040\,000 \text{ €}.$$

Meteorologisten tietopalvelujen avulla mahdollisesti säästettyjen ihmishenkien arvo on siis 17,5–35,0 miljoonaa.

Meteorologisten palveluiden avulla meripelastustehtävien suunnittelussa ja toteutuksessa voidaan huomioida ennustetut olosuhteet ja näin parantaa pelastettavien henkilöiden turvallisuuden lisäksi myös *pelastushenkilöstön turvallisuutta*. Lisäksi sääolosuhteiden muuttuessa sellaisiksi, että meripelastus arvioi onnettomuusriskin kasvaneen, luodaan tiedon perusteella valmiudet tehokkaaseen toimintaan mahdollisessa onnettomuustilanteessa. Alusten päälliköt varmistavat, että henkilökunta on ehtinyt levätä ennen olosuhteiden muuttumista ja meripelastukseen käytettävät resurssit on sijoitettu tunnistetun riskin mukaisesti.

Matkustajien laivamatkan aikaista *turvallisuutta* voidaan parantaa tiedottamalla heille tulevasta säästä ja sen mahdollisesti aiheuttamista vaaroista. Huonoihin sääolosuhteisiin voidaan varautua, ja henkilökunta voi tarvittaessa opastaa matkustajia toimimaan turvallisesti. Turvallisuutta lisää myös hyvissä ajoin tapahtuva potentiaalisten vaarapaikkojen sulkeminen (liukastumis- tai kaatumisvaara).

Henkilökunnan turvallisuus paranee, kun vallitsevien ja ennustettujen olosuhteiden perusteella käynnistetään toimia vahinkojen ehkäisemiseksi sekä kiinnitetään huomiota oman toiminnan turvallisuuteen. Matkustajalaivoissa henkilökunnan tiedottaminen on tärkeää myös siksi, että juuri se vastaa matkustajien kysymyksiin, rauhoittelee ja neuvoo, miten toimia.

Ympäristö

Meteorologisten tietopalvelujen hyödyistä meriliikenteen negatiivisten ympäristövaikutusten ehkäisemisessä on selkein osoitus tietojen käyttö *onnettomuuksien* seurauksena syntyneiden ja tahallisten öljypäästöjen *torjuntaan*. *Tuuli- ja aallok-*otietoja ja -ennusteita käytetään öljypäästöjen leviämisen arviointiin ja arvioitun leviämisen perusteella tehdään päätökset torjuntatoimien toteutuksesta. Arvion perusteella määritellään öljyvuomien laskentapaikka sekä ajankohta, jolloin puomeihin kasaantunut öljy kerätään pois puomeista. Luotettavien ennusteiden perusteella voidaan puomit sijoittaa siten, että mahdollisimman suuri osa mereen päässeestä öljystä kulkeutuu puomeja kohti. Puomit toimivat kokoajina, joista öljy on kerättävä pois. Puuttuva tai virheellinen säätieto voi heikentää torjuntatoimien tehokkuutta, pahentaa ympäristövahinkoja ja aiheuttaa merkittäviä taloudellisia tappioita. Esimerkkeinä voidaan mainita tilanteet, joissa virheellisen tai puuttuvan sääennusteen takia öljyvuomi sijoitetaan väärin ja öljy pääsee ajautumaan rannoille tai öljyvuomeihin kerääntynyttä öljyä ei kerätä pois operaation edetessä, koska tuulen voimistumista ei ole ennustettu. Jos tuuli nousee ennakoimattomasti, jo puomeihin kertynyt öljy voi tuulen vaikutuksesta levitä takaisin mereen. (Haapasaari 11.5.2006, Pirttijärvi 14.6.2006.)

Onnettomuuksien ja muiden häiriötilanteiden seurauksena mereen joutuu myös muitakin *vaarallisia aineita*. Minkä tahansa *vaarallisen lastin jouduttua mereen* tarvitaan sen poistamisen suunnitteluun ja toteutukseen tietoja vallitsevista ja ennustetuista sääolosuhteista. Meteorologisia tietoja tarvitaan myös laadittaessa tiedotuksia ja varoituksia tapahtuneesta väestölle.

Asiantuntija-arvioiden mukaan meteorologisten tietopalveluiden merkitys öljyn ja muiden vaarallisten aineiden torjunnassa on suuri. Suomen aluevesillä on tilastojen mukaan tapahtunut viimeisen 36 vuoden aikana onnettomuuksien seurauksena keskimäärin 1,1 öljypäästöä vuodessa. Suomessa öljyntorjunnasta aavalla merellä vastuussa olevan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ylläpitämän tilaston perusteella keskimääräisen öljypäästön suuruus on ollut 232 tonnia eli noin 232 000 litraa. SYKEN toteutuneisiin torjuntakustannuksiin perustuvan

vuoden 2006 arvion mukaan öljylitran kerääminen suoraan onnettomuusalueesta (pumpataan aluksen tankista) maksaa 0,5 euroa, kerääminen merestä 5 euroa ja rannalta 100 euroa tai enemmän (Pirttijärvi 14.6.2006). Arvion (Haapasaari 11.5.2006) mukaan säätietojen käyttö öljyntorjunnan suunnittelussa ja toteutuksessa on edellytys sille, että onnettomuustilanteissa pystytään keräämään merestä päässeestä öljystä (232 000 litraa). Estämällä tämän öljymäärän ajelehtiminen rannoille voi suomalaisen arvion mukaan syntyä vuosittain seuraavasti säästöä:

$$1,1 \times (0,5 \times 232\,000) \times (100 \text{ €/l} - 5 \text{ €/l}) = 127\,600 \text{ l} \times 95 \text{ €} = 12\,122\,000 \text{ €}.$$

Syntyneen säästön arvioidaan siis olevan 12,1 miljoonaa euroa.

Vertailutietona mainittakoon, että erään meteorologisen tietojärjestelmän (Coastal Ocean Observing Systems) vaikuttavuutta Yhdysvalloissa, Mainen alueella arvioivassa tutkimuksessa (Kite-Powell & Colgan 2001) todettiin, että meriliikenteeseen ja merellä liikkumiseen liittyviä potentiaalisia hyötyjä saavutettaisiin järjestelmällä yli 33 miljoonan dollarin arvosta (taulukko 4.14). Mainen väkiluku on noin 1,275 miljoonaa, ja yksi sen tärkeimpiä teollisuudenaloja on laivanrakennus. Osavaltion tärkein satamakaupunki on Portland, joka on suurin ulkomaankaupan tuontisatama Yhdysvalloissa ja itärannikon suurin öljysatama. Vertailtaessa Mainessa meteorologisella tietojärjestelmällä saavutettavia hyötyjä ja Ilmatieteen laitoksen palveluilla saavutettavia hyötyjä on huomioitava, että laivaliikenne Mainen merialueilla on huomattavasti vähäisempää kuin laivaliikenne Suomessa. Arvio (taulukko 4.14) perustuu vuoden 2000 tietoihin, joiden perustella Mainen lahdella liikkui 3 967 alusta ja yhden aluksen kulku alueen läpi kesti noin kaksi vuorokautta (Kite-Powell & Colgan 2001). Samana vuonna Suomen lähivesillä ja Ilmatieteen laitoksen palveluiden saavutettavissa kulki yli kymmenkertainen määrä. Vuonna 2000 kävi pelkästään Suomen satamissa 37 604 alusta. Turismi, vapaa-ajan veneily ja kalastus ovat tärkeitä Mainessa, mutta on epävarmaa, onko niiden taloudellinen merkitys suurempi kuin Suomessa.

Taulukko 4.14. Yhteenveto arvioiduista hyödyistä Mainen alueella (Kite-Powell & Colgan 2001).

Application	Nature of benefit	Annual potential benefits (\$million)
Search and rescue	lives saved*	24
	reduced operating costs	?
Pollution mitigation	oil spills**	0.75
	other	?
Commercial fisheries	improved weather information	?
	improved management***	4
	aquaculture	?
Recreation	additional recreational fishing days****	4
	improved weather information	?
Maritime transportation	lower vessel operating costs*****	0.5
Total		33+

* based on improved SAR effectiveness from 93% to 94% success

** based on 10 year average annual oil spill costs

*** based on 1 additional fishing day per year for shellfish and finfish

**** based on 1% increase in recreational fishing trips

***** based on 5% savings in annual operating costs

Materiaali

Tarkasteltaessa meteorologisten tietopalveluiden vaikutusta materiaaleihin on vaikutuksen kohteena oleva materiaali joko alukseen itseensä tai sen lastiin liittyvää materiaalia. Saavutettavat hyödyt liittyvät materiaalin vahingoittumisen ehkäisemiseen tai huolto- ja kunnossapitotöiden toteutukseen ja niiden ajoituksen optimointiin.

Aluksen materiaaliin liittyvät vaikutukset konkretisoituvat vaikutuksina mahdollisuuksiin välttää runko-, koneisto- ja laitevaurioita. Aluksen laitteiden säästä johtuvat häiriöt (navigointilaitteet: tiedon laadun heikkeneminen, vikaantuminen) ovat yleisiä aluksilla, mutta asiantuntija-arvioiden mukaan meteorologisilla tietopalveluilla ei nähty olevan vaikutusta häiriöihin tai niiden ennakointiin. Aluksilla saavutetaan säästöjä kunnossa- ja ylläpitokustannuksiin sisäisistä aikasäästöistä ihmistyössä ja koneiden ja laitteiden käyttöajoissa. Nämä säästöt aikaansaavat säästöjä myös muissa alan organisaatioissa parantuneen toimintavalmiuden ja vähentyneiden vaurioiden muodossa. Meriliikenteessä luotettavien

sääennusteiden perusteella on mahdollista suorittaa muuten seisokkia vaativia huolto- ja kunnossapitotöitä normaalin operoinnin puitteissa.

Materiaalivahinkoja pystytään erityisesti välttämään tietopalvelujen avulla tilanteissa, joissa alusta ohjailtaan lähellä kiinteitä rakenteita, esimerkiksi aluksen laituroinnissa, kiinnityksessä ja irrotuksessa. Ennusteiden perusteella ennakoidaan tarve käyttää hinaajaa tai hinaajia tai tarve lisätä aluksen kiinnitysköysien määrää. Aikasäästöjä ei välttämättä saavuteta, mutta vaurioita voidaan ehkäistä. Aluksen irtoaminen laiturista voi aiheuttaa runko-, lastuslaite- ja lastivaurioita. Jäätämisen ennakoimisella saavutetaan turvallisuuden paranemista vältettäessä voimakkaasta jäätämisestä seuraavat aluksen vakavuusongelmat, ehkäistään materiaalivahinkoja ja saavutetaan aikasäästöjä (lastaus- ja purkausvalmiuden varmistaminen).

Meteorologista tietoa käytetään myös laivanrakennuksessa. Laivat rakennetaan siten, että niillä voidaan palvella asiakkaita luotettavasti, ja tämä tarkoittaa myös aluksen kohtaamien sääolosuhteiden huomioimista. Erityisesti sääolosuhteiden vaikutukset huomioidaan matkustaja-alusten suunnittelussa.

Aluksen rahtina kuljettamaan lastiin liittyviä vaikutuksia ovat pääasiassa vaikutukset, jotka syntyvät, kun lasti kiinnitetään ja sijoitetaan meteorologisten tietojen perusteella siten, että lastivahingoilta vältyttäisiin. Vältettävät vahingot muodostuvat kiinnityksen osalta lastin vahingoittumisesta sen irrotessa ja sijoittelun osalta esimerkiksi lastien reagoimisesta keskenään tai vahingollisesta jäätymisestä tai lämpenemisestä. Hyödyntämällä meteorologisia tietoja vältetään vuosittain lukuisia lastivahinkoja, mutta sääolosuhteet tai niiden huomioimatta jättäminen myös aiheuttavat lastivahinkoja. Näiden vahinkojen lukumäärää ja niistä seuranneita tappioita ei arvioida tässä selvityksessä. Lastivahingoista ei ole saatavissa tilastoja, joista kävisivät ilmi vahinkoon johtaneet tekijät ja aiheutuneet taloudelliset tappiot (Soronen-Ojanen 12.4.2006, Ojala 27.3.2006). Vahingoista seuranneet tappiot ovat hyvin erisuuruisia, sillä yhdessä lastiyksikössä tai lastialustalla (kontti, traileri, lautta- tai junavaunu jne.) kuljetetun lastin arvo vaihtelee tuhansista euroista miljooniin euroihin. (Puuta sisältävän lastiyksikön arvo voi olla 1 000 euroa, kun taas vastaavasti tietokoneita sisältävän yksikön arvo voi olla yli 2 miljoonaa euroa.). Eräässä varustamossa lastivahinkoja oli lähivuosina tapahtunut kaksi, joista toisen aiheuttamat tappiot olivat 15 000 euroa ja toisen 200 000 euroa.

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen (Dumas & Whitehead 2004) mukaan arvioidulla säätietopalvelulla voidaan vähentää 1 % karilleajoista. Tämä arvio vastaa haastatteluissa saatuja asiantuntija-arvioita. Suomessa on viimeisen 36 vuoden aikana tapahtunut vuosittain keskimäärin 25,5 karilleajoa, joista syntyneet kustannukset vaihtelevat onnettomuuden vakavuudesta riippuen (Reunanen & Jalonen 1997, Merenkululaitos 2006a). Kustannuksista ei kuitenkaan ole saatavissa tilastotietoa. Kite-Powell et al. (1997) esittivät Yhdysvalloissa tapahtuneiden erityyppisten karilleajojen kustannuksia, mutta näiden arvioiden hyödyntäminen Suomen aluevesillä tapahtuneisiin onnettomuuksiin ei ole perusteltua merialueiden erilaisuuden takia. Meteorologisten tietopalveluiden avulla.

Suomessa saatavien kustannussäästöjen suuruusluokan arvioimiseksi käytettiin norjalaisten merivakuutusyhtiöiden NOMIS-tilastoja (Norwegian Marine Insurance Statistics). Tilastojen mukaan vuosina 2000–2004 norjalaisten vakuutusyhtiöiden korvaamien vahinkojen lukumäärästä (keskimäärin 1 662 vahinkoa/v) ja kokonaiskustannuksista 4 % aiheutui kovasta säästä. Näiden vahinkojen kustannukset ovat vaihdelleet noin 1 000 eurosta yli 5 000 euroon per vakuutettu alus. (CEFOR 2006, NOMIS 2006.)

Vuonna 2004 kovasta säästä aiheutuneiden onnettomuuksien kustannukset nousivat ja olivat 7 % kokonaiskustannuksista. Kovan sään aiheuttamasta vauriosta maksettu korvaus per vakuutettu alus oli noin 5 000 euroa ja vahinkoja 7 % kaikista korvausvaatimuksista (2 042 korvausvaatimusta) (CEFOR 2006, NOMIS 2006). Norjalaiset merivakuutusyhtiöt maksoivat vuonna 2004 erityyppisiä korvauksia yhteensä noin 625 miljoonaa euroa, joista korvauksia säävahingoista oli yhteensä $0,07 \times 625\,000\,000$ euroa = 43 750 000 euroa. Norjalaisten merivakuutusyhtiöiden näkökulmasta kyseessä on siis merkittävä korvausryhmä.

Arvioitaessa Suomessa saavutettavia kustannussäästöjä norjalaisten tilastojen avulla tässä tutkimuksessa käytetään vuoden 2004 lukuja, koska ne vastaavat paremmin nykyistä tilannetta ja todennäköistä trendiä kuin vanhemmat luvut (ilmastonmuutoksen aiheuttamat sääilmiöt). Suomen kauppalaivastoon (kotimaan- ja ulkomaanliikenteen alukset) kuului vuonna 2006 yhteensä 642 alusta (Merenkululaitos 2006b). Jos näiden alusten ajatellaan saaneen vahinkoja kovasta säästä samassa suhteessa kuin norjalaisten vakuutusyhtiöiden vakuuttamien alusten eli

$0,07 \times 2\,042$ korvausvaatimusta / 8 751 alusta = 0,016 korvausvaatimusta/alus,

niin Suomen kauppa-aluksien osalta tämä merkitsisi, että vahinkojen vuosittain aiheuttamat kustannukset, jotka olisi mahdollista estää meteorologisilla tietopalveluilla, olisivat keskimäärin

$$642 \text{ alusta} \times 0,016 \text{ korvausvaatimusta/alus} \times 5\,000 \text{ €} = 51\,360 \text{ €}.$$

Norjalaisten tilastoista johdetun olettamuksen perusteella karilleajojen ehkäisemisestä saatavat kustannussäästöt eivät siis ole merkittäviä.

Meteorologisilla tietopalveluilla voidaan ennakoida olosuhteita, joissa alus ja sen kuljettama lasti voivat vahingoittua. Niiden lisäksi myös muun merikuljetuksiin liittyvän kaluston vahingoittumista voidaan ehkäistä. Esimerkkinä mainittakoon, että aiemmin salamat vaurioittivat usein Rajavartiolaitoksen laitetornien laitteita. Yhdestä vaurioista aiheutui keskimäärin 10 000 euron kustannukset (Hanan & Leppänen 20.4.2006). Nykyisin salamahavainnoista saatavien varoitusten avulla on pystytty täysin estämään vahinkojen tapahtuminen. Tietopalveluilla saavutettavaksi potentiaaliseksi säästökseksi voidaan arvioida yhden vuosittaisen vaurion ehkäiseminen.

Meripelastustoimen yksiköt käyttävät säätietao mahdollisten vaaratilanteiden tapahtumistodennäköisyyden muutosten arviointiin ja siitä seuraavien järjestelyiden toteuttamiseen (kalustojen sijoittelu, muiden töiden käynnistäminen jne.) sekä itse onnettomuustilanteessa pelastusoperaatiossa käytettävän kaluston ja menetelmien valintaan, pelastusoperaation suunnitteluun ja lisäresurssien hälyttämistarpeen arviointiin. Esimerkiksi mahdollisia onnettomuuden jälkeisiä lisävahinkoja voidaan vähentää, kun karille ajaneen aluksen irrotusta joko aikaistetaan tai lykätään sääennusteiden perusteella operaatiolle suotuisampaan ajankohtaan. (Hanan & Leppänen 20.4.2006.)

Tukin uittojen määrä on vähentynyt muiden kuljetusmuotojen korvatussa sen. Nykyinen vuosittainen uittomäärä on noin 60 000 nippua. Näistä uittoissa särkyä vain 0,5–1,0 promillea, josta seuraava taloudellinen menetys on noin 20 000–30 000 euroa vuodessa. Nämä tukit voivat aiheuttaa venevahinkoja, mutta vahingoista vaadittavien korvausten suuruutta on vaikea arvioida. Jos uittojen suunnittelijoilla tai niitä toteuttavien hinaajien henkilöstöllä ei olisi käytettävissä sääennusteita, voidaan arvioida, että vuosittain tapahtuisi kaksi suurempaa lauttavahinkoa, joissa kummassakin särkyisi noin 100 tukkinippua. Edellä esitetyn oletuksen perusteella menetyksien arvo nelinkertaistuisi eli kasvaisi 100 000 euroon vuodessa. On kuitenkin luultavaa, että mikäli vahinkojen määrä olisi nykyisen 0,5–1,0 promillen sijasta 2,5–5 promillea uittomäärästä, hävikin suuruus

vaikuttaisi kuljetusmuotovalintoihin ja uiton puumäärä pienenesi nykyisestä runsaan yhden miljoonan kuutiometrin tasosta noin 10–20 prosenttia ja edellä arvioitu hyöty pienenesi samassa suhteessa. (Lallukka 31.8.2006.)

Talous

Jokainen meripelastus- ja etsintätehtävä, oli se aiheellinen tai aiheeton, aiheuttaa kustannuksia. Esimerkkinä säästä johtuvasta onnettomuudesta voidaan mainita tilanne, jossa sää muuttuu yllättäen merkittävästi ennustetusta (sumu tai kova ukkonen, vesisade tai tuuli). Yksi veneilyonnettomuus aiheuttaa Rajavartiolaitokselle kustannuksia seuraavasti:

Aikaa pelastustehtävään kuuluu keskimäärin 3,5 h/tapaus (vuosikeskiarvo). Joissakin tapauksissa joudutaan aluskaluston lisäksi käyttämään myös ilma-aluksia. Pelastustapahtuman kustannusten voidaan karkeasti arvioida olevan keskimäärin 7 000 euroa. Arviota pidettiin varovaisena muun muassa siksi, että huonolla säällä pelastustehtävän toteuttaminen on hitaampaa ja vaikeampaa ja jo pelkkä siirtyminen onnettomuuspaikalle vie enemmän aikaa. Kustannussäästöä meteorologisista tietopalveluista muodostuu meripelastustehtävien kokonaismäärän pienemisestä 2 prosentilla eli meripelastustehtäviä jää tapahtumatta: $2\% \times 1\,700$ meripelastustapahtumaa = 34 meripelastustapahtumaa. Näistä saadaan kustannussäästöjä 34 meripelastustapahtumaa $\times 7\,000$ euroa/tapahtuma = 238 000 euroa eli noin 0,24 miljoonaa euroa. (Hanan & Leppänen 20.4.2006.)

Meteorologisilla tietopalveluilla on merkittävä vaikutus aluksen aikataulunmuokaisen liikennöinnin varmistamiseen. Osa aluksista voi huomioida reitillään kohtaamat olosuhteet kulkunopeudessa matkan eri osilla tai muuttamalla reittiään. Meteorologisten tietojen vaikuttavuutta kuljetusreittien suunnitteluun (ml. liikenteen käynnistäminen, aikataulujen suunnittelu jne.) ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu. On kuitenkin oletettavaa, että ainakin historiatietoja käytetään välillisesti uusien kuljetusreittien aikataulujen suunnitteluun ja näille reiteille rakennettavien uusien laivojen kuljetuskoneiston tehovaatimusten määrittelyyn. Kilpailu merikuljetuksista on tällä hetkellä niin kovaa, että toiminnan kannattavuutta ei pystytä parantamaan rahtihintoja nostamalla. Varustamo voi parantaa tulostaan ainoastaan parantamalla oman toimintansa taloudellisuutta, ja meteorologisen tiedon hyödyntäminen on osa tätä taloudellisen toiminnan kehittämistä (Putus et al. 24.4.2006).

Vaikuttavuus aluksen yhden matkan reitinvalintaan on riippuvainen siitä, miten paljon reittiä voi vaihtaa. Osa aluksista liikkuu pääasiassa saaristossa, jossa reittivaihtoja on hyvin vähän. Avomerellä tilanne on toinen, mutta Itämerikään ei tarjoa suuria mahdollisuuksia reittimuutoksiin. Osalle alusliikenteestä sääätietojen perusteella tehdyt reittimuutokset tuottavat kuitenkin Itämerenkin alueella säästöjä polttoainekustannuksissa. Erityispiirteinä reittimuutoksissa ovat lisäksi alukset, joiden on vallitsevien olosuhteiden ja ennusteiden perusteella jopa mahdollista vaihtaa käynnissä olevan matkan määräsatamaa (Fagerström 28.4.2006). Osalle Itämeren ulkopuolelle suuntaavista laivoista on aikataulun pitämisen kannalta tärkeä reittivaihtoehto käyttää Tanskan salmien sijasta Kielin kanavaa (Penttilä 28.4.2006, Putus et al. 24.4.2006). Päätös käytettävästä reitistä tehdään hyvissä ajoin, ja se perustuu sääennusteeseen. Kanava valitaan kovilla tuulilla, koska se on nopea vaihtoehto, mutta erittäin kallis. Toisaalta kiertäessään Tanskan alus joutuu huonossa säässä alttiiksi tuulille, jotka hidastavat sen kulkua, matkaan kuluva aika lisääntyy ja polttoaineen kulutus kasvaa. Tällöin kanava tulee kokonaistaloudellisesti edullisemmaksi. Jos sääennuste ei ole luotettava eikä tuuli yllykään myrskyksi, kanavan käytöstä aiheutuu vaihtoehtoreittiin nähden enemmän kuluja.

Valtameriliikenteen onnistuneella reittivalinnalla voidaan saavuttaa merkittäviä polttoaine- ja aikasäästöjä. Reittien suunnittelussa käytetään tähän tarkoitukseen räätälöityjä *weather routeing* -sääennusteita, mutta Suomessa näitä palveluja ei tuoteta. *Weather routeing* -sääennusteiden laatimiseen on erikoistunut useita suuria kansainvälisiä palveluntarjoajia. (Penttilä 28.4.2006, Putus et al. 24.4.2006.)

Reittimuutosten lisäksi on joidenkin alusten mahdollista optimoida nopeutensa ja näin myös polttoainekulutuksensa tuuliennusteiden perusteella. Näillä aluksilla on yleensä tehokkaat ajokoneistot ja melko tiukaksi suunniteltu aikataulu. Kuten jo aiemmin todettiin, ennusteiden avulla pyritään esimerkiksi ennakoimaan tulevat tuulet siten, että mahdollisimman suuri osa matkasta olisi mahdollista ajaa aluksen optimikulutuksella. Esimerkiksi Etelä-Itämeri on merkittävästi matalampi merialue kuin pohjoisosa, ja veden mataluuden aiheuttama *squat*-ilmiö hidastaa aluksen nopeutta matalassa vedessä. Helsingistä Itämeren eteläosiin aikataulun mukaisessa liikenteessä oleva alus voi sääennusteiden perusteella suunnitella merimatkan eri osissa käytettävän nopeuden siten, että polttoainetta kuluu mahdollisimman vähän, mutta alus saapuu silti aikataulun mukaan perille. Esimerkkialukselta kuluu yhdensuuntaisen merimatkan aikana sääolosuhteista riippuen 60–115 tonnia polttoainetta (Putus et al. 24.4.2006). Ennakoimalla sääolosuhteet sen on joissakin tilanteissa mahdollista säästää 20 tonnia polttoainetta

(säästö noin 7 500 euroa) (Penttilä 28.4.2006, Putus et al. 24.4.2006). Jos ainoastaan haastatellun varustamon 40 laivaa saavuttavat tällaisen säästön kukin yhdellä merimatalla, on kokonaissäästö vuositasolla jo 300 000 euroa. Koko suomalaisen kauppalaivaston osalta säästöt ovat tietysti merkittävämpiä. Kyseinen varustamo käyttää myös muiden valtioiden lippujen alla purjehtivia aluksia. Vuoden 2006 alussa Suomen ulkomaanliikenteen kauppa-alusluetteloon oli merkitty 115 alusta (Merenkulkulaitos 2006b). Jos näiden alusten arvioidaan saavuttavan edellä kuvattu polttoainesäästö vain yhdellä merimatalla vuodessa, syntyy säästöä

$$115 \times 7\,500 \text{ €} = 862\,500 \text{ €} \text{ eli noin } 0,9 \text{ miljoonaa euroa.}$$

Meteorologisilla tietopalveluilla pystytään parantamaan erityisesti avustettavien alusten turvallisuutta ja jäänmurron tehokkuutta. Tuulen vaikutuksesta jäät liikkuvat ja muodostavat sekä aluksille helppokulkuisia railoja jäihin että toisaalle vaikeakulkuisia jäiden ahtautumia. Jäänmurtajat hyödyntävät tietopalveluja aluksille ilmoitettavien reittien suunnittelussa ja niiden oman toiminnan ja reittien suunnittelussa. Tuuliennusteen avulla jäänmurtaja saattaa esimerkiksi valita avustuseitiksi satamaan reitin, joka on pituudeltaan pidempi kuin suora reitti satamaan, mutta ennusteen mukaan tuuli painaa kyseisellä alueella jäitä siten, että muodostuu avovesirailo. Jäänmurtokapasiteetti on rajallinen ja toiminnan periaatteena onkin, että aluksia opastetaan siten, että niiden olisi mahdollista edetä omin voimin mahdollisimman pitkälle. Meteorologiset tietopalvelut ovat äärimmäisen tärkeitä tässä toiminnassa. (Bruun-Riegels & Uusiaho 10.11.2006.)

Alusten odottaessa avustusta jäissä kykenemättä itse liikkumaan on tieto kovasta myrskystä tärkeä. Tuuli voi painaa jäitä aluksen runkoa vasten siten, että aiheutuu merkittäviä runkovaurioita. Esimerkiksi Perämerellä jäänmurtajien saadessa ilmoituksen myrskyn nousemisesta keskeyttävät ne avustustoiminnan satamiin ja siirtyvät särkemään jäitä odottavien alusten ympäriltä estääkseen mahdolliset runkovauriot. (Bruun-Riegels & Uusiaho 10.11.2006.)

Jos jäänmurrolla ei olisi käytettävissään nykyisiä meteorologisia tietopalveluita, olisi jäänmurtotoiminnan periaatteita muutettava. Nykyisestä käytännöstä, jossa yksittäiset alukset tai muutama alus avustetaan tehokkaasti ja nopeasti satamaan, olisi siirryttävä käytäntöön, jossa alukset kokoontuvat odottamaan ilmoitettuun pisteeseen jäänmurtajaa, joka avustaa ne sitten saattueena satamaan. Tämä merkitsisi toiminnan hidastumista merkittävästi ja koko laivakuljetuksia käyttävien toimialojen kuljetusten uudelleentarkastelua.

Varustamot hyödyntävät meteorologisia palveluja myös *matkojen markkinoinnissa*. Pika-alusliikenteen liikennekauden aloittaminen, lopettaminen ja liikennekauden aikaiset aikataulumuutokset (peruuntumiset, poikkeavat vuorot) ovat riippuvaisia säästä. Sääennusteiden perusteella tehtävällä ennakoinnilla saavutetaan lukuisia, taloudellisestikin yrityksille merkittäviä hyötyjä (Fagerström 28.4.2006).

Matkustajaliikenne on kilpailtua ja varustamot panostavat asiakastyytyväisyyteen. Myös meteorologisilla palveluilla on merkitystä asiakastyytyväisyyteen. Esimerkiksi matkan alussa ja sen aikana matkustajille annetut tiedot tulevasta olosuhteista eivät ainoastaan lisää henkilöturvallisuutta vaan myös matkustajien turvallisuudentunnetta ja luottamusta alukseen ja sen henkilökuntaan. Hyvin ja hyvissä ajoin tehty tiedottaminen olosuhteista johtuvasta palvelujen tyypistämistä (esimerkiksi ravintoloiden, saunojen, uima-altaiden jne. sulkeminen) on hyvää palvelua. Kuten jo aiemmin todettiin, pikaliikenteen osalta erityisen tärkeää on tieto sääolosuhteista, joiden takia joudutaan perumaan matkoja. Henkilöstökustannusten säästöjen lisäksi on tärkeää saada asiakkaille hyvissä ajoin tieto matkan peruuntumisesta (Fagerström 28.4.2006).

Matkojen peruuntumisen lisäksi varustamon ja rahtiaan on tärkeä saada tieto esimerkiksi sääolosuhteista johtuvasta aikataulusta myöhästymisestä. Sääennustetta käytetään uuden, toteutuvan saapumisajan arviointiin ennen kuin uudet tiedot välitetään koko merkitsevälle osalle kuljetusketjua. Hakurahtiliikenteessä, jossa alus saatetaan rahdata jokaiselle matkalle erillisellä sopimuksella, käytetään sääennusteita jo sopimuksen suunnitteluvaiheessa, kun määritellään mahdollinen toteutuva aikataulu laivakuljetukselle (Penttilä 28.4.2006). Meteorologisilla tietopalveluilla saavutetaan siis meriliikenteessä sekä ulkoisia että sisäisiä aikasäästöjä muuttuneiden, arvioitujen saapumisaikojen tarkkuuden parantuessa.

Muusta laivaliikenteestä poiketen säiliöalukset purkavat joskus lastinsa toiseen alukseen, joka sitten kuljettaa lastin määräsätamaan (ship-to-ship transfer). Lastisirrot ovat normaalia purkaus- ja lastaustoimintaa vaarallisempia, ja niiden turvalliseen suunnitteluun ja toteutukseen tarvitaan sääennusteita. Säiliöalusliikenne on suurelta osin hakurahtiliikennettä, jossa kuljetettavien aineiden markkina-arvot muuttuvat ja yksittäisen aluksen viivästymisestä voi joissakin tapauksissa syntyä merkittäviä tappioita. Suomalaisessa säiliöalusliikenteessä tyypillinen meteorologisen tietopalvelun tarve syntyy, kun alusoperaattori tekee päätöksen rahtisopimuksesta. Hakurahtiliikenteessä operaattori tarvitsee tietoa aluksen kulkuun vaikuttavista sääolosuhteista päättääkseen, mihin rahtausopimuksiin aluksen on mahdollista ehtiä ja milloin alus ehtii kuljettaa niin sanotun välilastin

(kahden sovitun rahtauksen välissä tapahtuva lisärahtaus, jolla usein pyritään vähentämään aluksen tyhjänä kulkemaa matkaa). Vielä merkittävämpää tietopalveluiden hyödyntäminen on toiminnan laadun ylläpitämisessä. Aluksen tulee saapua satamaan silloin kun asiakkaalle on luvattu.

Henkilöstön tarve muuttuu meriliikenteessä pikaliikenteen matkustajalainoissa säään muuttuessa sellaiseksi, ettei alus enää saa liikennöidä. Viranomaiset ovat määritelleet kullekin pikaliikenteen alukselle ne sääolojen raja-arvot (tuuli ja aallonkorkeus), joiden ylityttyä alus ei saa enää liikennöidä. Tarkkojen ennusteiden avulla on mahdollista saavuttaa kustannussäästöjä, kun osa henkilöstöstä vapautetaan tehtävistä siksi aikaa kun liikennöinti on lakkautettu (Fagerström 28.4.2006).

Säästä johtuvia kansilastin menetyksiä ja niistä aiheutuvia tappiota ei tässä selvityksessä ole tarkasteltu, koska haastatteluihin osallistuneiden varustamojen alukset eivät kuljeta kansilasteja. On kuitenkin luultavaa, että meteorologiset tietopalvelut auttavat varmistamaan kansilastin kuljetuksen suunnittelussa.

Ilmatieteen laitoksen osuus meriliikenteen käyttämisestä meteorologisista tietopalveluista

Meriliikenteen eri toimijat käyttävät Ilmatieteen laitoksen palveluiden lisäksi myös muiden palveluntarjoajien palveluja ja omia havaintolaitteitaan. Tässä tarkastelussa on käytetty arviota, jonka mukaan Ilmatieteen laitoksen osuus koko meteorologisten tietopalvelujen yhteiskunnallisista vaikutuksista on noin 80 prosenttia. Tämä korkea osuus kokonaisvaikutuksesta on perusteltu tarkasteltaessa vaikuttavuutta meriliikenteeseen, sillä merkittävimmät taloudelliset hyödyt on mahdollista saavuttaa tietopalvelujen hyödyntämisestä viranomaistoimintaan (meripelastus ja öljyntorjunta). Lisäksi Ilmatieteen laitos tuottaa tiedotuksen *sää-tiedotus merenkulkijoille* ja varustamoille maksullisia erikoispalveluja, joiden avulla meriliikenne tekee esimerkiksi reittisuunnitelmia ja rahtaussopimuksia sekä ehkäisee materiaalivahinkoja ja tiedottaa sidosryhmille muutoksista aikaluihin. Merkittäviä hyötyjä meriliikenteeseen saadaan myös veneilyturvallisuuden paranemisena. Veneilijöiden voidaan olettaa käyttävän laajasti eri palveluntarjoajien tietopalveluja, ja merkittävän osan näiden palveluiden tuottamiseen tarvittavista lähtötiedoista tuottaa Ilmatieteen laitos.

Päätelmät ja suositukset

Meteorologisilla tietopalveluilla on hyvin laaja-alainen vaikutus vesiliikenteeseen. Osalle vesiliikenteestä meteorologisten palveluiden saaminen on välttämättömän toimintaedellytys. Merkittävimpiä säätekijöitä meriliikenteessä ovat tuuli, aallokko, sumu, lämpötila ja jäätilanne. Palvelut vaikuttavat vesiliikenteen toiminnosta ja tekijöistä erityisesti öljyntorjuntaan, meripelastukseen (etsintä ja pelastus), reittien ja rahtauksen suunnitteluun ja optimointiin ja toimintaan aluksella merimatkan aikana. Arvioinnin perusteella nämä toimijat saavat myös selkeimmin mitattavissa olevia taloudellisia hyötyjä tietopalveluista (taulukko 4.15). Päivittäisen päätöksenteon lisäksi meteorologisia tietopalveluita tarvitaan meriliikenteen häiriötilanteiden hallintaan. Eri toimijoiden välillä on olennaisia eroja siinä, mihin ja miten meteorologisia tietopalveluita hyödynnetään.

Taulukko 4.15. Nykyisillä meteorologisilla tietopalveluilla saavutettava kokonais-säästö ja Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikutus meriliikenteeseen.

Henkilöturvallisuus	Saavutettu kokonais-säästö [M€/v]
Veneilyturvallisuuden paraneminen – säästöt onnettomuuskustannuksissa	
– säästöt henkilövahinko-onnettomuuksissa	17,5–35,04
Väsymisen ehkäiseminen (pelastushenkilöstö ja alusten miehistö)	
Henkilöturvallisuuden uhkien ennakoiminen (pelastushenkilöstön, alusten miehistön ja matkustajien turvallisuus)	
Ympäristö	
Öljypäästöjen torjunnan suunnittelu ja toteutus	12,10
Vaarallisten aineiden ympäristöön leviämisen arviointi	
Materiaali	
Materiaalivahinkojen ehkäiseminen – laite- ja runkovauriot	0,10
– pelastusoperaatioiden suunnittelu ja toteutus	
Huolto- ja kunnossapitotöiden suunnittelu	
Onnettomuuksien ja lastivahinkojen ehkäiseminen ml. alusten operointi jäissä	0,05
Alusten suunnittelu	
Talous	
Onnettomuustilanteiden ehkäisemisen ansiosta säästetyt meripelastus-tehtävien kustannukset	0,24
Tarvittavien henkilöstö- ja kalustoresurssien arviointi	
Kuljetusreittien suunnittelu	
– matkakohtainen reittisuunnittelu	
– alusten linjojen suunnittelu	
– matkakohtainen nopeuden optimointi – polttoainesäästöt	0,9
Jäänmurtotoiminnan suunnittelu ja toteutus	
Matkojen markkinointi (matkustajalaivojen sesonkiliikenne)	
Matkojen myöhästymisestä aiheutuvien tappioiden ehkäiseminen (sopimusrikkomukset, rahtauksen suunnittelu)	0,07
Yhteenlaskettu taloudellinen säästö	30,9–48,5
Ilmatieteen laitokselle jyvitetty osuus meriliikenteelle suunnattujen meteorologisten tietopalvelujen toteutuksesta	80 %
Ilmatieteen laitokselle jyvitetty osuus meriliikenteelle suunnattujen meteorologisten tietopalvelujen hyödyistä [M€/v]	24,70–38,8

Meteorologisia palveluja hyödyntävät myös (ammatti)kalastus ja veneily. Vaikutukset veneilyyn on tässä selvityksessä huomioitu vain siltä osin, mikä palveluiden vaikutus voi olla onnettomuus- ja häiriötilanteissa. On kuitenkin todennäköistä, että palveluilla olisi myös merkittävä vaikutus veneilyyn virkistystoimintana ja osana turismielinkeinoa. Meteorologisten tietopalveluiden vaikutusta ka-

lastuselinkeinoon ei tässä selvityksessä tarkasteltu. Palveluiden vaikutus kalastukseen on kuitenkin hyvin merkittävä. Arvioitaessa tietopalveluiden vaikutusta maissa, joissa turismi tai kalastus on kansantaloudellisesti merkittävämpiä elinkeinoja kuin Suomessa, on tärkeää arvioida näitä elinkeinoja erikseen.

Asiantuntijahaastatteluisissa korostui tarkkojen, lyhyen ja keskipitkän aikavälin ennusteiden tärkeys. Asiantuntijat arvioivat toimintansa turvallisuuden ja tehokkuuden paranevan pääasiassa näiden ennusteiden avulla (taulukko 4.16). Synnä tähän voi olla haastateltujen edustamien organisaatioiden toiminnan luonne: merimatkojen kesto on merkittävästi lyhyempi kuin valtameriliikenteessä tai jopa eteläiseen Eurooppaan suuntautuvassa liikenteessä. Suomen kauppalaivastolle on luonteenomaista rahti- ja matkustaja-alusten linjaliikenne Itämeren alueella, lyhyen etäisyyden matkustaja- ja rahtiliikenne naapurivaltioihin ja erittäin lyhyen etäisyyden matkustajaliikenne Tallinnaan. Tyypillisen suomalaisen aluksen merimatkan kesto on yhdestä kolmeen vuorokautta.

Taulukko 4.16. Vesiliikenteen eri toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteet (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Lento- liikenne	Historiatieto ja klimato- logiset vai- kutukset	Ajantasai- nen tieto ja varoituspai- velut	Vuoro- kausi- ennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keski- pitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden- aika- ennuste (1–6 kk)	Ilmasto- skenaar- iot
Turvalli- suus	1	3	3	2	2	1	
Ympäristö	1	3	3	2	2	1	
Materiaali ja kunnossa- pito	1	3	3	2	1	1	
Talous	1	2	3	2	1		1

Selvityksen perusteella kaikki tarkastellut meri- tai vesiliikenteeseen liittyvät toimijat saavuttavat hyötyjä meteorologisilla tietopalveluilla, mutta kaikkien hyötyjen taloudellista arvoa ei tässä selvityksessä ollut mahdollista arvioida.

Asiantuntijahaastatteluisissa tuli esiin myös meteorologisten tietopalveluiden kehitysehdotuksia. Henkilöturvallisuutta, erityisesti veneilijöiden ja muiden vapaa-aikana vesillä liikkuvien turvallisuutta, arvioitiin olevan mahdollista parantaa. Nykyisin tapahtuvista säästä johtuvista onnettomuuksista voitaisiin jonkin verran

edelleen estää tehostamalla meteorologisten tietojen ja erityisesti varoitusten välittämistä veneilijöille. Lisähyötyjä saavutettaisiin erityisesti pienveneilyssä ja veneilyssä sisävesillä. Jos onnettomuuksia arvioidaan edelleen estettävän noin kolmannes nykyisistä säästä johtuvista onnettomuuksista, saavutettaisiin tällä noin 0,24 miljoonan euron säästö pelkästään pelastustehtävistä aiheutuvien kustannusten säästöinä. Merellisten viranomaisten (Merenkulkulaitos, Rajavartiolaitos ja Merivoimat) ja Ilmatieteen laitoksen yhteistyössä antamia varoituksia veneilijöille tulisikin kehittää. Osa haastatelluista asiantuntijoista uskoi, että erityisesti päämedioiden välityksellä annetut, voimakkaasti varoittavat viranomaisten yhteistyössä tuottamat tiedotukset vähentäisivät onnettomuuksia ja vaaratilanteita. Esimerkiksi keväisin Merentutkimuslaitoksen ja Ilmatieteen laitoksen tulisi antaa tiedotus, että jäälle ei tule enää mennä.

Veneilijöiden turvallisuutta voitaisiin parantaa myös kehittämällä nykyistä veneilysääpalvelua laajempi tietopalvelu. Esimerkkinä tuotiin esiin, että Ruotsin rannikkoradioasema Stockholm Radio tarjoaa vesillä liikkujille palvelua, joka toimii tavallisella matkapuhelimella (<http://www.sjoassistans.se/>). Grps-tiedon siirtoon perustuvalla sovelluksella käyttäjä pystyy selailemaan erilaisia varoitusta ja tiedotuspalveluita vastaavasti kuin ammattimerenkulun käyttöön tarkoitetut *NAVTEX*-viestit. Käyttäjä voi määritellä, mitä tietoja hän haluaa vastaanottaa, ja sen merialueen, jolta haluaa saada varoitustietoja. Suomessa palveluun voitaisiin liittää viranomaisvaroitukset ja viranomaisten veneilijöille laatimia suosituksia, esimerkiksi muistilistoja. Palveluun voitaisiin myös sisällyttää valmius ottaa veneilijältä vastaan hänen reittisuunnitelmansa ja tallentaa se hätätilanteiden varalta.

4.5 Lentoliikenne

Yleistä

Ilmaliikenne jaetaan reitti-, tilaus-, yleis- ja sotilasilmailuun. Vaikutusarvioinnin kannalta reitti- ja tilausliikenne ovat samantyyppisiä, kaupallisia palveluita. Yleisilmailu ja sotilasilmailu on kumpikin arvioitava vielä erikseen. Ilmailulle kohdistuvat hyödyt voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään. Ensinnäkin luotettavien sääennusteiden avulla ilmaliikenteen turvallisuus lisääntyy. Toiseksi lentoyhtiöt voivat säästää polttoaine- ja käyttökuluissa. Kolmanneksi myös terminaalitoiminnoissa saadaan säästöjä, kun hoitotoimenpiteet, aikataulut ja koneiden valmistelu voidaan ennakoita, suunnitella ja hoitaa oikea-aikaisemmin ja tarkemmin.

Kirjallisuushaussa löytyi vain muutamia tutkimuksia, joissa oli arvioitu sääennusteiden hyvyyden tai käytettävissä olemisen lentoliikenteelle tuomia hyötyjä. Leigh (1995) esitti, että tarkastelukentällä sääennusteiden tarkkuuden paraneminen 1 %:n verran tuottaisi esimerkkilentoyhtiölle 1 miljoonan Australian dollarin hyödyn vuodessa. Volyymitietojen ja sääennusteen tarkkuuden mittaaminen ei selviä työstä niin tarkasti, että tulokset olisivat suoraan yleistettävissä.

Treinish ja Praino (2004) arvioivat lyhyen aikavälin sääennustemallin vaikutuksia lentoliikenteen terminaalitoimintoihin. Tutkimuksessa annetun arvion mukaan nykyistä tarkempi ennustejärjestelmä voisi tuottaa USA:ssa noin 1,3 miljardin dollarin vuosihyödyt (31 % sääolojen aiheuttamista haitoista). Nykyisin käytössä olevien ja mallin mukaisten ennusteiden tarkkuutta ei kuitenkaan voida verrata esimerkiksi suomalaisten ennusteiden tarkkuuteen, joten em. kustannus-hyötyjä on vaikea siirtää kovin tarkasti muualle USA:n vuoden 2000 tilanteesta. Lisäksi terminaalit ovat erikokoisia sekä fyysisesti että liikennemäärien suhteen USA:ssa ja Suomessa.

Anaman et al. (1997) arvioivat työssään Quantasin polttoainekulutuksessa ja operaatioissaan yleensä mahdollisesti saamia hyötyjä, jos sääennusteita voitaisiin tarkentaa. Työ laajensi edellä mainitun Leigh'n työn (1995) antamaa arviota lentoyhtiön koko toimintaan, jolloin kokonaishyödyt nousivat vuoden 1993 tassa 43 miljoonasta Australian dollarista jopa yli 58 miljoonaan.

Latorella ja Chamberlain (2002) arvioivat yleisilmailun lentäjien kokemaa hyötyä, kun näille esitettiin sää tietoa graafisesti. Vaikka koehenkilöt totesivat järjes-

telmän helppokäyttöiseksi ja mukavuutta lisääväksi, sille ei saatu lentämiseen suoraan liittyviä tai rahana laskettavia hyötyjä. Latorella et al. (2002) päätyivät siihen, että yleisilmailun harrastajat olisivat tyypillisesti valmiita maksamaan noin 500 USD vuodessa paremmista, graafisista ennusteista.

Tähän mennessä meteorologisten palveluiden yhteiskuntataloudellisista vaikutuksista ilmailun alalla ei siis ole juurikaan ollut saatavilla päivitettyä, tutkittua, Suomeen soveltuvaa tietoa. Asiaa käsittelevä kansainvälinenkin kirjallisuus on melko vähäistä. Aiheeseen liittyvät tieteelliset artikkelit taas useimmiten ovat yhteen asiaan keskittyviä, tarkoin rajattuja kokonaisuuksia, jotka eivät sellaiseenaan anna laajempaa näkemystä aiheesta. Itsestään selvää ei ole myöskään eri maissa tehtyjen tutkimustulosten ja asiantuntija-arvioiden siirrettävyys Suomen oloihin. Olennaisia eroja voi olla varsinkin ilmastossa ja toimintakulttuureissa, vaikka kansainväliset säännökset yhdenmukaistavat saatavilla olevia meteorologisia palveluita sekä eri toimijoiden tapoja hyödyntää meteorologisia tietopalveluita.

Kirjallisuustutkimuksen tulokset painottuvat siviili-ilmailuun, ja niistä vain yksi käsittelee yleisilmailua. Sotilasilmailua käsitteleviä tutkimuksia ei haussa löydetty. Lisäksi tulosten yleistämiseen tarvittavat lähtötiedot ovat puutteellisia. Näin ollen seuraavassa esitetään kullekin ilmailutyypille oma menetelmänsä säätietojen vaikuttavuuden arvioimiseksi.

Tällä hetkellä Suomessa on käytännössä kaksi toimijaa (Ilmatieteen laitos ja Foreca), jotka tarjoavat meteorologisia palveluita lentoliikenteelle ja kenttien kunnossapidosta huolehtiville organisaatioille. Tämä tekijä jouduttiin huomioimaan arvioitaessa Ilmatieteen laitoksen toiminnan yhteiskuntataloudellista vaikuttavuutta. Ilmailun käyttämien sääpalvelujen tuottamisen kustannuksiksi on arvioitu 16 % Ilmatieteen laitoksen liikevaihdosta⁷ lisättynä Finavian omien ja muualta mahdollisesti ostamien meteorologisten palvelujen tuottamisen kustannuksilla sekä Puolustusvoimien tuottamien ilmailuun liittyvien meteorologisten palvelujen kustannuksilla.

Menetelmät ja aineisto

Työn aineisto kerättiin kotimaiseen ja kansainvälisesti julkaistuun aineistoon pohjautuvan kirjallisuustutkimuksen sekä Suomessa eri toimijoille tehtyjen asian-

⁷ <http://www.fmi.fi/organisaatio/talous.html>.

tuntijahaastatteluiden avulla. Koska monet aihetta käsitelleet artikkelit ja raportit olivat jo useiden vuosien takaa ja hyvin vaihtelevista toimintaympäristöistä eri puolilta maailmaa, korostui asiantuntijahaastatteluiden rooli vaikutusmekanismien sekä vaikutusten suuruuden määrittämisessä.

Kirjallisuustutkimuksella pyrittiin tunnistamaan keskeisimmät meteorologisten tietopalveluiden vaikutuslajit ilmailun alalla. Asiantuntijahaastatteluilla tarkennettiin vaikutusmekanismeja koskevaa tietoa, selvitettiin yksityiskohtaisemmin Ilmatieteen laitoksen asemaa palveluiden tuottajana sekä vertailemalla kotimaisia ja kansainvälisiä tilastoja tarkennettiin vaikutusten suuruusluokkaa Suomen oloissa.

Lentoturvallisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvottamiseen sovellettiin mahdollisuuksien mukaan Tiehallinnon eri onnettomuustyypeille vahvistamia yksikkökustannuksia (Tiehallinto 2006b).

Ilmatieteen laitoksen osuus sää- ja kelitietopalveluiden tuottamista hyödyistä lentoliikenteelle arvioitiin määrittämällä ensin näiden palveluiden yhteiskuntataloudelliset kokonaishyödyt. Tämän jälkeen hyödyt jyvitetiin Ilmatieteen laitokselle arvioimalla sen markkinaosuudet palveluketjun eri vaiheissa luvussa 2.2 esitetyn menetelmän mukaisesti. Ilmatieteen laitoksen markkinaosuudeksi saatiin tällä menetelmällä 82 %.

Tulokset

Reitti- ja tilausliikenne

Reitti- ja tilausliikenteen osalta voidaan nykytilanteessa todeta, ettei liikenne olisi käytännössä mahdollista ilman sääennusteita. Ilman säätietopalveluita 2 miljardin euron vuosittainen liikevaihto (Tilastokeskus 2006a) olisi turvattava jotenkin. Tämän vuoksi vähimmäishyödyn suuruus voidaan arvioida käyttämällä vaihtoehtoiskustannuksia. Nykyiselle toiminnalle olisi lähinnä kaksi vaihtoehtoa: sääpalvelut olisi tuotettava Ilmailulaitoksessa itse, tai ne olisi ostettava joltain muulta ulkopuoliselta kaupalliselta palvelujen tuottajalta kuin Ilmatieteen laitokselta.

Koska Ilmailuhallinto saa sääpalvelun uuden sopimuksen mukaan omakustannushintaisena, voidaan olettaa jonkin ulkopuolisen tahon myymän palvelun olevan katteineen kutakuinkin samanhintainen, elleivät tällaiset toimijat pysty tuottamaan tietoa selvästi Ilmatieteen laitosta tehokkaammin.

Esimerkiksi Finavian omana tuotantona tuotettava sääpalvelu vaatisi jatkuvan toiminnan lisäksi omaa säätutka- ym. kalustoa tai sitä, että osa tiedoista ostettaisiin kuitenkin ulkoa. Pääomakustannukset olisivat erityisesti aloitusvaiheessa korkeat, mutta myös pidemmällä aikavälillä yhteen erityistehtävään hankittu järjestelmä vaatisi todennäköisesti enemmän ylläpitokustannuksia kuin tietojen tuottaminen yhdessä muun sää- ja ennustepalvelun kanssa, karkean arvion mukaan *10 miljoonaa euroa vuodessa*.

Vaihtoehdossa, jossa säätiedot ostetaan joltain muulta (koti- tai ulkomaiselta) tuottajalta, palvelut olisi hinnoiteltava markkinatilanteen mukaan. Kun Ilmatieteen laitoksen kaupallisista toimintakuluista noin puolet liittyy ilmailun sääpalvelujen tuottamiseen, voidaan palvelun arvon alarajaksi haarukoida noin puolet Ilmatieteen laitoksen kaupallisista tuloista lisättyinä tyypillisellä 15 % katetavoitteella. Näin laskettu arvio on vähintään *9 miljoonaa euroa vuodessa* (Ilmatieteen laitos 2007b).

Hyötyjen arvon ylärajan haarukoiminen on vaikeampaa. Onnettomuuskustannussäästöt arvioidaan jäljempänä tilastojen perusteella. Operoinnille, erityisesti polttoaineenkulutukselle, saadaan edellä esitettyjen australialaisten laskelmien perusteella jopa yli 100 miljoonan euron vuosisäästöt suhteuttamalla Quantasin operaatioiden määrä Suomen vuotuisiin operaatioihin, mutta tämä ei tutkimuksen iän, Australian ja Suomen ilmastojen erilaisuuden sekä ilmaliikenneyritysten toimintapolitiikkojen kehittymisen ja erojen vuoksi ole edes oikeaa suuruusluokkaa.

Saavutettavan hyödyn teoreettisena ylärajana lentoyhtiöille voidaan pitää 30 %:a sääolojen aiheuttamista haitoista (Trenish & Praino 2004). Näin ollen tarkempien säätietojen tuottaman hyödyn arvon yläraja on tilastotietojen kautta tulkittuna (nousut Suomi 2004) / (nousut USA 2000) \times 1,3 mrd. \$ \times 1,09 / 1,24 = 131 840 / 1 954 496 \times 1,14 mrd. € = 77 miljoonaa euroa vuodessa (kertoimet: kuluttajahinta-indeksisuhde 2004 / 2000, US Department of Labor statistics, dollari / euro 2004). Koska USA:n 10 vuoden takaisten sääennusteiden laatua ei voida verrata Suomen nykytilanteeseen ja koska USA:n sääolot ovat Pohjois-Eurooppaa hankalammat, ei tämäkään tulos vastaa työlle asetettua tavoitetta.

Lentoliikenteen harjoittajien kannalta selkein säästö tulee polttoaineenkulutuksessa. Ensinnäkin tarkat sääennusteet mahdollistavat usein sellaisten varakenttien valitsemisen, joille lentäminen ei vaadi yhtä suurta polttoainekuormaa kuin suurille, esimerkiksi Ruotsin puolella sijaitseville kentille kääntymisen. Euroopan

lennoilla Pohjanlahtea vastaavana säänjakajana voi olla jokin Keski-Euroopan vuoristoalueista. Haastattelujen ja lentokoneiden ominaisuuksien perusteella tehdyt vaikutuslaskelmat ylimääräisen polttoainekuorman kuljettamisen aiheuttamasta lisäenergiankulutuksesta voidaan laajentaa koskemaan koko Suomen lentoliikennettä lentojen määrien ja suoritteiden avulla. Nykytilanteessa vuosisäästöksi (joka kohdistuu sekä kotimaisille että muille Suomesta lentäville lentoyhtiöille) laskettiin *vähintään 3 miljoonaa euroa vuodessa*.

Toisaalta yksityiskohtaiset säätiedot mahdollistavat reitin ja lentokorkeuden valinnan, mikäli liikenne ja muut seikat eivät toimintaa rajoita. Tällöin esimerkiksi välttämällä vastatuulia ja hakemalla myötätuulta saavutetaan lentoaikasäästöjä ja edelleen säästöjä polttoaineenkulutuksessa. Hyöty on saavutettavissa erityisesti pidemmillä lennoilla. Laajentamalla haastattelujen antamat todennäköisyydet koskemaan koko kotimaan- ja ulkomaan liikennettä päädyttiin (lähinnä ulkomaanlentojen perusteella) arvioon *noin 2 miljoonaa euroa vuodessa*.

Yhdistämällä polttoainesäästöarviot saadaan arvioitua myös hiilidioksidipäästöjen muutos, joka on noin 20 000 tonnia vuodessa. Ympäristökustannuksissa saadaan siis säästöjä vähintään *0,7 miljoonaa euroa vuodessa*.

Hyötyjen määrää arvioitaessa täytyy ottaa huomioon myös vältettyjen onnettomuuksien teoreettinen määrä. Reitti- ja tilausliikenteen onnettomuustilastot eivät suomalaisen ilmailun hyvän turvallisuustilanteen vuoksi sisällä niin paljoa materiaalia, että tilastolliset analyysit olisivat mahdollisia. Suuruusluokka on ollut 0,3 vakavaa onnettomuutta 100 000 lentotuntia kohti (Ilmailuhallinto 2006). Vertailemalla kansainvälisiä onnettomuustilastoja (PlaneCrashInfo 2006 ja Boeing 2005) voidaan toisaalta laskea, että odotusarvo on 0,5 vakavaa lento-onnettomuutta 1 000 000 nousua kohti. Suomen ilmailusuoritteeseen (Tilastokeskus 2006a) suhteutettuna voidaan arvioida, että vakavien onnettomuuksien odotusarvo Suomessa on noin yksi joka kolmas vuosi ja sääolosuhteiden aiheuttamien onnettomuuksien todennäköisyys noin yksi kahdessakymmenessä vuodessa, kun sääolot ovat pääasiallisena syynä 7–13 %:ssa ja osasyynä yli 20 %:ssa onnettomuuksista (PlaneCrashInfo 2006). Tilastojen mukaan 40 vuotta sitten riskit olivat jopa yli 10-kertaisia (Boeing 2006). Jos säätietojen laadun ja käytön paraneminen on vaikuttanut turvallisuuden kehitykseen samassa suhteessa kuin muutkin tekijät (tekninen kehitys, sääntöjen tiukentuminen, toimintatapojen ja kulttuurin kehittyminen), voidaan karkeasti arvioida, että säätietojen avulla vältetään nykytilanteessa vakava onnettomuus joka toinen vuosi. Hyötylaskelmissa yhden kuoleman hintana on käytetty 1,752 miljoonaa euroa ja loukkaantumisen

hintana 0,227 miljoonaa euroa (Tiehallinto 2006b). Lentokoneen arvona on käytetty 60 miljoonaa euroa.

Olettamalla, että vakavassa onnettomuudessa menetetään kone ja keskimäärin 15 ihmishenkeä, nykytilanteen keskimääräinen vuosisäästö onnettomuuskustannuksissa olisi noin *43 miljoonaa euroa*. Pyrittäessä kohti onnettomuuksien 0-tasoa voidaan päätellä, että jos säätietojen laadun parantamisella ja niiden käytön tehostamisella voitaisiin poistaa loputkin sääriippuvaiset onnettomuudet, onnettomuuskustannussäästöjä olisi vielä saavutettavissa *yli 4 miljoonaa euroa*.

Yleisilmailu

Yleisilmailua voidaan minimissään harrastaa ns. korpikentiltä (ei lennonjohtoa) lentäjien oman meteorologisen koulutuksen ja tiedon pohjalta. Käytännössä lentäjillä on useimmiten käytettävissään (ja myös käytettävä) paikalliset ennusteet, joten ennusteiden tuottama hyöty voidaan arvioida vähintään näin osoitetun maksuhalukkuuden suuruiseksi. Turvallisuuteen ja onnettomuuksiin liittyy aina arvotettavia eriä, joita käyttäjät ja yhteiskunta eivät pidä yhtä arvokkaina. Tyyppillistä liikenteelle on oman onnettomuusriskin aliarviointi, joten yhteiskunnan silmissä sääpalvelun hyöty voi olla selvästi edellä esitettyä suurempikin. Yleisilmailun puolella turvallisuushyödyt ovat merkittävin erä, kun taas polttoaine-, aika-, kunnossapito- ym. kustannukset eivät ole niin merkittäviä kuin liikenneilmailussa tai pelastustoiminnassa, jos liikkeelle on usein lähes pakko päästä.

Yleisilmailun turvallisuus on parantunut selvästi viime vuosikymmeninä. Taustalla on tekninen kehitys, sääntöjen tiukentuminen, toimintatapojen ja lentokulttuurin kehittyminen sekä säätietojen laadun parantuminen ja käytön tehostuminen. Nykytilanteessa vakavissa onnettomuuksissa tuhoutuu Suomessa muutama kone vuodessa, ja niissä kuolee keskimäärin kaksi ja vammautuu vakavasti yksi ihminen vuodessa. (Onnettomuustutkintakeskuksen toimintakertomukset 2003–2005.) Säällä on kansainvälisiä tilastoja (ks. edellä) tulkiten suuri merkitys noin 15 %:ssa onnettomuuksista. Laskemalla nykytilanteessa hyödyiksi 1,5 kuolemaan, 0,75 vakavaan loukkaantumiseen ja 2,25 koneen tuhoutumiseen johtavan onnettomuuden väheneminen vuodessa saadaan säästöarvion ylärajaksi *3 miljoonaa euroa vuodessa*. Kuoleman hintana on käytetty 1,752 miljoonaa euroa ja loukkaantumisen hintana 0,227 miljoonaa euroa (Tiehallinto 2006b). Pienkoneen arvona on käytetty 0,1 miljoonaa euroa.

Pyrittäessä kohti onnettomuuksien 0-tasoa voidaan päätellä, että jos säätietojen laadun parantamisella ja niiden käytön tehostamisella voitaisiin poistaa loputkin sääriippuvaiset onnettomuudet, onnettomuuskustannussäästöjä olisi vielä saavutettavissa *0,6 miljoonaa euroa*.

Sääpalvelujen hyödyn arvon alaraja on siis yleisilmailun Finavian kautta ostamien sääpalvelujen arvo, joka on arvioitu 10 %:ksi kaupallisen ilmailun kustantamien palvelujen arvosta eli noin *1 miljoonaksi euroksi vuodessa*.

Sotilasilmailu

Sotilasilmailuun pätevät osittain samat periaatteet kuin yleisilmailuunkin. Lisäksi puolustusvoimilla on käytettävissään kriisin varalta omia säätietopalveluitaan. Näin ollen maksuhalukkuusperiaatetta ajatellen normaalitilanteessa sääpalvelujen tuottama hyöty on vähintään Puolustusvoimien Ilmatieteen laitokselle maksuman hinnan (julkisoikeudellisten palvelujen osto omakustannushintaan, Ilmavoimille jyvitetävissä joitakin satoja tuhansia euroja vuodessa, LVM 2004) ja liittyvät ilmailuun. Puolustusvoimilla voidaan arvioida tehtävän 5–10 henkilötyövuotta Ilmavoimien sääpalveluissa ja säähavaintokalustoa on käytössä noin miljoonan euron arvosta. Kun lisäksi vuosittain Ilmavoimille koulutetaan noin 40 säämiestä, kokonaiskustannukseksi voidaan arvioida 0,5–1 miljoonaa euroa.

Kuten yleisilmailussakin, päähyödyksi voidaan arvioida sääpalvelujen avulla vältettyjen onnettomuuksien vuotuinen kustannus. Katsaus sotilasilmailun onnettomuustilastoihin (Ilmavoimat 2006) antaa sellaisen kuvan, että lentoturvallisuus on parantunut voimakkaasti kokonaisuutena 1950-luvulta alkaen ja ne onnettomuudet, joissa säällä on ollut merkitystä, ovat vähentyneet vielä keskimääräistä enemmän 1970-luvun tasoltakin. Tästä on mahdollisuus päästä käsiksi parantuneiden sääennusteiden tuottamiin turvallisuussäästöihin. Samoilla periaatteilla pääteltynä kuin edellä liikenneilmailun kohdalla voidaan päätyä siihen, että nykyiset sääennusteet säästävät yhden kuolemaan johtavan ja lisäksi yhden koneen tuhoutumiseen johtavan sotilasilmailuonnettomuuden noin joka kolmas vuosi. Hornet-hävittäjän hinta (arvo) on noin 30 miljoonaa euroa, muun kaluston arvot voivat poiketa tästä paljonkin.

Turvallisuushyötyjen lisäksi Ilmavoimat voi säästää merkittäviä summia vuosittain, kun se kykenee suunnittelemaan operaationsa (lento- ja taistelutehtävät, ym.) ajoissa ja varaamaan tarvittavat resurssit (henkilöstö, lennonjohto, ilmatila jne.) luottaen siihen, että sää ei estä esimerkiksi laajan harjoituksen toteuttamista

viime hetkellä. Tällainen tarve poikkeaa aikajänteeltään muun ilmailun tarpeista, sillä nyt puhutaan noin viikon mittaisista tarkoista ennusteista, mikä on pidempi jakso kuin ilmailussa useimmiten käytetyt nykyhetken, muutaman tunnin tai vuorokauden ennusteet. Hyödyn arvottaminen on kuitenkin vaikeaa, sillä operaatioiden kustannukset ja erityisesti viime hetken peruuntumisen tai keskeyttämisen tuottamat lisäkustannukset vaihtelevat paljon ja niiden todennäköisyys vaihtelee myös paljon. Suuruusluokkana voidaan todeta, että 20 ihmisen 2 työpäivän kustannus on noin 25 000 euroa tai Hornet-hävittäjän kahden lentotunnin kustannus ilman pääomakuluja (Korhonen 2003) on noin 14 000 euroa.

Hyödyn arvon alaraja turvallisuusvaikutusten avulla arvioituna on noin *10 miljoonaa* euroa vuodessa. Yläraja saadaan lisäämällä siihen arvio operatiivisen toiminnan säästöistä, tällöin päädytään suuruusluokkaan *11 miljoonaa* euroa vuodessa. Arvottamatta jää Ilmavoimien olemassaolon ja toiminnan takaamisen itseisarvoinen hyöty.

Kenttien ylläpito ja hoito sekä terminaalitoiminnot

Lentokentillä lyhyen aikavälin sääennusteiden avulla voidaan ajoittaa lumen poisto- ja liukkaudentorjuntatoimenpiteitä. Koneiden saapumis- ja lähtöaikoja voidaan joissakin tapauksissa tarkistaa säätietojen perusteella, mikä vaikuttaa myös matkustajien ajankäyttöön terminaaleissa. Myös koneiden jääntorjunta riippuu osittain sääoloista.

Finavian lentoasemapalvelujen arvo 2005 oli 113 miljoonaa euroa (Ilmailulaitos 2006a). Tästä arviolta noin 10 % on säätietoriippuvaista kunnossapitoa. Näissä tapauksissa työvuorosuunnittelu ja työvoimakustannukset tarvitsevat luotettavia noin vuorokauden sääennusteita. Mikäli tarkat ajantasaiset säätiedot voivat alentaa tätä osaa kustannuksista 25 %, *vuosisäästöt ovat noin 3 miljoonaa euroa*, jota voidaan pitää sääpalvelujen hyödyn alarajana.

Matkustajien aikahyötyjen arviointi voidaan perustaa Ilmailuhallinnon myöhästymistilastoihin (Ilmailulaitos 2006b). Jos keskimääräisestä myöhästymisestä (45 sekuntia/kone, 17 minuuttia/myöhästynyt kone) puolet johtuu sääoloista ja niistä kolmannes vältetään parempien ennusteiden avulla, vuosisäästö 14,6 miljoonalle matkustajalle on *0,8 miljoonaa euroa vuodessa* ajan arvolla 25 euroa/h.

Päätelmät ja tulosten yhteenveto

Ilmailun määrän kasvaessa säätiedon tuottamisen ja jakamisen kustannukset eivät nouse samassa tahdissa. Sen sijaan niiden tuottama hyöty kasvaa kutakuinkin liikenteen määrän kasvun mukaisesti. Jos tätä ajatusta sovelletaan edellä kuvattuihin ilmailun eri lajien sääpalvelusta saaman hyödyn arvioihin, voidaan todeta, etteivät laskelmat ole absoluuttisen tarkkoja. Lisäksi on huomattava, etteivät ulkomaiset laskelmat ole suoraan sovellettavissa Suomessa, sillä olosuhteet ja toimintatavat poikkeavat paljon eri maiden välillä ja nopeasti kehittyvällä alalla tulokset vanhenevat muutamassa vuodessa.

Kaupallinen lentotoiminta olisi nykyisin mahdotonta ilman määrämuotoisia säätietoja. Suurin tarve johtuu turvallisuusvaatimuksista. Myös polttoaineen säästöt voivat olla suuria, jos tarkkojen säätietojen ansiosta voidaan vähentää varapolttoaineen määrää. Sotilasilmailu käyttää pitkälti samoja säätietoja kuin siviili-ilmailukin, vaikka säännöt ja vaatimukset operoinnin suhteen ovat erilaisia ja omia säätietoja voidaan tuottaa. Yleisilmailun vaatimukset ovat vähäisemmät, mutta myös haavoittuvuus on suuri.

Terminaalien ja kiitoteiden ylläpidossa säästöjä on saatavissa työvuorosuunnittelun ja ennakkoinnin avulla. Ajantasainen säätieto auttaa myös operatiivista suunnittelua. Myös kiitoteiden liukkaudentorjunta ja lentokoneiden jäänesto perustuvat säähän, ja hyvillä säätiedoilla voidaan sekä vähentää kustannuksia että säästää ympäristöä kuormittavia kemikaaleja. Eri toiminnot tarvitsevat erilaista säätietoa (taulukko 4.17). Arviot perustuvat haastattelujen jälkeen järjestetyn asiantuntijaryhmän kokouksen näkemyksiin.

Taulukko 4.17. Lentoliikenteen eri toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteet (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Lento- liikenne	Historiatieto ja klimato- logiset vai- kutukset	Ajantasai- nen tieto ja varoitus- palvelut	Vuoro- kausi- ennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keski- pitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden- aika- ennuste (1–6 kk)	Ilmasto- skenaar- iot
Turvallisuus		3	2				
Infrastruktuu- rin kunnossa- pito		3	1	1			
Lentotoiminta		3					
Infrastruktuurin kehittäminen	2						1

Siviili-ilmailun sääpalveluista kokonaishyötyjen alaraja on edellä esitetyillä perusteilla 55 miljoonaa euroa vuodessa (taulukko 4.18), josta turvallisuusvaikutukset ovat yli 46 miljoonaa euroa vuodessa. Yleisilmailun osuus hyödyistä on noin 6 %. *Sotilasilmailun hyödyt ovat noin 10 miljoonaa euroa vuodessa. Kenttien hoidon ja ylläpidon operationaaliset säästöt ovat noin 3 miljoonaa euroa vuodessa.*

Palvelujen tuottamisen kustannukset ovat vastaavasti noin 11 miljoonaa euroa vuodessa. Hyöty-kustannussuhde on näillä oletuksilla noin 6, ja pelkästään *Ilmatieteen laitoksen palveluosuudelle saadaan hyöty-kustannussuhteeksi lähes 5.*

Merkittävimmät meteorologisen tiedon vaikutukset ilmailun alalla näyttäisivät siis liittyvän turvallisuuden paranemiseen säätiedon käyttämisen myötä. Vaikutuksia saavutetaan myös polttoainesäästöjen, päästökustannusten, hoito- ja kunnossapitotöiden ja matkustajien aikasäästöjen myötä.

Taulukko 4.18. Ilmaliikenteelle arvioidut säästökomponentit.

M€/v	Reitti- ja tilausliikenne	Yleis-ilmailu	Sotilas-ilmailu	Infran hoito ja kunnossapito	Yhteensä
Operointi- ja aikasäästöt	0,8		1	3	4,8
Polttoainekustannussäästöt	5				5
Turvallisuussäästöt	43	3	10		56
Ympäristökustannussäästöt	0,7				0,7
Yhteensä	49,5	3	11	3	66,5

4.6 Logistiikka

Yleistä

Logistiikka osana kauppatahtumaa

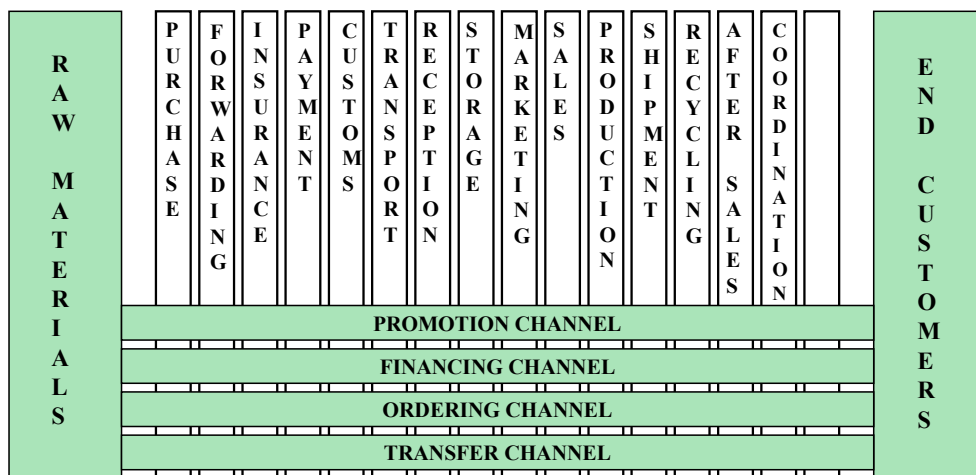
Logistiikan määritelmä vaihtelee suuresti eri tilanteissa. Suppeimmissa määritelmässä logistiikalla ymmärretään kuljetustapahtumaa tai sen yksittäisiä osia. Laajimmat määritelmät käsittävät kokonaisten toimitusketjujen erilaisia toimintoja. Jäljempänä logistiikka on käsitetty myyjän ja ostajan väliseksi toimitusketjun hallintaan liittyväksi toiminnaksi, jossa erityisesti kuljetusketjun hallinta on keskeisellä sijalla. Esimerkiksi Haapasen ja Vepsäläinen (1999) erottavat neljä eri kanavaa:

- markkinoinnin, myynnin ja asiakaspalautteen kanava
- maksamisen, rahoituksen ja riskienhallinnan kanava
- tilausten hallinnan ja reklamaatioiden kanava
- tuotteen valmistuksen, siirron ja varastoinnin kanava.

Logististen kanavien lisäksi on erotettavissa erilaisia tehtäväkokonaisuuksia, prosesseja, joita kanavissa toteutetaan (kuva 4.6). Näille tehtäville on melko tyyppillistä, että niitä tai niiden osia toteutetaan useammassa kuin yhdessä kanavassa: ne läpäisevät usein koko organisaation tuottaen ja käyttäen tietoa hyväkseen. Esimerkiksi varastointitoiminta (storage) on muutakin kuin fyysistä tavaran varastointia. Myynti (promotion channel) selvittää varastotilanteen ennen asiakaslupausta, rahoitus (financing channel) kytkeytyy mm. sidotun pääoman sekä varastointikustannusten osalta varastointiin, tilaustoiminta (ordering channel) toteuttaa tilaukset varastosta tai tuotannosta, siirtämisen kanava (transfer channel) käsittelee tuotetta fyysisesti.

Tukeutuen Haapasen ja Vepsäläisen (1999) jaotteluun logistiikka voidaan nähdä toimintana, jossa myyjä ja ostaja yhtäältä sopivat kaupan eri toimenpiteistä oheisen kuvan jaottelun mukaisesti ja toisaalta organisoivat toiminnan kauppasopimuksessa määritettyjen pelisääntöjen mukaisesti. Kauppasopimuksessa sovitaan muun muassa *toimitusehdosta*. Toimitusehdossa määritetään osapuolten tehtävät ja vastuut esimerkiksi kuljetustapahtuman osalta. Kuljetustapahtuman keskeinen osapuoli on *logistiikkapalveluyhtiö*, jolle nykyään on ulkoistettu valtaosa tavaran siirtämiseen liittyvistä tehtävistä. Tämä puolestaan on johtanut siihen, että logistiikkapalveluyhtiön rooli on kasvanut merkittävämmäksi kuin pelkästään kuljetuksen osatehtävien suorittaminen. Logistiikkapalveluyhtiöllä on usein suora

yhteys tiettyihin asiakkaan tietojärjestelmiin, koska työ edellyttää reaaliaikaista tiedon hallintaa. Logistiikkapalveluyhtiö voi myös suorittaa lukuisia sellaisia tehtäviä, jotka ovat ennen kuuluneet asiakkaille. Näitä tehtäviä kutsutaan lisäarvo- palveluiksi, esimerkkinä tietokoneen kokoaminen tai laitteen asentaminen asiak- kaan tiloissa. Logistiikkapalveluyhtiö hoitaa tehtäviään luomansa verkoston avulla. On tyypillistä, että osa sen toiminnasta on omaa tuotantoa, esimerkiksi osa kuljetustoiminnasta ja kuljettajat voivat olla suoraan yhtiölle vastuussa. Toi- saalta suurikin osa toiminnasta voi olla toteutettu alihankintana, esimerkiksi pitkä kuljetusketju voi sisältää lukuisia osatehtäviä, joista logistiikkapalveluyhtiö vastaa päämiehelle, mutta toiminta on ostettu alihankintana. Tästä yksinkertainen esi- merkki on laivakuljetus osana pitkää kuljetusketjua.

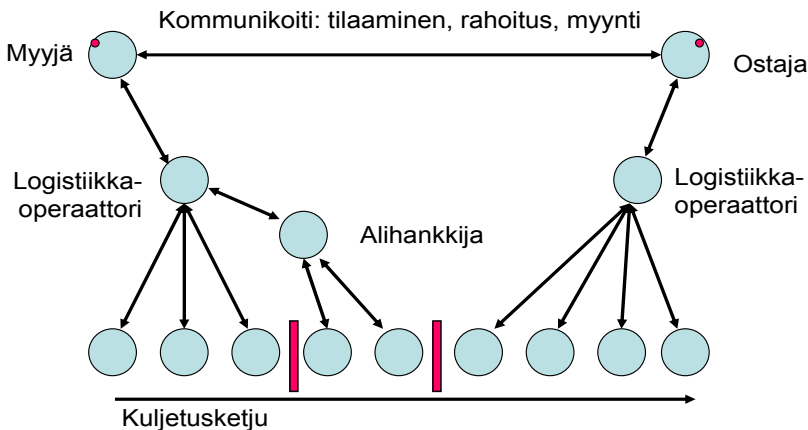


Kuva 4.6. Logistiset prosessit ja kanavat (Lehtinen 2000).

Koska molemmilla kaupan osapuolilla on yleensä oma logistiikkapalveluyhtiö, jota käytetään toimitusehdossa rajattujen tehtävien suorittamiseen, nähdään, että logistiikan keskeisiä toimijoita on neljä: myyjä, ostaja sekä kummankin logis- tiikkapalveluyhtiö. Kun tarkastellaan säätietojen vaikuttavuutta logistiikassa, on nämä neljä osapuolta otettava mukaan tarkasteluun. Tämä johtuu siitä, että läh- tökohtaisesti voimme olettaa, että sellaiset osatehtävät, joista ulkopuolinen vas- taa, eivät välttämättä tunnu toiselle osapuolelle niin tärkeiltä kuin tehtävän suori- ttavalle. Jos esimerkiksi halutaan ymmärtää säähavaintojen merkitys myyjälle, miksi myyjää kiinnostaisivat tieolosuhteet, jos logistiikkapalveluyhtiö vastaa kuljetusten aikataulusta ja turvallisuudesta. Toisaalta jos pelkästään halutaan

ymmärtää säätietojen vaikutus logistiikkapalveluyhtiölle, emme välttämättä saa selville niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat ostajayrityksen ongelmiin.

Kuvassa 4.7 esitetään yksinkertaistettu malli kuljetusketjun osapuolista. Kuva havainnollistaa sen, että myyjä ja ostaja ovat ulkoistaneet kuljetusketjun logistiikkapalveluyhtiön hoidettavaksi. Tästä seuraa, että myös säätietojen vaikutus kuljetusten sujuvuuteen on lähinnä logistiikkapalveluyhtiön vastuulla. Välilliset vaikutukset puolestaan voivat olla merkittävät, koska logistiikkapalveluyhtiö ei kuitenkaan ole kuin välillisessä vastuussa päämiehilleen.



Kuva 4.7. Kuljetusketjun osapuolet (Tapio et al. 2005).

Kuljetuksen tilaajana eli tutkimuksessamme asiakkaana voi toimia joko ostaja tai myyjä. Nämä sopivat keskenään kuljetuksen suorittajasta ja valitsevat itselleen logistiikan osapuolet. Käytännössä näillä kummallakin on oma logistiikkapalveluyhtiönsä, joka voi toki olla sama yhtiö. Logistiikkapalveluyhtiö voi olla asiakkaan oma yhtiö (tai osasto) tai ulkopuolinen. Palveluyhtiö voi olla puhdas operaattori ("integraattori") tai se voi olla osa kuljetusliikkeen palvelua. Operaattorin tehtävä on kytkeä useista eri vaiheista muodostuva kuljetustapahtuma toimivaksi kokonaisuudeksi. On melko tavallista, että logistiikkaoperaattori käyttää alihankkijoita kuljetuksen eri vaiheissa. Myös alihankkijoiden toiminnasta on erotettavissa sekä integroivia että operatiivisia tehtäviä. Myyjän, logistiikkaoperaattorin sekä alihankkijoiden yhteistyöllä muodostetaan kuljetusketju. Yksinkertaisimmillaan kuljetusketju on kuljetussuorite myyjän nimeämästä lastauspaikasta ostajan nimeämään purkauspaikkaan. Monimutkainen kuljetusketju sisältää lukuisia vaiheita, joista osa johtuu kaupan osapuolten tarpeista, osa tuotteiden ominaisuuksista, osa logistiikkapalveluyhtiöistä ja osa lainsäädännöllisistä tekijöistä.

Kuva 4.7 havainnollistaa myös kuljetusketjun tiedonhallintaan liittyvän ongelman: kun vastuu kuljetusketjussa siirtyy ketjun seuraavalle osapuolelle (kuvassa punaiset pystypalkit), tiedonkulun katkeaminen on suuri riski. Suurimmillaan tämä on tilanteessa, jossa myyjän ja ostajan vastuu ja hallinta vaihtuvat. Edelleen kuvasta on havaittavissa se rooli, jossa kuljettaja tyypillisesti toimii: hänellä on harvoin todellista tietoa eri osapuolten – erityisesti myyjän ja ostajan – tarpeista. Hän hoitaa vain oman osansa kuljetusketjussa eikä useinkaan tiedä, mistä kuljettava tavara on tulossa ja mihin menossa. Hän saa ohjeensa omalta logistiikkayhtiöltään, joka puolestaan saa vastaavat ohjeet ketjun ylemmältä osapuolelta, asiakkaalta.

Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten paljon säätiedot vaikuttavat logistiikassa. Koska tällaista tutkimusta ei ole tehty aikaisemmin, tutkimuksella pyrittiin myös selvittämään, miten mahdollinen lisätutkimus kannattaa toteuttaa, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavat. Tämän johdosta työn toisena tavoitteena voidaan pitää tutkimusmenetelmän kehittämistä.

Tilastollinen analyysi ja laaja kyselytutkimus rajattiin työn ulkopuolelle resurssisyistä. Katsottiin, että tässä vaiheessa suppea asiantuntijahaastatteluihin perustuva aineisto on riittävän tarkka antamaan karkean suuruusluokan säätietojen vaikutuksista logistiikka-alalla.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kolmea eri toimialaa: tukkukauppa, tuotanto ja logistiikkapalvelu. Tukkukaupan tarkastelussa jätettiin vähittäiskauppa tarkastelun ulkopuolelle lähinnä kahdesta syystä. Ensinnäkin tavoitteena oli kuvata mahdollisimman pitkää horisontaalista kansainvälistä logistiikkaketjua, jossa useat eri kuljetusmuodot muodostavat kuljetusketjun. Vaikka valtaosan vähittäiskaupan tuotevalikoimista tulee ulkomailta, ne tulevat pääosin tukkukaupan kautta. Toiseksi tutkimuksen resurssit (noin 10 haastattelua) eivät olisi riittäneet laajempaan tarkasteluun⁸.

Kuljetustoiminnoista työn ulkopuolelle rajattiin sellaiset kuljetusosuudet, joiden katsottiin kuuluvan omiksi selkeiksi palveluikseen. Tällaisia ovat esimerkiksi merikuljetukset, rautatiekuljetukset ja lentokuljetukset. Maantiekuljetukset olivat hankalampi osa-alue, koska niissä välillisten ja välittömien vaikutusten erotteleminen toisistaan on vaikeata: kuljetusketjussa on useita vaiheita, joissa maantie-

⁸ Leila Maiche (17.10.2006) on tutkinut säätietojen vaikuttavuutta vähittäiskaupalle.

kuljetusta tapahtuu (esimerkiksi nouto, runkokuljetus, ulkomaankuljetus ja jakelu voivat kaikki tapahtua maanteitse, mutta eri kuljetusvälineillä).

Menetelmät

Tutkimuksen vaiheet noudattelevat seuraavaa jäsenystä:

1. Kysymysrunгон suunnittelu ja testaaminen
2. Haastateltavien yritysten valinta
3. Haastatteluiden toteuttaminen
 - Sääätiedon taso
 - Sääätietojen aikaulottuvuuden tarkastelu
 - Logistiikan kanavatarkastelu
 - Asteikkojen asetanta
 - Sääätietojen tarveanalyysi
 - Vahinkoanalyysi
 - Haastattelujen havaintojen yhteenveto
4. Aineiston yhdenmukaistaminen ja analyysi, poikkeamat, lisätietojen hankinta
5. Numeerinen analyysi
 - Tutkimusaineiston perusteella
 - Toimialoittain
6. Toimialakohtainen analyysi
 - Yleistäminen
 - Puutteet ja kehittämiskohteet
7. Yhteenveto

Aineisto kerättiin haastatteleamalla alan asiantuntijoita logistiikan eri osa-alueilla. Haastattelun aikana täytettiin kaksiulotteinen taulukko, jossa haastateltava arvioi edustamansa yhtiön riippuvuutta säätiloista yrityksen eri toiminnallisissa kanavissa. Ensin haastateltava arvioi sääätietojen yleistä tasoa. Sääätietoja tarkasteltiin eri aikaperspektiiveissä, kuudessa aikaluokassa. Yrityksen logistiikkatoimintoja tarkasteltiin neljässä eri kanavassa. Vastaaaja arvioi sääätietojen vaikuttavuutta näissä kanavissa käyttäen Likertin asteikkoa (1–5) siten, että 5 vastasi erittäin suurta merkitystä ja 1 erittäin vähäistä merkitystä. Vastaaaja arvioi myös, mikä kyseisen kanavan merkitys on koko yrityksen liiketoiminnalle sekä kuinka usein nämä kanavat tarvitsevat sääätietoja vuositasolla. Menetelmän avulla kunkin kanavan riippuvuus sääätiedoista saatiin arvioiduksi ja taulukoiduksi. Tutkija avusti haastateltavaa kysymysten tulkitsemisessä.

Säätiötojen taloudellisten vaikutusten mittaamiseksi vastaajia pyydettiin arvioimaan erilaisia taloudellisia seuraamuksia, joita säätiödoista tai niiden puuttumisesta voi aiheutua. Tällaisia tyypillisiä seuraamuksia olivat esimerkiksi erilaiset onnettomuudet. Vaikeammin mitattavia olivat välilliset vaikutukset, kuten ongelmien selvittämiseen tarvittava työpanos. Vaikeimmin arvioituvia kustannustekijöitä vaikuttivat olevan vahinkojen välttämiseen liittyvät riskitekijät ja asiakassuhteisiin liittyvät tekijät. Keskusteluissa arvioitiin esimerkiksi suuren toimituksen myöhästymisen seurauksia (sopimussakot, menetetty myynti) ja säätiötojen huomioimista toimituksen suunnittelussa; samaten kauppasopimuksien tekeminen edellyttää ainakin jossakin määrin sääolosuhteiden vaikutuksen huomioon ottamista. Tällaisten tekijöiden taloudellisen vaikutuksen arvioiminen osoittautui hankalaksi.

Kun yrityksen toiminnan riippuvuus säätiödoista sekä tietojen taloudellisen merkityksen suuruus saatiin arvioiduksi taulukkoon, taulukko suhteutettiin toiminnan yrityskehittämisen merkityksen ja säätiötojen vuositarpeen mukaisesti. Taulukon avulla saatiin eri toimintojen taloudelliset vaikutukset vertailukelpoisiksi.

Lopulliseen taulukkoon tehtiin vielä kaksi muutosta. Ensin luvut suhteutettiin siten, että taulukkoon syntyi ääriarvot (1 ja 5), jotta tärkeimmät ja vähiten tärkeät tekijät erottuisivat mahdollisimman selvästi. Taulukkoa arvioitaessa on siis huomiotava, että nämä ääriarvot korostuvat: haastateltavat eivät kaikki olleet yhtä mieltä kaikkien tekijöiden tärkeydestä, vaan osa piti säätiötojen merkitystä hyvinkin pienenä liiketoiminnalleen. Lukuarvo 5 ei siis välttämättä tarkoita, että kyseinen vaikuttavuus olisi erittäin tärkeää yrityksille, vaan että se on näistä tärkein. Toinen muutos taulukoinnissa oli skaalauksen muutos neliasteikkoiseksi (arvot 0–3). Tämä johtui siitä, että tutkimuksen tulokset haluttiin yhtenäistää tutkimuksen muiden osioiden kanssa, joissa kyseinen skaalaus oli valtaosin käytössä. Tässä skaalauksessa numero 0 (tai välilyönti) tarkoittaa erittäin vähäistä (tai ei ollenkaan) merkitystä ja numero 3 erittäin suurta merkitystä.

Yksittäisten yritysten tulosten keskinäinen vertailu toteutettiin siten, että ensin yrityskehittämisen kustannusvaikutukset suhteutettiin yhtiön henkilökunnan määrään. Tämän katsottiin melko luotettavasti tuottavan riittävän tarkkuuden⁹. Suhdelukua käytettiin arvioitaessa vaikutuksia toimialoittain. Toimialatarkastelussa

⁹ Esimerkiksi yhtiön liikevaihdon, toimitusten lukumäärän, kuljetettujen tonniin, ajokilometrien, ulkomaan kaupan ja kaluston määrän katsottiin sisältävän enemmän epävarmuustekijöitä kuin henkilöstön lukumäärän.

hyödynnettiin vuoden 2005 toimialakohtaista tilastoa (Tilastokeskus 2005). Analyysi tuotti kahdentyyppisiä arvioita. Ensiksi arvioitiin sääolosuhteiden yleistä vaikutusta logistiikassa. Haastateltavat yritykset olivat arvioineet, kuinka paljon erityyppisiä vahinkoja niille sattuu vuosittain, missä sääolosuhteilla on ylipäänsä merkitystä. Saatu luku jaettiin kahteen pääluokkaan: välittömät ja välilliset vaikutukset. Välittömällä vaikutuksilla tarkoitettiin helposti arvioitavia vahinkoja, pääasiallisesti liikenneonnettomuuksia; välillisillä vaikutuksilla tarkoitettiin vaikeasti mitattavia vaikutuksia, kuten vahingoista johtuvat hallinnolliset tehtävät sekä asiakasmenetykset. Tämän jälkeen arvioitiin, kuinka paljon säätiedoilla voidaan näihin vahinkoihin vaikuttaa. Apuna arvioinnissa käytettiin olemassa olevaa tutkimustietoa (Boselly 2001).

Tulokset

Haastattelut

Kävi ilmi, että säätietojen vaikutusta ei ole erityisemmin tutkittu ja arvioitu logistiikka-alan yrityksissä. Eräissä keskeisimmissä toiminnoissa se on kyllä huomioitu, esimerkiksi useissa kuljetusalan yrityksissä turvallisuuteen liittyvissä toiminnoissa on tehty paljon työtä ja vaikutukset liikenneturvallisuudessa ovat olleet merkittävät. Kuitenkin vaikuttavuuden kokonaisvaltainen tarkastelu on jäänyt melko vähäiseksi. Useat käytännön esimerkit toivat esille, että säätilan seuranta on usein yksittäistä ja varsin hajanaista. Tätä käsitystä vahvisti myös se seikka, että yrityksistä oli melko vaikeata löytää henkilöä tai henkilöitä, jotka olisivat helposti kysyneet vastaamaan tutkimuksessa esitettyihin kysymyksiin.

Tutkimuksessa tarkasteltiin edellä kuvattuja neljää logistista kanavaa. Osoittautui vaikeaksi – mutta ei mahdottomaksi – arvioida näitä kanavia ja säätietojen vaikuttavuutta niissä. Oli mielenkiintoista havaita, että yleisesti säätilojen muutoksista aiheutuneet ongelmat hyväksyttiin *force majeure* -tapauksina: niitä ei olisi voitu välttää. Kun tutkija kysyi, mitä hyötyä olisi, jos esimerkiksi yhteistyökumppani (logistiikkapalveluyhtiö) varottaisi säätilan ennustettavissa olevasta muutoksesta ja ehdottaisi jotakin ennaltaehkäisevää ratkaisua ongelmalle, hyöty nähtiin suurena.

Säätietojen vaikuttavuutta tarkasteltiin seitsemässä eri aikaluokassa. Vaikka tutkimuksessa löytyi näistä luokista tärkeimmät, myös vähiten tärkeillä on merkitystä. Vaikuttaa myös siltä, että *yrityksessä eri henkilöt tehtävästä riippuen seuraavat eri asioita*. Havaitsimme, että ylin johto on kiinnostuneempi säätietojen

historiatiedoista ja klimatologisista muutoksista kuin muut. Operatiivinen johto puolestaan seuraa lähitulevaisuutta, kun taas tehtävien suorittajat ovat kiinnostuneita nykytilanteesta ja muutaman päivän ennusteista. Markkinointitehtävissä olevat henkilöt saattavat seurata kaikkia eri luokkia, vaikkakin seuranta on melko vähäistä ja satunnaista. Esimerkiksi myyntikampanjan suunnittelu voi olla lyhytjänteistä (olut) mutta myös pitkäjänteistä (puutarhatuolien tilaaminen seuraavan kesän ajaksi voi edellyttää puolen vuoden perspektiiviä).

Rahoituksen ja riskienhallinnan osalta säätietojen vaikutusten arviointi osoittautui hankalaksi. Myöhästymisestä aiheutuvat sopimussakot ja kauppasopimuksessa olevat varaukset voivat olla ratkaisevan tärkeitä yrityksen toiminnalle. Lisäksi jo toteutuneiden vahinkotapausten käsittely vaatii ajoittaista säätietojen seuranta. Tämä kuitenkin on ainakin toistaiseksi varsin hajanaista ja satunnaista toimintaa, eivätkä haastateltavat kokeneet vaikuttavuutta kovinkaan merkittävänä.

Tilaamistoiminnassa ja sen eri hallinnollisissa tehtävissä säätietojen vaikutus on tällä hetkellä melko vähäistä siitäkin huolimatta, että tilaamishetken (kotiinkutsun) valinnan ja lähetyksen saapumisen välillä voi olla suuri, säätilojen muutoksista aiheutunut ero. Suomalaiset kuljetusjärjestelmät ovat varsin vakiintuneet ja tilaustoiminta tukeutuu tähän. Usein riittää, että osapuolille ilmoitetaan suunniteltu lastauspäivä. Jokaisen osapuolen tulee varmistaa oma toimintansa siten, että ongelmia ei synny.

Toimituksen kanava tarvitsee paljon säätietoja. On ilmeistä, että toimituksen kanavassa erityisesti kuljetustapahtuman tehtävien hoitaminen vaatii hyvin intensiivistä säätietojen seuranta ja tyypillisesti intensiivisin seuranta rajoittuu nykyhetkestä noin kahdeksi viikoksi eteenpäin. Nykyhetken seurannalla varmistetaan kuljetustapahtuman suorittaminen ja pitemmällä aikajänteellä arvioidaan kapasiteetin tarvetta laajemmin. Valmistavan teollisuuden tarkastelu perustui yhteen haastatteluun, minkä johdosta tuloksia voi pitää lähinnä viitteellisinä. Niiden mukaan tuotantoyritysten toimitukset ovat varsin riippuvaista säätiloista ja niiden muutoksista. Erityisen tärkeitä ovat lyhyen ajan ennusteet. Toisaalta kuljetustehtävistä suuri osa on ulkoistettu, minkä johdosta myös säätietojen seuranta on osittain ulkoistettu.

Säätietojen taso

Säätietojen ajallista luotettavuutta mitattiin kolmesta näkökulmasta. Ensinnäkin vastaajilta pyydettiin arviota nykyisen säätiedon kokonaistasosta asteikolla 1–10.

Tämä kuvasi haastateltavan subjektiivista käsitystä säätiöjen tasosta. Tämän jälkeen arvioitiin tietojen saatavuutta ja tämän yhteydessä tietojen luotettavuutta. Tarkoituksena oli yhtäältä löytää sääpalvelujen kehittämiskohteita vertaamalla tiedon saatavuutta, luotettavuutta ja yleistä tasoa. Jos esimerkiksi tietojen saatavuus on suuri mutta tiedon taso heikko, tulee keskittyä tason nostamiseen. Vastaavasti jos tiedon taso on korkea, mutta käyttäjät kokevat tiedon hankinnan vaikeaksi, lienee syytä keskittyä tiedon parempaan jakeluun.

Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että vastaajat pitävät alle kymmenen vuorokauden ennusteita melko hyvinä, mutta tästä eteenpäin ennusteiden taso laskee jyrkästi. Koska historiatiedon tasoa yleisesti pidettiin hyvin korkeana, vastaajat hyödyntävät tätä tietolähdettä jonkin verran keskipitkän tähtäimen suunnittelussa. Puolen vuoden ennusteita pidettiin lähinnä historiatietojen kilpailevana tietolähteenä. Niiden tärkeyttä ei kiistetty, mutta ainakin maksullisena palveluna niitä verrattiin maksuttomiin historiatietoihin. Tarkan päivittäisen ennustamisen sijasta haastateltavat puhuivat enemmän aikaikkunasta, esimerkiksi kahden viikon jaksosta (liukas keli alkaa, on talvi, hellekausi, tärkein sesonki...).

Klimatologiset muutokset olivat useille haastateltaville joko vieras kysymys tai he eivät halunneet ottaa niihin liiaksi kantaa. Esimerkiksi kasvihuoneilmion, kylmien talvien tai vedenpinnan nousun merkitys liiketoiminnalle nähtiin vähäisinä. Lisäksi vaikuttaa siltä, että osa haastateltavista suhtautuu tutkimustuloksiin hyvin epäilevästi.

Säätiöjen vaikuttavuus eri toimialoilla

Tukkukaupan osalta vaikuttaa siltä, että toimialalla säätiöjen vaikuttavuus on merkittävintä markkinoinnin, tilaamisen ja toimitusten kanavissa. Vähäisintä se on riskien hallinnassa.

Tuotantoyrityksissä säätiöjä tarvitaan eniten riskien hallinnassa, asiakaspalvelussa ja erityisesti kaukohteiden olosuhteiden selvittämisessä. Määrällisesti eniten ennusteita tarvitaan alle kahden viikon päähän ulottuvassa tarkastelussa.

Logistiikkapalveluala seuraa kuljetusten suorittamista hyvin aktiivisesti ja alle kahden viikon sääennusteiden vaikuttavuus on suurta. Tämän lisäksi myyntityö tarvitsee usein luotettavia ennusteita¹⁰.

Vastuu säätiöiden huomioimisesta

Tulosten perusteella voisi karrikoiden päätellä, että tällä hetkellä kenelläkään osapuolella ei ole vastuuta kuljetusketjun säätilojen vaihteluiden vaikutuksista. Kauppa ja tuotanto kyllä seuraavat säätiöitä ja kokevat tarvitsevänsä niitä. Logistiikkapalvelualalla puolestaan seurataan yksittäin ja hajautetusti säätilojen muutoksia. Esimerkiksi ilmailuala, merenkulku sekä maantiekuljetukset seuraavat omia palvelujaan aktiivisesti, mutta koko logistisen toimitusketjun säätiöiden seuranta vaikuttaa vähäiseltä. Haastattelija kysyi esimerkiksi eräältä haastateltavalta, mitä merkitystä on kuljetusaikataulujen pitävyydellä merikuljetuksissa. Haastateltava ei ollut tullut edes ajatelleeksi, että eräs tärkeimmistä syistä on välivarastoinnin tarpeen minimoiminen. Nykyiset satamat ovat pikemminkin läpivirtaustermiinaaleja, joissa pyritään maksimaaliseen tehokkuuteen ja tavaroiden varastointi minimoidaan. Tämä on kansainvälisen kilpailukykyämme kannalta erittäin keskeinen ja paljon tutkittu aihe. Ilman säätiöitä myös kuljetusajat pitenevät ja toimitusaikojen ennustettavuus heikkenee, minkä johdosta varmuusvarastojen tarve kasvaa.

Kauppa ja tuotanto ovat ulkoistaneet toimintonsa viime vuosina. Tämä näkyi myös tutkimuksen aikana. Kun logistiikkapalveluyhtiöt ovat kehittäneet toimintonsa, ne kykenevät huomioimaan asiakkaiden tarpeet yleisesti ottaen hyvin. Tämä on johtanut siihen, että asiakkaat myös luottavat, että logistiikkapalveluala huomioi säätiöt riittävästi. Vaikutti jopa siltä, että tämän seurauksena asiakkaat kokevat säätiöiden seurannan toimitusten valvonnassa osittain turhana. Koska kuitenkin logistiikkapalveluyhtiöt eivät proaktiivisesti seuraa säätiöitä, ongelmia syntyy ajoittain ja seurauksena on viivästymisiä ja vahinkoja. Koska yritystasolla ongelmia kuitenkin tapahtuu harvoin, ne hyväksytään yleensä harmillisina yksittäistapahtumina. Kuitenkin vaikuttaa siltä, että ainakin osan niistä olisi voinut välttää.

¹⁰ Logistiikkapalvelualalla eri toimintojen selkeä erottaminen toisistaan on lähes mahdotonta: Liikenteenhoitaja tekee paljon myyntityötä, ja myynnin henkilöstö osallistuu usein liikenteen hoitamiseen. Lisäksi muutkin toiminnot kietoutuvat usein toisiinsa. Tämän johdosta tutkimuksessa pyrittiin virallisen organisatorisen aseman sijasta arvioimaan toimintoja yleisemmällä tasolla.

Säätietojen vaikutusten mittaaminen

Säätietojen vaikutuksista logistiikkatoimintoihin erotettiin seuraavat:

- onnettomuudet
- lisäkaluston tarve
- kaupalliset suhteet
- hallinnollinen työ.

Onnettomuudet jaettiin niiden taloudellisten vaikutusten perusteella suuriin (ns. runkokuljetukset), keskisuuriin (jakeluautot) ja pieniin (peltikolarit, trukit ja muu käsittelykalusto). Kuolemaan johtaneita onnettomuuksia ei tarkasteltu, koska niiden arviot tehdään tämän tutkimuksen muissa osioissa. Haastateltavilta kysyttiin arvio vuosittaisista onnettomuuksista ja niiden kustannusvaikutuksista sekä pyydettiin arvioimaan se määrä, joka selkeästi johtui säätilojen vaikutuksista.

Säätilojen vaikutuksesta aiheutuva lisäkaluston tarve voi olla merkittävä monestakin syystä. Ensinnäkin logistiikan tehokkuus saattaa laskea säätilojen vaikutuksesta. Jos kuljetusaika pitenee, autojen optimaalinen lastaus voi kiristyneen aikataulutuksen johdosta kärsiä. Tällöin tarvitaan enemmän kuljettajia ja kalustoa hoitamaan sama kuljetusvolyymi. Toisaalta lämpötilojen muutokset saattavat edellyttää kalliimman lisäkaluston hyödyntämistä, esimerkiksi kylmänarat tuotteet edellyttävät talvikautena erikoiskalustoa.

Säätilojen vaikutusten aiheuttamien ongelmien ja kaupallisten suhteiden välinen riippuvuus on vaikea mitata. Vaikuttaa siltä, että näiden merkitys korostuu tuotantoyrityksillä. Kaupan ja logistiikkapalveluyritysten osalta tämä merkitys jäi melko pieneksi. Tuotantoyritykset, joiden tuotteet toimitetaan usein kaukaisiin kohteisiin, tunnistavat säätietojen osalta riskin: joskus puutteellisten säätietojen aiheuttama toimituksen viivästyminen tai tuhoutuminen saattaa vaikuttaa asiakassuhteisiin. Projekti saattaa myöhästyä, viivästyskorot saattavat lauetta, tai jopa asiakas saatetaan menettää. Tällaisia tapauksia sattuu todennäköisesti erittäin harvoin, mutta yksittäisen vahingon merkitys voi olla suuri.

Logistiikkaketjussa tapahtuvien vahinkojen käsittelyä tehdään usein eri yksiköissä, kuten myynnissä, tilausten käsittelyssä, riskien hallinnassa ja toimitusketjussa. Tätä säätietojen vaikutuksesta aiheutuvaa selvittelytyötä kutsuttiin hallinnolliseksi työksi. Haastateltavilta pyydettiin arviota sen kustannusvaikutuksista vuositasona. Eri organisaatioissa työtä tehtiin eri yksiköissä ja seuraavat toiminnot käsiteltiin tarkemmin:

- myyntityö, asiakassuhteiden hoitaminen, reklamaatioiden käsittely
- tilaukset, myöhästyneiden tilausten hoitaminen, reklamaatiot, asiakasvalitukset
- reklamaatiot ja niiden käsittely, riskien hallinta, kaupalliset sopimukset
- ajojärjestely, reklamaatioiden ja vahinkojen hoitaminen, kuljetusten suunnittelu, kalustokysymykset
- muut mahdolliset, lisävarastojen tarve logistiikkaketjussa, kuljetuskaluston kunto.

Taloudellisten vaikutusten jakautuminen

Logistiikkapalveluala

Logistiikkapalvelualalla on tunnusomaista, että selkeimmin on erotettavissa kuljetuksiin kohdistuvat kustannukset. Niiden suuruus yrityskohtaisesti¹¹ vaihteli vuositasolla 107 500 ja 185 000 euron välillä yritystä kohden. Yrityksillä vaikuttaa olevan vuodessa 1–3 suurempaa onnettomuutta, keskikokoisia 5–30 ja pieniä 3–50. Suurehko vaihteluväli johtuu osittain siitä, että yritysten toiminta ei ole samanlaista. Lisäksi osa yrityksistä laskee omakseen vain sellaiset kuljetukset, jotka ovat sen omaa tuotantoa.

Sääolosuhteiden muutoksista johtuvan lisäkaluston tarve arvioitiin yleisesti melko pieneksi. Vuositasolla tarve arvioitiin 15 000–25 000 euroksi vuodessa/yritys¹².

Logistiikkapalvelualalla kaupallisten suhteiden ja säätietojen välinen yhteys vaikuttaa melko pieneltä. Tämä johtunee siitä, että asiakkaat kokenevat erilaiset sääolosuhteista johtuvat menetykset *force majeure* -tyyppisinä, niitä ei voi välttää. Haastatteluissa ei käynyt ilmi, että näillä yrityksillä olisi ollut asiakasmenetyksiä näistä syistä.

¹¹ Haastatellut yritykset olivat kooltaan suuria ja keskisuuria. Koska yritysten kokoerot olivat suuret, johtopäätösten tekeminen edellyttää lukujen suhteuttamista. Tutkimuksessa tämä toteutettiin suhteuttamalla kulut henkilökuntaan (kustannus/henkilö).

¹² Yksi haastatelluista arvioi vaikutuksen kuitenkin muihin verrattuna erittäin suureksi, lähes 3 miljoonaksi euroksi. Haastateltava arvioi, että lisäkaluston ja kuljettajien tarve kasvaa aikataulujen pitävyytsvaateen johdosta jopa 50 % noin 20 viikon – talvikauden – ajan. Kyseinen yritys on erikoistunut mm. sairaalatarvikkeiden kuljetuksiin, mikä vaikuttanee siihen, että kuljetusajoista pidetään kiinni myös tilanteissa, joissa normaalipalvelua toteuttavat yritykset hyväksyisivät kuljetustaloudellisemman, mutta tähän toimintaan riittämättömän ratkaisun.

Erilaisten vahinkojen hoitaminen edellyttää melko paljon hallinnollista työtä logistiikkapalvelualalla. Reklamaatioiden hoitamiseen saattaa osallistua periaatteessa kuka tahansa. Asiakas asioi yleensä sen henkilön kanssa, jonka tuntee parhaiten, tyypillisesti myyntihenkilöstön tai liikenteenhoitajan (huolitsijan) kanssa. Asian jatkokäsittelyminen edellyttää vahinkoon osallisten kanssa asiointia sekä asian lopullisen käsittelijän (reklamaation hoitajan) työpanosta. Yhteydet vakuutusyhtiöön ja muihin jatkotoimiin edellyttävät työtä. Vahinkojen hoitamisen lisäksi muitakin hallinnollisia tehtäviä saattaa olla, kuten tilausten ja myyntityön yhteydessä tapahtuvat eri lisätehtävät. Näiden hallinnollisten tehtävien kustannusten arvioiminen säätiötoimien osalta yhden haastattelun aikana osoittautui hankalaksi, koska aihe on uusi eikä yrityksillä ole kustannuksia eriteltäen, että arviointi olisi helppoa. Arvioidut kustannukset vaihtelivat 3 000 ja 340 000 euron välillä yritystä kohden vuodessa. Suuri vaihtelu indikoi ainakin sitä, että alalla ei erityisemmin tunneta erilaisten vahinkojen kustannusvaikutuksia.

Tukkukauppa

Tukkukaupan yrityksiä haastateltiin kaksi. Näistä toisen edustaja ei tuntenut toimintaa tämän tutkimuksen näkökulmasta niin paljon, että olisi uskaltanut arvioida vaikutuksia siinä määrin, että lukuja olisi voinut hyödyntää ilman lisähaastatteluja.

Tukkukaupan toiminnalla on yhtäläisyyksiä sekä tuotantotoimintaan että logistiikkapalveluun. Tukkukauppa on usein tuotantoyritykseen asiakassuhteessa, toimien usein sen kanssa vastakumppanina. Toisaalta tukkukaupalle on usein tyypillistä oman logistiikkatoiminnan hoitaminen, koska sen volyymit ovat niin suuret ja monisäikeiset, että sen kannattaa hoitaa toiminta itse. Kuitenkin, kuten myös logistiikkapalvelualalla, tiettyjen toimintojen ulkoistaminen on ollut melko tavallista. Lähtökohtaisesti voitaneen olettaa, että säätiötoimien rooli tukkukaupan toiminnoista on tärkeätä ainakin tilaustoiminnan ja kuljetusten suunnittelun ja toteuttamisen kannalta.

Tukkukaupan selkeimmin erotettavat logistiikkakustannukset kohdistuvat kuljetusvahinkoihin. Niiden suuruudeksi arvioitiin yhteensä 175 000 euroa vuodessa. Kuten logistiikkapalvelualalla, onnettomuudet jakautuvat muutamaa suurempaan onnettomuuteen, hieman useampaan keskikokoiseen ja useampaan pieneen, joiden osuus kokonaiskustannuksista on kuitenkin melko vähäinen. Näiden pieneempien onnettomuuksien kustannusvaikutusta ei haastateltava tiennyt.

Lisäkaluston tarve säästä johtuvista syistä katsottiin vähäiseksi, lisäksi yrityksessä katsottiin, että tarvittaessa lisäkalustoa saadaan hankituksi melko pienin ponnistuksin ulkopuolisin ostoin. Tällöin syy ei yleensä johdu sääolosuhteista (tai sää-tiedoista) vaan kasvaneista volyyymeistä. Vaikutus arvioitiin noin 26 000 euroksi vuositasolla. Luku perustui arvioon, jossa vuositasolla omaa kalustoa joudutaan lisäämään yhdellä noin 50 vrk:n ajan ja ulkopuolista noin 25 vrk:n ajan.

Tukkukaupan alalla kaupallisten suhteiden ja säätietojen välinen yhteys vaikuttaa melko pieneltä. Tämä johtunee siitä, että tukkukauppa melko tavallisesti vastaa itse ostamiensa tuotteiden kuljetuksista. Tästä seuraa, että sen toimittaja on harvoin vastuussa sääolosuhteiden vaikutuksista. Lisäksi ostavana osapuolena tukkukaupan ei tarvitse pelätä asiakassuhteiden menetystä samalla tavalla kuin myyvän osapuolen¹³.

Vahinkojen hoitaminen edellyttää tukkukaupalta melko paljon hallinnollista työtä. Reklamaatioiden hoitaminen lienee kuitenkin suoraviivaisempaa työtä kuin logistiikkapalvelualalla, koska tukkukauppa on usein itse (tai sen alihankkija) aiheuttanut vahingon. Näin osapuolten lukumäärää rajoittuu harvempiin henkilöihin kuin logistiikkapalvelualalla. Asian jatkokäsittelyminen edellyttää vahinkoon osallisten kanssa asioimista ja asian lopullisen käsittelijän (reklamaation hoitajan) työpanosta. Yhteydet vakuutusyhtiöön ja muihin jatkotoimiin edellyttävät työtä. Vahinkojen hoitamisen lisäksi saattaa ilmetä muitakin hallinnollisia tehtäviä, tällaisia ovat tilausten ja myyntityön yhteydessä tapahtuvat eri lisätehtävät. Tutkitussa yrityksessä hallinnollisten tehtävien kustannukset arvioitiin säätietojen osalta noin 120 000 euroksi vuodessa. Kustannusten arviointi tukkukaupassa vaikuttaa helpommalta kuin logistiikkapalvelualalla, mikä johtunee siitä, että tukkukaupan alalla vastuukysymykset ovat selkeämmät kuin logistiikkapalvelualalla, jossa vastuu on usein välillistä.

Tuotantotoiminta

Tuotantoyrityksille vaikuttaa olevan tyypillistä, että useat logistiset toiminnot on ulkoistettu logistiikkapalveluyritysten hoidettavaksi. Kuitenkin liiallinen yleistämisen alan moninaisuudesta johtuen voi olla harhaanjohtavaa. Käydyn haastattelun sekä muissa yhteyksissä tehtyjen havaintojen perusteella voidaan kuitenkin

¹³ Tutkimuksesta rajattiin tukkukaupan asiakas ulkopuolelle. Tämä on usein vähittäiskauppa. Voi olla, että tämä suhde voi jossakin määrin muistuttaa tuotannon ja tukkukaupan suhdetta. Kuljetusketjun lyhyys ja yritysten väliset omistussuhteet saattavat kuitenkin muuttaa tätä suhdetta.

tehdä johtopäätös, että yleinen toimintatapa on ulkoistaa kuljetukset logistiikka-palveluyhtiön hoidettavaksi¹⁴. Tämä voi johtaa siihen, että myös kuljetustapahtuman seuranta on ulkoistettu samalle palveluntuottajalle. Tästä seuraa, että toimiala ei välttämättä erityisemmin myöskään kannu huolta säätietojen vaikutuksesta kaupankäynnilleen, onhan sillä hyvätasoinen palveluntuottaja, joka tekee sen yrityksen puolesta. Kuitenkin yrityksellä on vähintäänkin välillinen vastuu mahdollisista vahingoista.

Tutkimustulosten yleistäminen logistiikan toimialalla

Tutkimustulosten yleistäminen tehtyjen haastatteluiden perusteella tulee tehdä varoen. Tämä johtuu ainakin kahdesta syystä. Haastateltavia yrityksiä oli yhteensä vain yhdeksän. Toisaalta kysymys siitä, miten yksittäisten yritysten tulokset voidaan kohdistaa koko logistiikka-alalle, voi johtaa virheellisiin tulkintoihin. Seuraavaksi näitä kysymyksiä tarkastellaan syvemmin.

Haastateltavien yritysten lukumäärä

Haastattelut olivat luonteeltaan kvalitatiivisia, eli kysymykset oli strukturoitu taulukon muotoon, ja tutkija avusti haastateltavaa kysymysten tulkinnassa. Kvalitatiiviselle tutkimukselle voidaan hyväksyä melko pieni otos, mutta toisaalta edellytetään, että suuria ristiriitaisuuksia vastausten välillä ei ole tai että ristiriitaiset vastaukset saadaan riittävästi selitetyksi. Tässä tutkimuksessa kaksi vastaajaa erosi selkeästi muista. Toinen, logistiikkapalveluyhtiön johtaja arvioi oman yrityksensä erittäin riippuvaiseksi säätiedoista. Vaikka yhtiön toiminta poikkeaa monissa suhteissa kilpailijoista, ero oli kuitenkin hätkähdyttävän suuri. Vaikka tutkija myöhemmin keskusteli henkilön kanssa uudestaan, ja sen seurauksena haastateltava tarkisti näkökulmaansa selkeästi, ero jäi edelleen huomattavaksi. Toisessa yrityksessä vastaaja katsoi, että hän ei pysty arvioimaan kaikkia vaikutuksia. Saattaa olla, että henkilö ei riittävästi tuntenut kysymyskenttää tai että hänen itsekritiikkinsä oli liian suuri vastaamaan jossakin määrin subjektiivisiin kysymyksiin. Saattaa myös olla, että hän todellisuudessa oli oikeassa: arvioiminen oli mahdotonta. Tästä voisi päätellä, että muut haastatellut olisivatkin suhtautuneet asiaan yliolkaisesti, esimerkiksi ajatteleamalla pääsevänsä vähimmällä

¹⁴ Metsäteollisuus on esimerkki toimialasta, jossa kuljetusten suunnittelu ja toteutus on pidetty omissa käsissä. Varsinainen kuljetustapahtuma, tai osa siitä, voi olla ulkoistettu, mutta toimiala on pitänyt logistiikan suunnittelun tiukasti omissa käsissään.

vaivalla haastattelusta. Koska tutkija ei havainnut tällaista muissa tutkittavissa, tätä vaihtoehtoa voidaan pitää spekulatiivisena.

Seurauksena edellisestä oli, että näiden kahden yrityksen haastattelutuloksia ei otettu mukaan yhteistarkasteluun, vaikkakin muita huomioita haastatteluista on käytetty tulosten tulkinnassa. Yhteensä tuloksia on siis kuudesta yrityksestä:

- tuotantotoiminta, 1 yritys
- kauppa, 1 yritys
- logistiikkapalvelu, 4 yritystä.

Aineiston niukkuuden ja hieman ristiriitaisten vastausten johdosta tuloksia tulee tarkastella suuntaa antavina. Yleistäminen liiaksi voi johtaa virheellisiin tulkitoihin.

Suomessa oli tukkukauppoja vuonna 2003 yhteensä 15 377 (Tilastokeskus 2005, s. 186–188. Luvut ovat vuodelta 2003.) ja niissä työskenteli yhteensä 85 575 henkilöä. Vastaavasti teollisuudessa oli 24 964 yritystä ja ne työllistivät yli 400 000 henkeä. Logistiikkapalvelualalla¹⁵ oli yrityksiä 21 008 ja työskenteli 124 885 henkilöä (taulukko 4.19).

Taulukko 4.19. Yritysten lukumäärä, henkilöstö ja liikevaihto toimialoittain.

Toimialatarkastelu	Yrityksiä	Henkilöstö	Liikevaihto
Tukkukauppa	15 377	83 575	51 751 100
Teollisuus	24 964	404 361	105 281 382
Logistiikkapalvelu	21 008	124 885	18 737 414

Tutkittujen yritysten koko vaihteli melkoisesti. Jotta saadut kustannusvaikutukset saatiin yhteismitallisiksi, yrityskohtaiset kokonaiskustannukset suhteutettiin yrityksen henkilöstömäärään. Saatuja lukuja hyödynnettiin arvioitaessa säätiöiden kokonaisvaikutusta logistiikassa.

¹⁵ Luvuissa ovat mukana seuraavat yritystyytit: maaliikenne, vesiliikenne, ilmaliikenne sekä posti- ja teleliikenne. Näistä suurin on maaliikenne, jossa toimii 20 060 yritystä ja työllistyi 68 382 ihmistä.

Taulukossa 4.20 on yhteenveto sääolosuhteiden maksimaalisesta taloudellisesta vaikutuksesta toimialoittain. Taulukosta on havaittavissa, että vaikutus on selkeästi suurin logistiikkapalvelualalla. Tällä toimialalla onnettomuuksien merkitys toiminnalle on huomattava. Lisäksi myös alan hallinnolliset toiminnot ovat herkkiä sääolosuhteille. Teollisuudessa onnettomuuksien merkitys on erittäin vähäinen, mutta hallinnollisissa tehtävissä muissa logistiikan kanavissa merkitys on huomattava. Tukkukaupan alalla sekä onnettomuuksien että muiden vaikutusten merkitys on melkein yhtä suuri, mutta nämä ovat melko vähäisiä verrattuna teollisuuteen ja logistiikkapalveluun.

Taulukko 4.20. Sääolosuhteiden (maksimaalinen) taloudellinen vaikutus logistiikassa tukkukaupan, valmistuksen ja logistiikkapalvelun osalta.

Vaikutus (1 000 euroa)	Onnettomuudet	Muut	Yhteensä
Tukkukauppa	980	810	1 790
Teollisuus	-	10 850	10 850
Logistiikkapalvelu	51 420	16 710	68 130
Yhteensä	52 400	28 370	80 770

Logistiikan eri toiminnot tarvitsevat erilaista meteorologista tietoa. Tätä havainnollistetaan taulukossa 4.21 tässä tutkimuksessa käsiteltyjen logistiikan päätoimintojen osalta. Luvut perustuvat haastateltujen yritysten edustajien näkemyksiin.

Taulukko 4.21. Logistiikan eri toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteet (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Logistiikka	Historia ja klimatologiset vaikutukset	Lyhyen ajan ennusteet	Vuoro-kausi-ennusteet	Viikko-ennusteet	Pitkän ajan ennusteet	Ilmastokenaariot
Markkinointi ja myynti	1	1	1	1	1	
Tilausten hallinta ja reklamaatiot	1	2	1	1	1	
Rahoitus ja riskien hallinta	1		1			1
Tuotannon toiminnot	2	3	3	1		

Taulukko 4.22 kuvastaa haastateltujen mielikuvaa sää tietojen tasosta. Tietojen saatavuus on arvioitu heikommaksi kuin tietojen luotettavuus ja kokonaistaso. On myös merkillepantavaa, että tietojen luotettavuutta pidettiin parempana kuin tiedon kokonaistasoa¹⁶.

Taulukko 4.22. Sää tietojen tason arviointi tiedon saatavuuden, luotettavuuden ja kokonaistason perusteella, asteikko 1–100.

Sää tietojen taso logistiikka-alalla	Historia ja klimatologiset vaikutukset	Lyhyen ajan ennusteet	Vuorokausiennusteet	Viikkoennusteet	Pitkän ajan ennusteet	Ilmastokenaariot
Tietojen saatavuus	62	70	67	35	20	30
Tietojen luotettavuus	88	82	73	52	23	35
Tiedon kokonaistaso	68	70	65	43	22	33

Taulukon 4.22 luvut kuvaavat nykytilannetta. Esimerkiksi lyhyen ajan ennusteissa on selkeä ero tietojen luotettavuuden (lukuarvo 82) sekä saatavuuden (70) ja kokonaistason (70) välillä. Tästä voi päätellä, että nostamalla tällaisen tiedon saatavuutta myös asiakkaiden kokema tiedon kokonaistaso nousee. Vaikuttaa siltä, että lyhyen ajan ennusteiden saatavuudella tarkoitetaan lähinnä paikallisen sää tiedon reaaliaikaista tuottamista käyttäjälle. Tällaisen palvelun kehittäminen ilmeisesti vaikuttaa positiivisesti vahinkojen vähenemiseen, eli tiedon vaikuttavuus on suuri. Samanlainen tilanne on myös vuorokausiennusteissa. Sää tieto on sinänsä melko korkeatasoista, mutta käyttäjät kokevat tiedon saatavuuden ongelmaksi ja tämän seurauksena arvioivat tiedon kokonaistason selkeästi heikommaksi. Tutkimuksessa ei haastateltavilta kysytty, miten suurta olisi sää palvelujen käyttö, jos tietojen saatavuuden ongelma olisi poistunut. Voidaan kuitenkin olettaa, että jo pelkästään tämä lisäisi käyttöä merkittävästi.

Taulukon 4.20 mukaisesti sääolosuhteista riippuvaiset logistiikan kustannukset, joihin sää tiedoilla voidaan nykytilanteessa vaikuttaa, ovat noin 80 miljoonaa euroa vuodessa. Tutkimuksen mukaan vaikutustapoja on kahdentyyppisiä:

¹⁶ Tietojen saatavuudella tarkoitetaan sitä, miten helposti käyttäjä saa tiedon käyttöönsä; tietojen luotettavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka luotettavana tietoa pidetään; tiedon kokonaistasolla tarkoitetaan sitä, miten haastateltava arvioi tietoa kokonaisvaltaisesti.

- tiedon saatavuuden parantaminen
- tiedon tason parantaminen.

Tulosten perusteella näistä kahdesta vaikutuskeinosta pullonkaulana on tällä hetkellä tiedon saatavuus¹⁷. Koska tiedon saatavuutta pidettiin heikompana kuin sen yleistä tasoa, voidaan olettaa, että tiedon tason nostaminen on ajankohtaista vasta kun tiedon saatavuus on karkeasti yhtä korkea kuin tiedon taso. Toisaalta haastateltavat näkivät tiedon tason olevan vielä melko kaukana ideaalitalanteesta, lukuarvosta 100. Tähän kysymykseen tässä tutkimuksessa ei puututa muuten kuin toteamalla, että selkeästi kriittisimmäksi ennusteajaksi haastateltavat näkivät maksimissaan noin kymmenen vuorokauden ennusteet. Jos tällä aikajaksolla tiedon tasoa saadaan nostettua, vaikutukset lienevät hyvin suuret. Myös pitkien aikajaksojen ennusteiden mahdollisen paranemisen vaikutuksia pidettiin suurina, mutta haastateltavat pitivät säämallien yli kahden viikon luotettavaa ennustettavuutta myös tulevaisuudessa melko alhaisena.

Säätietojen kustannusvaikutus

Edellä esitetty arvio sääolosuhteiden vaikutuksesta logistiikkaan kuvastaa eri tekijöiden yhteisvaikutusta. Tähän kokonaisvaikutukseen voidaan säätiiedoilla vaikuttaa vain osittain. Eri tutkimustulokset viittaavat siihen, että tämä vaikutus olisi noin 8 % (Boselly 2001) kokonaisvaikutuksesta (80 miljoonaa euroa vuodessa) eli kaikkiaan noin 6,4 miljoonaa euroa vuodessa. Ilmatieteen laitoksen palveluiden osuuden tästä arvioitiin olevan noin 5,1 miljoonaa euroa (80 %).

Tämä tarkoittaisi, että nykyisistä logistiikka-alan sääolosuhteista aiheutuvista vahingoista 6,4 miljoonaa euroa voitaisiin välttää paremmalla tiedottamisella, mistä luvusta noin 65 % (noin 4 miljoonaa euroa) muodostuu erilaisista kuljetuksiin liittyvistä vahingoista. Kun säätietojen taso vaikuttaa otoksen perusteella paremmalta kuin tiedon saatavuus, voidaan päätellä, että ainakin keskipitkällä tähtäimellä sääntutkimuksen kannattaisi nimenomaisesti kehittää säätietojen saatavuutta. Todennäköisesti kyse olisi käyttäjä- tai yritysکوhtaisen tietotarpeen tuottamisesta. Vasta kun tiedon jakaminen vastaa yritysten tarpeita, kannattaa keskittyä tiedon tason kohottamiseen, jos se ylipäänsä on mahdollista.

¹⁷ Muutamissa yksittäisissä vastauksissa oli myös päinvastainen tilanne: haastateltava koki tiedon saatavuuden paremmaksi kuin tiedon tason. Tällainen absurdilta vaikuttava tilanne voi syntyä tilanteessa, jossa turhaa, liikaa tai virheellistä tietoa tuotetaan asiakkaalle.

On merkille pantavaa, että vaikka taulukon 4.20 yhteisarvo, noin 80 miljoonaa euroa, on suuri summa, se on yrityskohtaisesti ja erityisesti työntekijää kohden laskettuna melko pieni kustannus. Jos tämä luku suhteutettaisiin yksittäisiin lähetyksiin, nähtäisiin, että mikrotasolla hyöty on varsin rajallinen. Kuitenkin vaikutus on kansantalouden näkökulmasta katsottuna melkoinen. Kustannusvaikutus tuntuu eniten kasautuvan logistiikkapalvelualalle, jossa valtaosa maamme kuljetuksista integroidaan useille näkymättömäksi kuljetusjärjestelmäksi. Kuitenkin tämä järjestelmä hajautuu eri yhtiöiden eri henkilöiden hoidettavaksi, jolloin saavutettavaa hyötyä on vaikeata hahmottaa jopa näissä yrityksissä. Syntyneet yksittäiset vahingot ja haitat ovat usein taloudellisia, joko kuljetuskalustoon tai tavaraan liittyviä – onneksi harvemmin ihmisiin kohdistuvia¹⁸. Vahingot puolestaan ovat joko välittömiä tai välillisiä. Välittömiä ne ovat silloin, kun kustannukset ovat melko helposti kohdennettavissa. Välillisiä kustannuksia ovat ne, joiden kohdentaminen on hankalampaa. Esimerkiksi menetetyt myynnit, työajan menetysten ja vastaavien asioiden hoitaminen ovat vaikeasti kohdennettavia välillisiä vaikutuksia.

Päätelmät ja suositukset

Säätietojen vaikuttavuustutkimus logistiikka-alalla

Tutkimus osoitti, että säätietojen vaikuttavuutta logistiikka-alalla voidaan arvioida. Tässä tutkimuksessa arvioitiin, kuinka paljon parannettujen sää- ja kelitietopalveluiden hyöty logistiikka-alan yrityksille voisi olla. On ilmeistä, että vaikutukset yritystasolla ovat melko suuret, joskin hyöty yksittäiselle lähetykselle laskettuna on melko vähäinen. Tässä tutkimuksessa saadut arvot perustuvat alan asiantuntijoiden haastatteluihin otoksen ollessa hyvin rajattu. Koska tällaista vaikuttavuustutkimusta ei ole logistiikka-alalla tehty aikaisemmin, saatuihin lukuarvoihin tulee suhtautua suuntaa antavina. Jotta säätietojen vaikuttavuus logistiikka-alalla saadaan määritettyä tarkemmin, tulisi jatkotutkimuksessa kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin:

- otoksen laajentaminen, erityisesti tukkukaupan ja tuotannon osalta
- toimialojen tarkempi analyysi
- haastateltavien asiantuntemus.

¹⁸ Henkilövahinkoihin liittyvä tutkimus on rajattu logistiikkaosion ulkopuolelle.

Sekä tukkukauppaa että tuotantoa edusti tutkimuksessa vain yksi yhtiö. Vaikka näiden yhtiöiden edustajien asiantuntemus oli korkea, ei voida olettaa, että nämä vastaukset voivat edustaa kokonaisia toimialoja.

Saatujen yksittäisten yritysten lukuarvot suhteutettiin henkilöstön lukumäärään, jota käytettiin arvioitaessa kokonaisvaikutusta toimialoittain. Tämä yleistäminen sisältää virhemahdollisuuksia. Esimerkiksi logistiikkapalvelualalla laskettiin olevan lähes 125 000 työntekijää. Ovatko nämä kaikki samanarvoisia, vai tulisiko tästä luvusta karsia osa pois tai mahdollisesti lisätä joitakin? Esimerkiksi Suomen huolintaliikkeiden liiton jäseniä on noin 6 000. Tutkimuksessa ajatus henkilöstön suhteuttamisesta perustui siihen, että koska kyse on palvelualasta, todellisuudessa koko henkilöstö osallistuu tämän palvelun tuottamiseen. On siis usein makuasia, miten myynnin, hallinnon ja operatiivisen toiminnan välinen raja määritetään. Avoimilla markkinoilla kilpailu johtaa mahdollisimman optimaaliseen organisaatioon, joka kuitenkin voi olla erilainen eri yrityksillä, vaikka ne toimisivat samoilla markkinoilla. Näkemykseni on, että lukujen suhteuttaminen henkilöstön määrään soveltuu laskennan perustaksi. Kuitenkin tarkasteltaessa koko toimialaa eroja saattaa syntyä paljonkin. Niitä tässä tutkimuksessa ei ole voitu tarkastella.

Tutkimusmenetelmä osoittautui riittäväksi. Asiantuntijahaastattelun avulla voidaan melko nopeasti arvioida säätietojen vaikutusta. Ongelmia aiheutti lähinnä kaksi tekijää. Ensinnäkin asiantuntijan löytäminen organisaatiosta osoittautui työlääksi. Tämä johtui siitä, että yleensä tehtävät on järjestetty toiminnoittain (esimerkiksi *myynti* tai *reklamaatioiden hoitaminen*). Harva ihminen tuntee tutkimuksessa sovelletun kanavaperusteisen tarkastelun ja vielä harvemmin kaikki kanavat yhdessä (esimerkiksi kysymys, miten paljon myyntitoiminta huomioi kauppasopimuksessa eri osapuolten tarpeet säätiedoista). Toiseksi numeeristen arvojen määrittäminen voi olla vaikeata, ainakin yhdelle henkilölle. Esimerkiksi toimitusjohtaja voi melko helposti arvioida eri kanavien keskinäiset suhteet, mutta hän ei välttämättä tiedä täsmälleen, kuinka paljon erilaisia vahinkoja yrityksessä tapahtuu, saatikka näiden vaikutusten taloudellista vaikutusta. Tämän johdosta on suositeltavaa, että käytettyä kysymyslomaketta kehitetään sellaiseksi, että vastaaja voi etukäteen valmistella vastauksia. Kuitenkin kysymysten yhteismitallisuuden varmistamiseksi on tärkeätä, että tutkimuksen luonne säilyy enemmän laadullisena kuin kvantitatiivisena. Tällöin tutkijan rooli haastattelun aikana on keskeinen.

Suosituksset Ilmatieteen laitokselle

Tutkimus osoittaa, että kehittyvän säätietopalvelun avulla voidaan vähentää onnettomuuksia ja vahinkoja logistiikka-alalla. Logistiikka-alalla päivittäisten ruutiinien hoitaminen on niin intensiivistä toimintaa, että tämä tärkeä turvallisuuden ja muihin toimintoihin vaikuttava osa-alue on jäänyt melko vähäiselle huomiolle. Lisäksi logistiikan palvelukokonaisuus muodostuu niin useista osatekijöistä, että säätietojen merkitys usein pirstaloituu satunnaisesti seurannaksi eri yksiköissä ja henkilöittäin. Alalla ei vielä ole nähty yhtäältä säätietojen ajallisten vaikutusten, proaktiivisen ja ennaltaehkäisevän seurannan merkitystä.

Haastattelut alan johtavien asiantuntijoiden kanssa kuitenkin vahvistavat käsitystä, että seurantapalveluiden kehittäminen on hyvin ajankohtaista. Palvelut tulee voida kohdistaa tarpeisiin, ja nämä tarpeet vaihtelevat yrityksittäin, yksiköittäin, prosesseittain, kanavittain ja henkilöittäin. Lisäksi tiedon tulee vastata vaivattomasti juuri siihen kysymykseen, joka kullakin henkilöllä juuri tarkasteluhetkellä on mielessä. Yrityksen johtoa vaikuttaa eniten kiinnostavan yrityksen suunnitteluun liittyvät tehtävät, jolloin säätietojen aikajänne on pitkä ja tarve satunnainen. Keskijohto suunnittelee yleensä maksimissaan noin kahden viikon aikajänteellä tapahtuvaa toimintaa ja muutaman päivän mittaista jaksoa. Operatiivisessa toiminnassa olevat henkilöt tarvitsevat aivan lyhyen ajan ennusteita, näistä eniten keskustelua viime aikoina on ollut vallitsevista tieolosuhteista.

Sääolosuhteiden vaikutukset maassamme ovat suuret. Tutkimuksen aineiston perusteella suuruusluokka on noin 80 miljoonaa euroa vuodessa, mistä eri kuljetusvahinkojen määrä on yli puolet, noin 50 miljoonaa euroa vuodessa. On esitetty erilaisia arvioita siitä, kuinka paljon säätiedoilla voidaan näihin kustannuksiin vaikuttaa. Tässä tutkimuksessa on käytetty arviota 8 % (liikennevahinkojen osalta). Tämä tarkoittaisi noin 6,4 miljoonan euron kokonaisvaikutusta vuodessa. Saadut luvut perustuvat hyvin pieneen otokseen, mutta asettavat vaikutusten suuruusluokan kohdalleen ja näin mahdollistavat eri toimialojen välisen vertailun.

Toimitusketjujen herkkyys erilaisille häiriöille kasvaa jatkuvasti, koska toimitusketjun viiveet ja välivarastoinnit pyritään poistamaan mahdollisimman pitkälle. Tällöin myös säätietojen merkitys eräänä viiveitä aiheuttavana tekijänä korostuu tulevaisuudessa yhä enemmän.

Haastateltavat yritykset pitivät saamiensa säätietojen luotettavuutta tärkeimmiksi katsomillaan aikaperspektiiveillä melko hyvinä. Toisaalta tiedon saatavuutta pi-

dettiin heikompana. Tämä indikoi sitä, että Ilmatieteen laitoksen kannattaa lähitulevaisuudessa panostaa tiedon saatavuuteen.

Tutkimuksessa tarkasteltiin logistiikkaa eri kanavien näkökulmasta. Tulokset osoittivat, että säätiedoilla voidaan vaikuttaa kaikkien kanavien tehokkuuteen. Kuitenkin, useimmiten syy ongelmiin oli fyysisessä toimituksen kanavassa. Se hallinnollinen työ, johon muissa kanavissa jouduttiin, oli usein seurausta kuljetuksiin liittyvistä ongelmista. Tämä indikoi sitä, että Ilmatieteen laitoksen kannattaa ensin panostaa toimituksen kanavaan.

4.7 Talonrakennus ja kiinteistönhallinta

Säätietojen merkitys rakentamisessa ja kiinteistöjen ylläpidossa

Ilmatieteen laitoksen palvelujen arviointi rakentamisen ja kiinteistöjen ylläpidon näkökulmasta

Ilmatieteen laitos tuottaa rakentajille ja kiinteistöpalvelujen tuottajille reaaliaikaista säätietopalvelua. Tämän palvelun käyttöä ja sisältöä arvioitiin asiantuntija-arvion ja alan toimijoille tehdyn kyselyn perusteella. Yhteensä tutkimuksessa haastateltiin viittä rakennus- ja kiinteistöalalla toimivaa asiantuntijaa. Kyselytutkimus toteutettiin seuraavasti: Kymmenelle rakennusalan eri toimijatahoa edustavalle henkilölle lähetettiin sähköpostilla viisi avointa kysymystä sisältävä lomake. Vastaajat valittiin siten, että osa heistä edusti rakennuttajia, osa rakennusliikkeiden strategisesta toiminnasta vastaavaa ylintä johtoa ja osa operatiivisesta toiminnasta vastaavaa työpäällikkötasoa. Vastauksia saatiin neljä. Määrä on vähäinen, mutta jokaisesta ryhmästä saatiin kuitenkin vastaus.

Säätietiedon merkitystä rakentamisessa on Suomessa tutkittu runsaasti 1970–1980-luvuilla. Tältä ajanjaksolta on myös käytettävissä rakentamisen sääherkkyyteen liittyviä tutkimuksia. Rakennusalan suhdannetaantuma 1990-luvun alussa vaikutti erittäin voimakkaasti rakennusliikkeiden toimintaan. Pohjoisen rakentamisen merkitys yritysten strategiassa väheni. Samalla väheni kiinnostus kehittää kylmissä olosuhteissa tehtävän rakentamisen teknologiaa. Vasta ilmastonmuutoksen muuttuminen globaalisti kiinnostavaksi kysymykseksi elvytti suomalaisen rakennusalan tutkimuksen uudelleen.

Suomen ilmaston ennakoitaan muuttuvan siten, että routasyvyys Suomessa tulee selvästi alenemaan. Taajamatulvien esiintymistodennäköisyys kasvaa. Viistosateiden määrä lisääntyy, ja sään rakennusvaiheelle asettamat riskit tulevat tältä osin kasvamaan. (Alaoutinen et al. 2004). Ilmastonmuutokseen liittyvät tarkemmat tarkastelut rajattiin tämän arvioinnin ulkopuolelle.

Sääolosuhteiden vaikutus talonrakentamisessa

Rakentaminen on sääherkkää toimintaa, ja ennen vesikaton tarjoamaa sääsuojaa riski vakavien rakennusvaurioiden syntymiselle on suuri. Rakentaminen pyritäänkin ajoittamaan siten, että sääherkät työt tehdään kesäaikana, jolloin syksyllä

rakennustyö voidaan tehdä säältä suojassa. Tämä vähentää sekä sateiden riskiä että erityisesti lämmityspäivien määrää.

Taulukossa 4.23 esitetään talonrakentamiseen liittyvät työvaiheet, joissa sääriskin vaikutus on suuri.

Taulukko 4.23. Talonrakennushankkeen työvaiheet, joissa säätiedolla on merkitystä työn suunnittelussa. Sarakkeessa ”merkitys” on arvio säätiedon merkityksestä rakennusvaiheen läpiviennille ja sarakkeissa ”tuuli”, ”vesi- tai lumisade” ja ”lämpötila tai ilman suhteellinen kosteus” on arvio yksittäisen säätiedon merkityksestä.

	Merkitys	Tuuli	Vesi- tai lumisade	Lämpötila tai ilman suhteellinen kosteus
Maa- ja pohjarakennus	Suuri	–	+	++
Raudoitus- ja betonityö	Suuri	–	+	++
Metallityö ja peltityö	Pieni	–	–	–
Muuraus, rappaus, laatoitus (ulkopuolelta)	Kohtalainen	–	+	++
Elementtityö	Kohtalainen	++	+	++
Puutyö ja levytyö	Pieni	–	–	–
Lämmöneristys (ulkopuolelta)	Erittäin suuri	+	+++	+
Vedeneristys ja kosteuseristys (kattotyö)	Erittäin suuri	+	+++	+++
Maalaustyö (ulkopuolelta)	Erittäin suuri	++	+++	+++

– = ei merkitystä

+ = vähäinen merkitys

++ = suuri merkitys

+++ = erittäin suuri merkitys

Rakennustyömaan olosuhteita pystytään ilmaisemaan keskimääräisillä ilmastotilastoilla varsin hyvin. Rakentamisen suunnittelussa ja suojausten mitoittamisessa on kuitenkin tärkeää tietää ilmastotekijöiden vaihtelut. Ilmasto-olosuhteet vaikuttavat erityisesti talvella tapahtuvaan rakentamiseen. Tällöin on tärkeää tietää (Kokki & Mäkelä 1980)

- odotettavat lämpötilat ja niiden vaihtelut
- talven ja kevään alkamisajankohta (talven pituus)

- kovien pakkaspäivien lukumäärä
- maarakennus- ja perustusvaiheessa pakkasmäärät
- lumi- ja vesisateiden määrä
- ilman kosteus
- tuulen nopeus
- valaistusolosuhteet.

Rakentajalla on oltava selvä käsitys paikallisilmaston ja ilmastotilastojen suuruusluokasta. Tärkeimmät tekijät, joilla on vaikutusta tuotannon suunnitteluun ja kustannuksiin, ovat

- pakkasmäärä
- maan jäätyminen
- betonin lujuuskehityksen arviointi (jäätymislujuus ja muotin purkulujuus)
- lumi
- ilman kosteus
- tuuli ja pimeys.

Pakkasmäärällä tarkoitetaan pakkasasteiden ja pakkaskauden pituuden tuloa. Suuri pakkasmäärä merkitsee rakentamiselle lämmitys- ja sulatustarpeen kasvua, suurempaa roudan syvyyttä ja pidempiä keskeytyksiä. Maapohjan ja perustusten routasuojaustarvetta mitoitettaessa tarvitaan tiedot mitoituspakkasmääristä. Jos lopullista routasuojausta ei tehdä sulan maan aikana, tehdään perusrakenteille rakennusaikainen routasuojaus, jonka pakkasmäärä on F_2 , F_5 tai F_{10} (kerran kahdessa, viidessä tai kymmenessä vuodessa toistuva pakkasmäärä). Routasuojuuksen mitoituksessa otetaan huomioon routasuojuettava kohde, rakenteiden vaurioitumisherkkyys ja routanousujen todennäköisyys, routasuojuuksen tehon seurannan järjestely sekä kohteen todellinen pakkasmäärä eli mikroilmasto kohteessa (Suomen Rakennusteollisuusliitto 1990).

Kohteen olosuhteet ja myös mikroilmasto suhteessa lähimpään Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemaan voivat vaihdella paljon. Siksi routasuojuuksen tehon seuranta on vaurioiden ennalta ehkäisemisen vuoksi tärkeää.

Perustuksia ei saa tehdä jääntyneen maan varaan. Esiin kaivettu maapohja on suojuettava heti. Maapohja on mahdollista eristää esimerkiksi mineraalivillamatolla tai vastaavalla muulla lämmöneristeellä. Jos maapohja uhkaa jäätyä, on maata lämmitettävä. Jos maapohja pääsee jäätymään, on sen sulattaminen pitkä ja kallis tehtävä (Suomen Rakennusteollisuusliitto 1990).

Pääosa talonrakentamisesta tehdään esivalmisteita käyttäen. Massiivisia valuja tehdään perustusrakenteiden lisäksi mm. väestönsuojarakenteita tehtäessä. Kuitenkin myös elementtejä käytettäessä joudutaan tekemään juotosvaluja, jotka eivät saa jäätyä.

Betonin lujuuden kehitys on hyvin lämpötilasidonnaista. Betonin jäätyminen tulee estää. Muottirakenteiden purkua ei voida tehdä ennen kuin betoni on saavuttanut purkulujuuden.

Jäätymis- ja purkulujuuden arvioinnissa käytetään lämpöastevuorokausisummaa. Lämpöastevuorokausisumman perusteella voidaan arvioida sideaineen laadusta ja betonin suunnittelulujuusluokasta riippuva lujuuden kehitys. Astevuorokausisumma perustuu betonirakenteen lämpötilan jatkuvaan seurantaan (Suomen Rakennusteollisuusliitto 1990).

Eniten sääolosuhteet kuitenkin vaikuttavat työvaiheisiin, jotka ovat herkkiä kastumisen suhteen. Tällaisia töitä ovat lämmöneristystyöt, vesikattotyöt ja maalaus- ja pinnoitetyöt. Näiden töiden ajoituksessa luotettavan säätiedon merkitys on erittäin suuri. Jos rakenne pääsee kastumaan, tulevat vauriot esille yleensä vasta rakentamisen valmistuttua kosteus- ja homevaurioina. Vaurioiden korjaaminen on paitsi vaikeaa myös hyvin kallista.

Sääolosuhteiden vaikutus ylläpitoon

Kiinteistönpidossa säätiedolla on merkitystä erityisesti talvikaudella liukkauden torjunnassa, lumitöissä ja vesihuollon turvaamisessa (ks. taulukko 4.24.). Erittäin tärkeää yksittäinen asia on prosessiteollisuuden vesihuollon turvaaminen. Prosessiteollisuuden vesihuollon ongelmat johtuvat alijäähtyneen veden (supon) aiheuttamasta riskistä avokanavissa. Vaikka ongelma koskettaa yleensä raskaan prosessiteollisuuden tuotantoa, on ongelman ennakolta estämisestä vastuussa yrityksen teollisuuskunnossapidon rakennustekniikan yksikkö. Suppovaroituksen sisällyttäminen Ilmatieteen laitoksen sääpalveluluetteloon voisi olla hyödyllinen lisä.

Taulukko 4.24. Kiinteistönhoidon tehtävät, joissa säätiedolla on merkitystä työnsuunnittelussa. Sarakkeessa ”merkitys” on arvio säätiedon merkityksestä rakennusvaiheen läpiviennille ja sarakkeissa ”tuuli”, ”vesi- tai lumisade” ja ”lämpötila tai ilman suhteellinen kosteus” on arvio yksittäisen säätiedon merkityksestä.

	Merkitys	Tuuli	Vesi- tai lumisade	Lämpötila tai ilman suhteellinen kosteus
Liukkauden torjunta	Suuri	–	++	++
Lumityöt	Suuri	++	++	+
Muu ulkoalueiden hoito	Pieni	–	–	–
Lämpöhuolto	Pieni	–	–	+++
Vesihuolto	Pieni	+	–	++
Sähköhuolto	Pieni	+	+	++
Siivous	Pieni	–	–	–
Jätehuolto	Pieni	–	–	–
Erikoislaitehuolto	Pieni	–	–	–
Hallinnointi	Pieni	–	–	+
Kunnossapito	Suuri	+	+++	++

– = ei merkitystä

+ = vähäinen merkitys

++ = suuri merkitys

+++ = erittäin suuri merkitys

Säätila vaikuttaa kiinteistönhoitoon pääasiassa talvella. Liukkauden torjunta ja lumitöihin varautuminen ennakolta edellyttävät luotettavaa säätietoa. Jos olisi käytettävissä luotettavia pitkän ajan ennusteita, myös lämmitystarpeen ja sähkön kulutuksen mahdollisiin rajoituksiin voitaisiin varautua jo ennakolta.

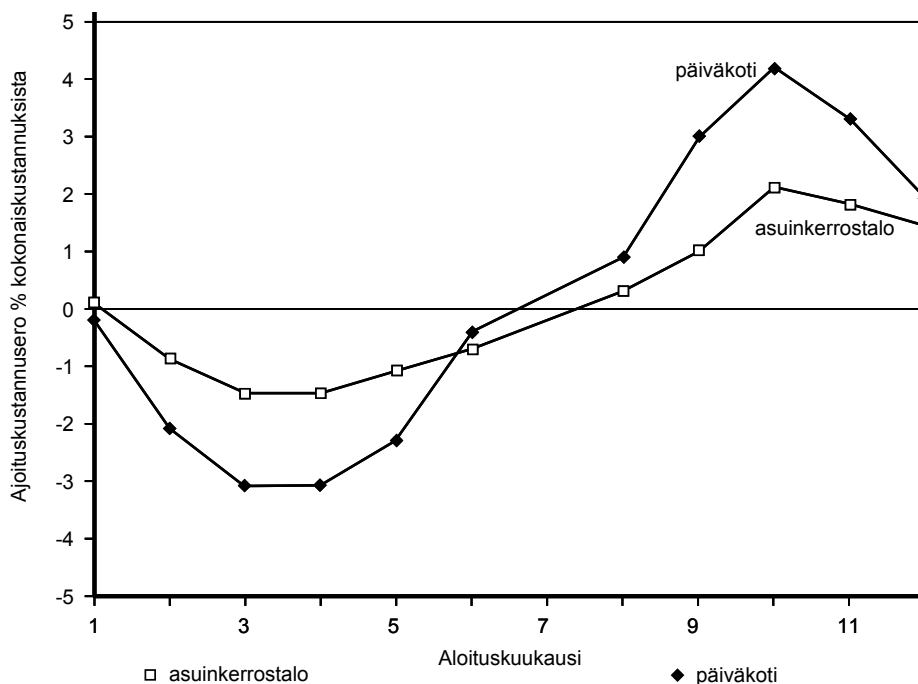
Suomessa on jonkin verran rakennuksia, joiden kattorakenteiden lumikuormaa on rajoitettu siten, että lunta saa kertyä katolla vähemmän kuin kuormitusnormit sallisivat. Tämä merkitsee, että rajujen lumimyrskyjen edellä katot pitäisi pystyä puhdistamaan olevasta lumesta, jotta uusi lumi ei muodosta rakenteellista riskiä. Tällöin luotettava 1–4 päivän ennuste riittää ylläpidosta vastaavalle hoitamaan lumityöt ennakolta ja estämään kinoskuormasta johtuvan sortuman.

Jos ulkoilman suhteellinen kosteus on pitkän aikaa poikkeuksellisen korkea, voi tästä aiheutua rakenteissa kosteus- ja homevauriota. Ylläpidossa tulee tunnistaa ne rakennukset, joiden kohdalla tällainen riski on olemassa ja varautua ehkäisemään vaurioiden syntyminen ennakolta.

Säätilan vaikutus rakentamisen ja ylläpidon kustannuksiin

Rakentaminen

Suomessa on niukasti tutkittu sään vaikutusta rakennuskustannuksiin. Työvoimaministeriön rahoittamassa tutkimuksessa kehittivät Poikonen ja Kiiras (1989) talonrakennustöille ajoituskustannusmallin, jossa mm. vuodenajan vaikutus rakennuskustannuksiin otetaan huomioon. Kuvassa 4.8 on esimerkki ajoituskustannusmallin sovelluksesta päiväkodissa ja asuinkerrostalossa. Kuvasta voidaan havaita, että ajoituskustannukset ovat herkkiä suunnitelman osalta siten, että päiväkotirakennuksessa ajoituskustannusten vaihtelu on noin 7 % ja asuinkerrostalossa noin 4 %. Epäedullisin rakentamisen aloituskuukausi on lokakuu ja edullisin maaliskuuhuhtikuu.



Kuva 4.8. Suunnitelman vaikutus ajoituskustannusten suuruuteen Poikosen ja Kiiraksen (1989) mukaan.

Ajoituskustannusmalli perustuu rakennushankkeen kokonaistyömenekkimalliin, jonka perusteella laaditaan rakennusvaiheittainen ajoitusmalli. Tämä puolestaan muutetaan ajoituskustannusmalliksi hinnoittelemalla ajoituksen vaikutukset

työmaan käyttö- ja yhteiskustannuksiin, keskeytyskustannuksiin, keston muutoksesta johtuviin kustannuksiin, vuodenajan kustannuksiin ja rakennusaikaisen rahoituksen kustannuksiin. Taulukossa 4.25 esitetään asuinkerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset kustannuslajeittain prosentteina vastaavista kesäarakentamisen kustannuksista. Suurin kustannusmerkitys on perustustyövaiheen kohdalla, jossa talvirakentamisen aiheuttamat lisäkustannukset ovat 13–15 %. Runkotyövaiheessa lisäkustannukset ovat 5,5–7,5 % ja sisävalmistustyövaiheessa 3,3–3,7 %.

Taulukko 4.25. Kerrostalon talvirakentamisen lisäkustannukset (Poikonen & Kiiras 1989).

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6–2,9	0,6–0,7	–
Materiaalilisä	1,7–3,7	0,6–1,9	–
Energialisä	0,9–1,0	1,2–1,4	2,8–3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8–2,2	1,2–1,4	0,1–0,2
Talvilisätyöt	1,6–1,8	0,7–0,9	0,2–0,4
Aikakustannuslisä	2,0–2,2	1,0–1,2	–
Yhteensä	13–15	5,5–7,5	3,3–3,7

Perustustyövaiheessa talvirakentaminen vaikuttaa eniten työmenekkiä kasvattavasti, samoin vaikutus materiaalimenekkiin on merkittävä. Runkotyövaiheessa suurin vaikutus on materiaalimenekin kohdalla, mutta myös vaikutus työmaan yhteiskustannuksiin (aikasidonnaiset kustannukset) on merkittävä. Sisävalmistusvaiheessa talven kustannuksia lisäävä vaikutus johtuu pääasiassa lisääntyneestä lämmitystarpeesta.

Kiinteistöjen ylläpito

Ylläpidon osalta ei ole tehty selvityksiä siitä, mitkä ovat säästä johtuvat kustannukset. Eniten sää vaikuttaa lämmitystarpeeseen. Myös pitkien kireiden pakkasjaksojen aiheuttamat sähköntuotannon rajoitukset tai katkot vaikuttavat ylläpito-kustannuksiin. Maan jäätyemisestä johtuvat rakenteiden routavauriot ja putkistojen jäätymiset heijastuvat kunnossapitokustannuksiin. Talven lumisuus lisää lumityökustannuksia, jotka kohdennetaan joko ulkoalueiden hoidon nimikkeelle tai kiinteistöpalvelujen kustannuksiin.

Taulukossa 4.26 esitetään Oulussa sijaitsevan kerrostalon osalta säätilan vaikutus ylläpitokustannuksiin leutona ja vähälumisena talvena verrattuna lumiseen ja kylmään talveen. Tarkastelu osoittaa, että säätilalla on huomattava vaikutus ylläpitokustannuksiin. Toisaalta ylläpitokustannusten ohjauksessa säätilan hyödyntäminen on yksittäisen taloyhtiön kannalta hankalaa. Jos vastaava tarkastelu tehdään esimerkiksi kunnan koko kiinteistökontaan kohdistuvana, voidaan kiinteistöhoitoresurssien ohjausta tehostaa luotettavan säätilan avulla.

Taulukko 4.26. Säätilasta riippuvat ylläpitokustannukset tyypillisessä oululaisessa 1970-luvun asuinkerrostalossa (lähde: ko. asunto-osakeyhtiön tuloslaskelmatieto vuodelta 2004).

Tehtävä	Ylläpitokustannukset, €/vuosi		Ero (%)
	Lauha ja vähäluminen talvi	Kylmä ja runsasluminen talvi	
Isännöintipalvelut	4 000	4 000	
Kiinteistöhoito ja ulkoalueiden hoitopalvelut	6 000	7 000	16
Lämmitys	18 000	25 000	40
Kiinteistösähkö	2 000	2 000	
Vesi	10 000	10 000	
Jätehuolto	2 000	2 000	
Siivous	2 000	2 000	
Yhteensä	44 000	52 000	18

Sääriskin hinta rakentamisessa ja kiinteistöjen ylläpidossa

Säästä johtuvien rakennusvirheiden suuruudesta ei ole olemassa tilastoja. Rakennuskannassa ilmenevät sisäilmaongelmat ovat ainakin osittain seurausta rakennusvaiheen aikana tapahtuneista sääsuojauksien laiminlyönneistä.

Rakentamisen kulttuuri on kuitenkin muuttumassa. Rakennusvaiheen aikaista laadunvarmistusta on lisätty ja entistä suurempi huomio kiinnitetään siihen, että työn aikana ei virheiden sallita syntyvän.

Taulukossa 4.27 esitetään tekijät, jotka tulee ottaa huomioon arvioitaessa säästä johtuvan riskin hintaa rakentamisessa ja kiinteistönpidossa.

Taulukko 4.27. Sääriskin hinnan arvioinnissa huomioon otettavat tekijät.

Tekijä	Arvioitavuus
Sään aiheuttaman välittömän vahingon suuruus (euroa)	Helppo
Sään aiheuttaman välillisen vahingon suuruus (euroa)	Vaikea
Sääriskin eliminoimisen hinta (euroa)	Helppo
Sääriskin toteutumisen todennäköisyyden odotusarvo (%)	Vaikea

Käytännössä on suhteellisen helppo arvioida sään aiheuttaman välittömän vahingon suuruus (euroa). Samoin riskin eliminoimisen hinta on helppo arvioida. Sääriskin toteutumisen todennäköisyyden arviointi on käytännössä hyvin vaikeaa, koska luotettavia tilastollisia tietoja ei ole paikkakuntaakohtaisesti käytettävissä. Tämän vuoksi joudutaan vaativissa tapauksissa turvautumaan operaatiotutkimuksen menetelmiin. Yleisimmin käytetään päätöspuumenetelmää, jota voidaan täydentää esimerkiksi Monte Carlo -simuloinnilla, jos säätietoa on käytettävissä.

Välillinen vahinko, kuten ihmisen terveyden hinta, on vieläkin vaikeampi arvioida. Välillisten vahinkojen (terveyshaitat, yrityksen maine) hinta suhteessa välittömään vahinkoon on paljon suurempi. Suomessa ei ole tehty luotettavia selvityksiä siitä, mikä on rakennusvaiheessa syntyneen kosteus- ja homevaurion hinta kansantaloudelle.

Toistaiseksi Suomen oikeuskäytännössä ei tiettävästi ole hankkeeseen ryhtyviltä peritty terveyshaitan aiheuttamisesta korvauksia, koska altistumisen ja sairastumisen välistä näyttöä ei voida luotettavasti osoittaa. Siten jälkimmäinen kustannuserä on asiantuntija-arvio siitä, mitä tulevaisuudessa rakennusalalla voi olla edessä. Vaurion seuraukset eivät näy kansantalouden tilinpidossa rakentamisen kustannuksina vaan palvelujen kustannuksina.

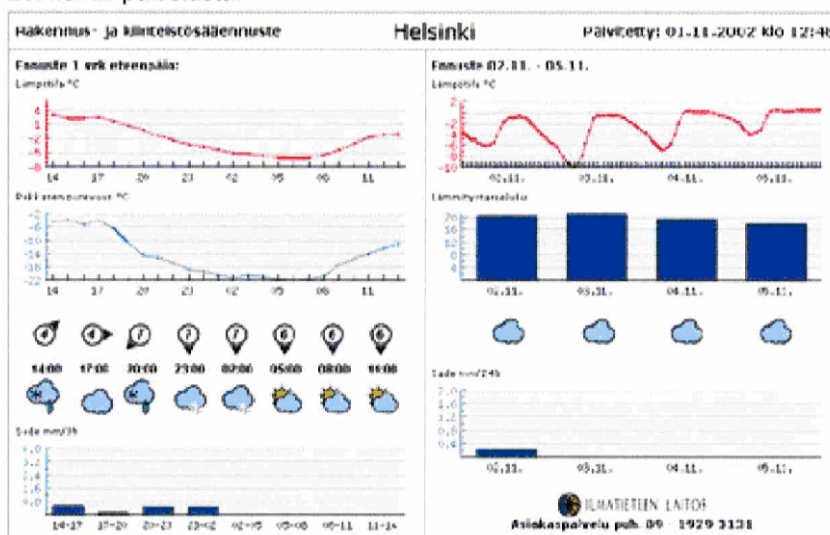
Ilmatieteen laitoksen sääpalvelu

Ilmatieteen laitos tarjoaa rakentajille sääpalvelua radion ja television kautta annettavista säätiedotuksista, sanomalehtien kautta, Internet-sivustonsa¹⁹ kautta ja asiakkaille räätälöitynä palvelutoimintona. Ilmatieteen laitoksen sääpalvelun sivuilla on rakentajille ja kiinteistöpalveluista vastaaville suunnattu rakennus- ja

¹⁹ Ilmatieteen laitoksen Internet-sivut: <http://www.fmi.fi/>.

kiinteistösääpalvelu (ks. kuvat 4.9 ja 4.10). Rakennussääpalvelun kautta on tilattavissa tunnin välein päivittyvä, mille tahansa paikkakunnalle suunnattu sääennuste. Palvelun välityskanava on Internet. Palveluun voidaan liittää myös reaaliaikainen sadetutkakuva. Kiinteistösääpalvelun saa Ilmatieteen laitokselta puhelinnauhoitteena, faksina tai Internetin kautta. Rakennussääpalvelun hinta on 31.12.2006 tasossa 210 euroa / 6 kuukautta (alv. = 0 %). Reaaliaikaisen sadetutkakuvan hinta on 95 euroa kuukaudessa. Faksipalvelun hinta on 5,01 euroa/faksi (alv. = 0 %).

Esimerkki palvelusta:

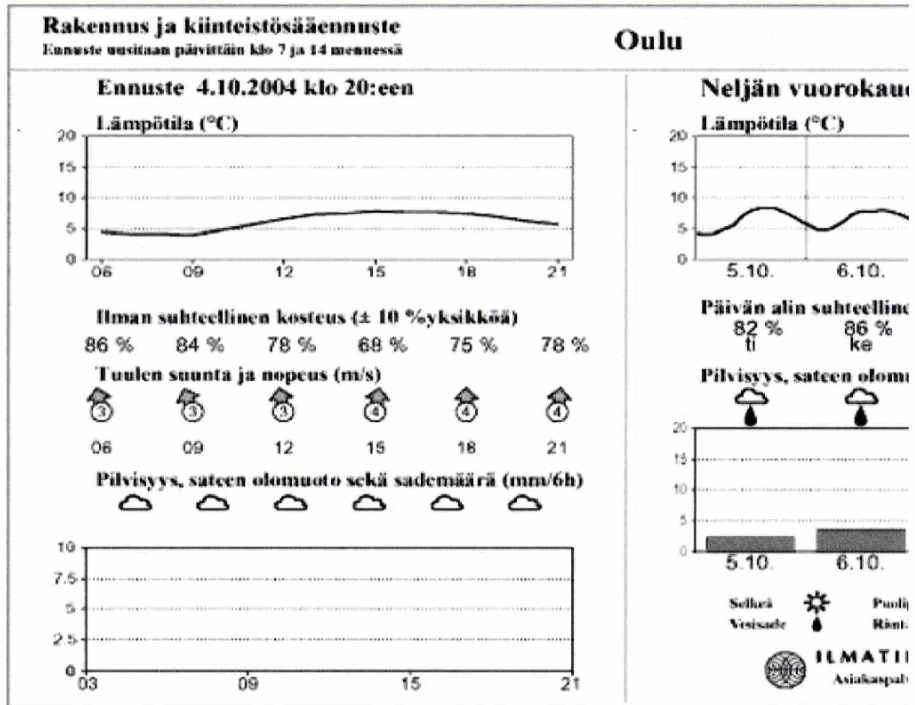


Varaudu keleihin hyvissä ajoin. Ota heti yhteyttä yhteyspäällikkö [Timo Laine](#) , puh. (09) 1929 3131, ja saat huomisen sääsi jo tänään.

Kuva 4.9. Esimerkki Ilmatieteen laitoksen rakennussääpalvelusta. Sääpalvelusta saa lisätietoa joko puhelimitse tai Internet-sivuston kautta.

Esimerkki Rakennus- ja kiinteistösääfaksista

Ennuste päivitetään arkipäivisin klo 7 ja 14, sekä viikonloppuisin klo 14. Faksi tuotetaan Porin, Turun, Tampereen, Vaasan, Oulun, Kuopion, Jyväskylän, Kouvolan ja Rovaniemen. Palvelun hinta on 5,01 e/faksi. Lisää [Rakentajan sääpalvelusta](#) ja [Kiinteistösääpalvelust](#)



Kuva 4.10. Esimerkki Ilmatieteen laitoksen rakennus- ja kiinteistösääfaksista. Palvelusta saa lisätietoa puhelimitse tai Internet-sivuston kautta.

Ilmatieteen laitoksen sääpalvelujen nykyinen käyttö ja kehittämistarve

Ilmatieteen laitoksen rakennussääpalvelun nykyistä kelpoisuutta testattiin rakennustuotannossa toimiville henkilöille suunnatulla kyselyllä. Toimijoilta kysyttiin seuraavia asioita:

1. Miten laajasti ja missä rakentamisen vaiheissa Ilmatieteen laitoksen rakennussääpalvelua *tällä hetkellä* yrityksessä sovelletaan?
2. Miten hyvin rakennussääpalvelu on täyttänyt yrityksenne sille asettamat odotukset?

3. Jos rakennussääpalvelua ei yrityksessänne käytetä, miten varautuminen sään aiheuttamiin riskeihin hoidetaan?
4. Millä tavalla Ilmatieteen laitoksen tulisi kehittää säätietopalveluaan?

Tiedusteluun valittiin toimijoita rakennuttajien, urakoitsijoiden ja kiinteistöpalvelujen toimittajien puolelta. Otos oli suppea ja tällä selvityksellä haluttiin ensisijassa selvittää, miten hyvin sääpalvelut yleisesti toimialalla tunnetaan.

Tärkein tulos on seuraava: Ilmatieteen laitoksen nykyinen, kaikkien käytettävissä oleva sääpalvelu on luotettava ja antaa useimmissa tapauksissa urakoitsijoille riittävän tiedon tulevasta säästä. Tätä täsmällisempää säätietoa ei normaalissa rakennusurakassa tarvita, eli kehittämistarvetta ei ole. Palvelun tunnettuus on hyvä. Myös muiden sääpalvelutietoa tuottavien yritysten palveluita käytetään.

Kiinteistösääpalveluissa lumityötarpeen ennakointi on tärkeä säästä riippuva asia. Luotettava, paikkakuntakohtainen, 1–3 vuorokauden aikajäniteellä oleva palvelu on tärkeä asia. Yleisen säätiedon merkitys on pienempi kuin rakentamisessa, tarvitaan täsmällisempää säätietoa.

Rakennuttajat eivät käytä säätietopalvelua. Urakkasopimukset laaditaan siten, että sääriskistä vastaa pääurakoitsija, jolloin normaalissa urakointikäytännössä rakennuttajalla ei ole tarvetta lisätä omia tehtäviään.

Urakoitsijat käyttävät säätietopalveluita. Koska nykyinen yleisesti saatavissa oleva tieto on luotettavaa ja riittävän tarkkaa tuotannosuunnittelussa, ei tarvetta tarkemman säätiedon hyödyntämiseen ole. Säätietopalvelua käytetään pääasiassa Internetin kautta. Ajallisena jänteenä käytetään 1–5 vrk:n sääennustetta.

Urakoitsijat eivät täysin luota lyhyen aikavälin ennusteisiin. Sade voi samalla paikkakunnalla olla intensiteetiltään eri voimakasta. Työvaiheesta riippuen rakentaja varautuu pahimman varalle. Urakoitsijoille on tärkeää, että nykyinen hyväksi havaittu käytäntö säilyy ja sitä voidaan jatkossakin hyödyntää. Koska Suomessa on kaksi toimijaa, molempien julkisia ennusteita käytetään rinnan (vertailtavuus). Työpäällikkökohtaisesti jommankumman säätietoja tuottavan laitoksen tieto tulostetaan työmaatilojen seinällä.

Urakoitsijoiden näkökulmasta säätietopalvelua voidaan kehittää lisäämällä säähavaintopaikkakuntia.

Kiinteistöpalveluissa täsmällistä säätietoa käytetään kiinteistönhoidon lumityöntarpeen ennakoimiseen. Ennusteen aikajänne on 3 vrk, ja tiedon tulee olla paikakuntakohtaista. Kunnossapidossa ei säätiedolle ole tarvetta.

Päätelmät ja suositukset

Ilmatieteen laitoksen rakennussäätietopalvelun nykyinen euromääräinen laskutus on Ilmatieteen laitokselta saadun tiedon mukaan 31 000 euroa vuodessa. Suomen rakennustuotannon vuosittain arvo oli vuonna 2000 noin 11,5 miljardia euroa ja ylläpitoon kuuluvien kiinteistönhoitopalvelujen arvo on noin 1 miljardi euroa (RAKLI 2002). Säälle herkkien rakennusvaiheiden rahallinen arvo on uudis- ja korjausrakentamisessa noin 3 000 miljoonaa euroa ja kiinteistönhoitopalvelujen kohdalla noin 100 miljoonaa euroa. Rakentamisessa vaikutus kohdistuu maarakennus-, perustus-, runko ja vesikattotöihin, ylläpidossa lumitöihin ja talviaikaiseen liukkauden torjuntaan.

Täsmällisellä säätiedolla voidaan alentaa työmaan lämmitys-, suojaus- ja lumityökustannuksia. Myös rakennusvaiheen aikaiset korjauskustannukset alenevat. Kustannussäästön potentiaaliksi voidaan arvioida vähintään 0,5 % työmaakustannuksista. On kuitenkin muistettava, että sääpalvelusta saatava hyöty on projektikohtainen. Lyhytkestoinen hanke (rakennusaika 8–12 kuukautta), joka aloitetaan huhti-toukokuussa, ei ole käytännössä kovinkaan herkkä sääolosuhteille. Sitä vastoin hanke, joka käynnistyy loka-marraskuussa, on perustus- ja runkovaiheen osalta pitkälti säiden armoilla. Myös useita vuosia kestävässä investointihankkeissa säätietopalvelun merkitys korostuu.

Taulukossa 4.28 on arviot säätietojen avulla saavutettavissa olevista nykyisistä kustannussäästöistä ja potentiaalisista lisäsäästöistä, jotka voitaisiin saavuttaa parantamalla merkittävästi nykyisiä sääpalveluita. Taulukossa arvioitu säästö on asiantuntija-arvio, jossa on oletettu, että vuosittaisista rakennushankkeista sääherkän rakentamisen arvo on 2 000 miljoonaa euroa (12 % tuotannon bruttoarvosta) ja nykyisen säätietopalvelun merkitys työmaakustannusten alentamisessa on 0,5 %. Potentiaaliseksi lisähyödyksi on oletettu myös sama 0,5 %. Tällöin tehostaminen kohdistuu talvilisätöiden vähentämiseen ja lämmitys- ja kuivausajkojen lyhentämiseen.

On kuitenkin muistettava, että tehokkain keino kustannusten hallinnassa on työmaan aloitusajankohdan optimointi, eli on pyrittävä välttämään syksyllä käynnistyviä työkohteita ja ajoitettava hankkeet käynnistymään keväällä. Työvoiman kapasiteettirajoitukset voivat kuitenkin olla tällöin rajoittava tekijä.

Taulukko 4.28. Rakentamisen ja kiinteistöjen ylläpidon vuosittainen arvo (vuonna 2000) sekä säätiiedoilla saavutettavat hyödyt tuotannossa (tarkastelussa otettu huomioon vain kustannussäästöt).

	Arvo kansantaloudessa milj. €/vuosi	Tuotannon tai toiminnan sääherkkä arvo, mrd. €/vuosi	Nykyisillä säätiiedoilla saavutettava hyöty, milj. €/vuosi	Täsmällisellä säätiedolla saavutettavissa oleva potentiaalinen lisähyöty, milj. €/vuosi	HUOM.
Rakentaminen	11 500	2 000	10	10	Välillisten riskien eliminoinnin taloudellinen vaikutus erittäin suuri
Ylläpito, erityisesti kiinteistönhoito	1 000	100	5	5	

Rahalliseen merkitykseensä nähden Ilmatieteen laitoksen kaupallisten palvelujen käyttö on toistaiseksi varsin vähäistä. Tähän on kolme syytä:

1. Nykyisin Internetin kautta saatavissa oleva ilmainen säätieto on luotettavaa ja helposti rakentamisen tuotannosuunnittelussa hyödynnettävää.
2. Rakennusala omaksuu hitaasti uusia palvelutuotteita, palvelujen integrointia osaksi rakennusliikkeiden tuotannon ohjausjärjestelmää ei ole tehty.
3. Sääriskien eliminoinnin hyötyjä on vaikea osoittaa konkreettisesti, suurimmat riskit aiheutuvat vasta ylläpitovaiheessa (rakenteiden homehtuminen ja sisäilmastohaitat).

Kehitysehdotukset:

1. Kiinteistönhoidossa paikkakuntaokohtaisella säätiedolla on tärkeä merkitys lumitöiden ja liukkauden torjunnan resursoinnissa.
2. Taajamatulvista varoittaminen paikkakuntaokohtaisesti. Palvelun sisältö kannattaa kehittää yhteistyössä vakuutuslaitosten kanssa.
3. Innovatiivisten palvelujen kehittäminen suunnittelua ja kaavoitusta varten. Innovatiivinen palvelu voi olla esimerkiksi 50 vuoden aikajänteellä tehty

ennuste kaavoitettavan alueen ilmaston kehittymisestä ilmastomuutoksen seurauksena (ilmaston lämpeneminen, lämmityskauden pituus, lämmitystarveluvun muutos, sademäärien muuttuminen jne.).

Taulukossa 4.29 esitetään eri aikajänteelle ulottuvien sääennusteiden hyödyllisyys rakentamisessa ja kiinteistöjen ylläpidossa.

Taulukko 4.29. Rakentamisen ja kiinteistöjen ylläpidon käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteet (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen). Hyödyllisyysarvio on tutkijan laatima.

Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	Historiatieto ja klimatologiset vaikutukset	Ajantasainen tieto ja varoituspalvelut	Vuorokausiennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keskipitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuodenaikaennuste (1–6 kk)	Ilmastoskenaariot
Työn suunnittelu ja ajallinen suunnittelu		3	3				
Hankintatoimi	1	3	2				
Kiinteistönhoidon suunnittelu		2	3			2	
Energiatalous	3						2

4.8 Energian tuotanto

Yleistä

Energiantuotantoon katsottiin varsinaisen tuotannon lisäksi kuuluvaksi myös polttoaineen hankinta ja sähkönjakelu eli sähköverkkoliiketoiminta. Tavoitteena oli myös tarkastella Ilmatieteen laitoksen toiminnan yhteiskuntataloudellista vaikuttavuutta ilmanlaadun osalta.

Tällä hetkellä Suomessa on useita toimijoita, jotka tarjoavat meteorologisia palveluita energian ja polttoaineiden tuottajille sekä voimalaitosten ja sähköverkkojen kunnossapidosta huolehtiville organisaatioille. Tämä tekijä jouduttiin huomioimaan arvioitaessa Ilmatieteen laitoksen toiminnan yhteiskuntataloudellista kokonaisvaikuttavuutta.

Menetelmät ja aineisto

Työn aineisto kerättiin kotimaiseen ja kansainvälisesti julkaistuun aineistoon pohjautuvan kirjallisuustutkimuksen sekä Suomessa eri toimijoille tehtyjen asiantuntijahaastatteluiden avulla. Asiantuntijahaastatteluilla tarkennettiin vaikutusmekanismeja koskevaa tietoa, selvitettiin yksityiskohtaisemmin Ilmatieteen laitoksen asemaa palveluiden tuottajana ja tarkennettiin vaikutusten suuruusluokkaa Suomen oloissa. Tutkimuksessa on huomioitu vain eniten vaikutuksia sisältävät toiminnot koko energiasektorista.

Sääolosuhteista aiheutuvia sähkönjakelun keskeytyksiä koskevat yksikkökustannukset selvitettiin lähdekirjallisuuden ja asiantuntijahaastatteluiden avulla. Myös mm. polttoturpeen tuotannossa sääpalveluilla on ratkaiseva merkitys, koska turpeen nosto vaatii muutaman sateettoman päivän jakson. Haastatteluilla saadut hyöty-kustannusarviot olivat kuitenkin melko karkealla tasolla (kokonaislukuja hyöty-kustannussuhteesta enemmän kuin tarkkoja euromääräisiä arvioita).

Työn tavoitteena oli myös arvioida Ilmatieteen laitoksen toiminnan yhteiskuntataloudellisia vaikutuksia energiantuotannon osalta. Ilmatieteen laitoksen toiminnan vaikuttavuutta arvioitiin yksittäisistä asiantuntijahaastatteluista saaduilla hyöty-kustannusarvioilla skaalaamalla ne valtakunnan tasolle erikseen määritetyllä sääpalvelupotentiaalilla. Eri sääpalveluiden ja niiden tuottajien markkinaosuuksia ei erikseen selvitetty, vaan kaikkien sääpalvelutyyppeiden kokonaispotentiaalista Ilmatieteen laitoksen osuudeksi arvioitiin karkeasti 70 %.

Leviämismalleille ja ilmanlaatu puolelle yleensäkin ei tässä työssä arvioitu taloudellisia vaikutuksia, koska hyöty-kustannuskertoimien määrittäminen ei käytännössä ole mahdollista tai ainakaan yksiselitteistä. Leviämismallinnus on yhteiskunnallisesti erittäin tärkeää jo erityyppisten ympäristöpäästö- tai kemikaali-onnettomuuksien riskien hallinnan kannalta, ja toiminnan hyödyt mahdollisessa suuronnettomuustapauksessa esimerkiksi oikea-aikaisina evakointeina voisivat säästää jopa lukuisia ihmishenkiä, ja siten hyödyt ovat laskettavissa helposti kymmenissä miljoonissa euroissa.

Pienimuotoisemmin esimerkiksi hengitysilman pienhiukkaspitoisuuksien episoditilanteiden (esim. laajat metsäpalot) ennustaminen ja niistä varoittaminen sekä ihmisten ohjeistaminen ko. tilanteissa tuovat terveydellisiä hyötyjä (mm. sairaaläkäyntien ja kuolemantapausten välttäminen), sillä pienhiukkasten on arvioitu lyhentävän ihmisten odotettavissa olevaa elinikää keskimäärin jopa vuodella (WHO 1994). Herkimmän väestöryhmän kohdalla tämä voi tarkoittaa jopa 10 vuodella lyhentyneitä elinikää. Euroopassa pienhiukkaset aiheuttavat vuosittain yli 300 000 ihmisen ennenaikaisen kuoleman (Salonen & Pennanen 2006).

Tulokset

Sähkönjakelun keskeytykset ja niiden kustannuksia

Sähkönjakelun keskeytykseen johtaneista syistä sään osuus on merkittävin. Vuoden 2003 keskeytystilaston mukaan säästä johtuvien sähkönjakelun keskeytysten osuus oli 62 % kaikista tilastoiduista keskeytyksistä (Sähköenergialiitto ry 2004). Eri sääilmiöiden osuudet olivat

- tuuli ja myrsky 35 %
- ukkonen 12 %
- lumikuorman kaatama puu 9 %
- lumi- ja jääkuorma 4 %
- muu sää 2 %.

Kun tarkastellaan asiakkaiden (sähkön kuluttajien) häiriökeskeytysaikojen aiheuttajia, on sään osuus vieläkin merkittävämpi, yhteensä 82 % kokonaiskeskeytysajasta. Tämä kertoo sääilmiöiden aiheuttamien keskeytysten (kuten sähkölinjoille kaatuneet puut) olevan hitaammin ja vaikeammin korjattavissa kuin muiden keskeytyssyiden (esim. rakenne- ja käyttövirheet, eläimet, maan kaivu, varromaton puun kaato yms.).

Alttiimpia sään aiheuttamille häiriöille ovat avojohdot (86 % kaikkien vikojen sijainnista). Myös jakelumuuntajat (9 %) kärsivät mm. ukkosesta. Maaseutusähkøyhtiöt (maakaapelien osuus alle 10 % koko sähköjohtopituudesta) ovat erityisen alttiita säästä aiheutuville keskeytyksille. Niiden asiakkailta oli vuonna 2003 säästä aiheutuvia keskeytyksiä keskimäärin 2,23 kappaletta vuodessa, kun taajamayhtiöiden asiakkailta sään aiheuttamien keskeytysten määrä jäi 0,73 kappaaleeseen vuodessa. Kun tarkasteluun lisätään sähköjakelun keskeytysten keskipituus (4,34 h vs. 3,32 h), on maaseutuyhtiöiden säästä aiheutuvien sähkökatkojen vuotuinen pituus selvästi suurempi kuin taajamayhtiöillä, joilla puolestaan lyhyempienkin häiriövaikutusten laajuus saattaa olla merkittävä suuresta asiakasmäärästä johtuen.

Kustannuksista puhuttaessa sään osuus keskeytyksistä painottuu, sillä erityisesti myrskyjen ja lumikuorman aiheuttamien sähkökatkojen pituus on suuri (jopa useita tunteja tai vuorokausia) verrattuna muista syistä aiheutuviin katkoihin (minuutteja). Pitkiä ja laajoja keskeytyksiä aiheuttavat erityisesti seuraavat luonnonolosuhteet (Sener 2002):

♦ Ukkonen

- Salama iskee melko usein ilmajohtoihin tai niiden lähelle aiheuttaen johon oikosulun tai maasulun (pikajälleenkytkentä alle 0,5 sekuntia tai aikajälleenkytkentä esim. 10 min).
- Osa salamaniskuista aiheuttaa vaurioita itse johdolle tai jakelumuuntajille, jolloin seurauksena on usein muutamien tuntien mittainen sähköjakelun keskeytys (johdoille on usein varajärjestelmiä, jotka lyhentävät keskeytysaikaa).
- Joskus harvemmin voi salama iskeä myös kaapeliverkkoihin, jolloin ilman varajärjestelmiä keskeytysajasta tulee helposti pitkä (12 h...useita vuorokausia); kaapeleille pitääkin siksi olla paljon enemmän varayhteyksiä kuin ilmajohtoilta, mikä nostaa kaapeliverkon kustannuksia.
- Salaman irrottaessa päämuuntajan verkosta tai aiheuttaessa häiriön siirtoverkossa (110 kV tai yli) koskee sähkökatko usein jopa kymmeniätuhansia kuluttajia. Päämuuntajan tai 110 kV:n kaapelin vaurioituessa korjaaminen voi kestää viikkoja, jolloin ääritapauksissa (ei varajärjestelmiä) keskeytysaika voi muodostua erittäin pitkäksi.

◆ Myrskyt

- Sähköjohdot mitoitetaan kestävänsä Suomessa esiintyvät myrskyt, joten suoranaiset johtorakenteiden pettämiset ovat harvinaisia.
- Ongelmia aiheuttavat myrskyn kaatamat puut.
 - Keskijännitejohdot: Laajan vaikutusalueen myrsky saattaa kaataa sadoittain tai jopa tuhansittain puita johtojen päälle, jolloin korjausajat voivat muodostua pitkiksi jo pelkästään työvoiman puutteen vuoksi. Lisäksi myrsky voi kestää jopa vuorokauden aiheuttaen aina uusia tuhoja jo korjattujen lisäksi. Myös paikalle pääseminen voi olla hankalaa teille kaatuneiden puiden vuoksi ja metsässä liikkuminen voi olla vaarallista.
 - Pienjännitejohdot: Useimmiten eristettyjä riippukaapeleita, jotka voivat toimia, vaikka niiden päälle olisi kaatunut pieni puu. Suuri puu katkaisee johdon tai pylvää.
 - Siirtoverkon johdot (yli 110 kV): Johtoalue on niin leveä (40 m), että kaatuvat puut eivät yleensä ylety johtoihin.

◆ Lumi ja jää

- Johtoihin tarttunut lumi on ajoittain ongelmana erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa. Lumen vaikutuksesta johtimet voivat painua lähes maahan saakka ja toisinaan katketa.
- Märkä räntälumi tai keskitalven suuri lumikuorma voi myös taivuttaa puita johdoille, jolloin yhtäaikaista tai yhä uudelleen toistuvia vikoja voi olla paljon.
- Maailmalla suurempi ongelma on johtoihin ja pylväisiin tietyissä olosuhteissa muodostuva jää, joka voi olla niin painavaa, että pylväsrakenteet tuhoutuvat kokonaan (esim. Kanadassa, Norjassa ja Alpeilla).
- Meren ja järvien jäät voivat vahingoittaa vesistökaapeleita, jolloin pahimmillaan vauriot voidaan korjata vasta jäiden lähdettyä.

◆ Tulvat

- Tulvat aiheuttavat keskeytyksiä lähinnä kaapeliverkoissa, kun kaapeloitu muuntamo vaurioituu veden päästessä sen kojeistoon.
- Pienjänniteverkossa heikko kohta ovat jakokaapit, jotka tosin voivat toimia jonkin aikaa vedellä täyttyneinäkin.
- Tulvatilanteissa kuluttajien pääkeskukset voivat joutua veden valtaan ja katkaista sähkönjakelun.

♦ Pakkanen

- Pakkanenkin on aiheuttanut yleensä lyhytkestoisia sähkönjakelun keskeytyksiä pienessä määrin (johtovikoja, katkaisimien, erottimien ja suojalaitteiden toimintahäiriöt muiden vikojen yhteydessä).

Marraskuussa 2001 Suomessa oli kaksi poikkeuksellisen suurta tuhoa aiheuttanutta myrskyä (*Pyry* ja *Janika*), joiden kaatamat puut aiheuttivat useita tuhansia vikapaikkoja keski- ja pienjännitejohtoihin. Pisimmät keskeytykset kuluttajilla olivat 6 vuorokautta (pois lukien vapaa-ajan asunnot), ja korjauskustannusten on arvioitu olleen suuruusluokaltaan 10 miljoonaa euroa (Sener 2002).

Silvast et al. (2005) ovat laskeneet tyypillisiä sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuneita haittakustannuksia. Näitä ns. KAH-arvoja on kerätty seuraavaan taulukkoon (taulukko 4.30), jonka arvot esitetään sekä kokonaiskustannuksina skaalattuna per kW huipputehoa että muuttuvana kustannuksena toimittamatta jäänyttä kilowattituntia (kWh) kohti.

Taulukko 4.30. Tyypillisiä arvoja keskeytyksen aiheuttamalle haitalle eri asiakasryhmissä, 1 ja 12 tunnin mittaiset keskeytykset. Kokonaiskustannus per kW ja muuttuva kustannus per kWh. (Silvast et al. 2005.)

Asiakasryhmä	Kustannukset (€/kW)		Kustannukset (€/kWh)	
	1 h	12 h	1 h	12 h
Kotitaloudet	3–10	25–60	3–7	2–5
Loma-asunnot	2–20	48–81	2–17	4–7
Maataloudet	3–16	50–120	3–13	5–11
Palvelu	4–60	25–270	4–47	2–25
Julkinen	5–35	60–450	5–30	5–41
Teollisuus	7–22	50–190	7–20	4–15

Kotitalouden osalta taulukossa esitetään keskimääräisen asiakkaan kustannukset lämmitystavasta riippumatta. Olennaisin ero tulee sähkölämmittäjien ja muiden lämmitystapojen käyttäjien välille. Kokonaiskustannukset ovat molemmille samaa luokkaa, mutta sähkölämmittäjien suuremman energiamäärän vuoksi jää kilowattia kohti laskettu ominaiskustannus pienemmäksi. Esimerkiksi yhden tunnin odottamaton keskeytyks vastaa sähkölämmittäjällä noin 3 €/kW haittaa ja muilla kotitalouksilla noin 10 €/kW haittaa (Silvast et al. 2005).

Olettamalla 2,5 miljoonaa kotitaloutta neljän tunnin vuotuisella keskeytysajalla ja olettamalla kaikkien kotitalouksien keskimääräiseksi tuntitehoksi noin 1 kW (keskimääräinen sähkönkulutus 8 760 kWh/a) saadaan kotitalouksien sähkökatkojen aikana menetetyksi sähkönkulutukseksi vuodessa 10 GWh, joka vastaisi karkeasti miljoonan euron menetettyä myyntiä sähköntuottajille. Kun lisäksi huomioidaan jakeluverkon korjauskustannukset, on sähköyhtiöille koituva kustannus tuntuva.

Tätä selvästi suurempi summa on taulukon 4.30 mukaan laskettu haittakustannus, joka olisi kotitalouksille keskimääräisellä haittakustannuksella 5 €/kWh noin 50 miljoonaa euroa. Tästä oikea-aikaisilla sääennustuksilla vältettävissä oleva kustannus voisi olla luokkaa 5 M€/v (n. 10 %) nopeutuneina kunnostustoimenpiteinä, kun sähköyhtiöt ovat ennalta korottaneet henkilöstönsä hälytysvalmiutta korjaustehtäviin.

Loma-asuntojen tapauksessa haitta-arviot vaihtelevat kotitalouksia laajemmalla alueella, koska vastaajat ovat todennäköisesti arvioineet haittaa tapauksessa, jossa loma-asunnolla oleskellaan ja keskeytykset sattuisivat pahimpaan aikaan. Keskimääräiset KAH-arvot saadaan kertomalla taulukon lukemat käyttöasteella, joka Silvastin et al. (2005) mukaan oli keskimäärin 30 %.

Maatalouden KAH-arvot riippuvat paljon vuodenajasta ja tuotantosuunnasta. Mikäli tilalla on pelto- tai nurmiviljelyä ja vain vähäisessä mittakaavassa muuta toimintaa, pätevät taulukossa 4.30 esitetyt vaihteluvälit hyvin. Suurimmat kustannukset sijoittuvat tällöin syksyyn. Kasvihuoneet ja erilainen lihantuotanto eivät kuitenkaan mahdu taulukon rajoihin, vaan ne olisi käsiteltävä erikseen. Kasvihuoneiden kannalta hankalin aika on talvi, jolloin 1 tunnin katkon vahingot saattavat nousta yli 1 100 €/kW (Silvast et al. 2005). Käytännössä kuitenkin kasvihuoneviljely on turvattu yleensä aggregaateilla tai muulla varavoimalla. Lihan tuotannossa vaihtelee vastaava haitta välillä 130–150 euroa, mutta talven lisäksi myös kevät ja syksy ovat kalliita vuodenaikoja (Silvast et al. 2005).

Myös palvelusektorin keskeytyshaitat riippuvat voimakkaasti vuodenajasta ja asiakkaan toimialasta. Kesällä haitat ovat huomattavasti suurempia kuin talvella. Poikkeuksellisen suuret haitat koituu rahoitus- ja vakuutustoiminnalle, jopa 500 €/kW tunnin katkoksen tapauksessa. Taulukossa 4.30 esitetyjä arvoja suuremmat haitat ovat myös tukkukaupassa (80–110 €/kW, 1 tunti) ja virkistys-, kulttuuri- ja urheilutoiminnassa (70–130 €/kW, 1 tunti). Hoito- ja kauneuspalvelujen osalta haitta-arvon yläraja pätee mediaanille keskiarvon ollessa luokkaa kaksinkertainen taulukossa esitettyyn verrattuna. (Silvast et al. 2005.)

Edellä olevien esimerkkien mukaisesti ukkosmyrskyt, salamät, tykkylumi ja tulvat aiheuttavat vuosittain kymmenien tai jopa satojen miljoonien eurojen taloudelliset menetykset, joista osa voisi olla vältettävissä ennalta varautumalla. Vaikka itse salamaniskua ei pystytä välttämään, voidaan korjauksiin varautua jo ennalta riittävällä henkilöstömäärällä, jolloin keskeytysajat jäävät lyhyemmiksi ja taloudelliset menetykset pienemmiksi. Esimerkiksi ennakoivalla salamavaroituspäalvelulla saavutettavat hyödyt voivat siten olla moninkertaisia palvelun tuottamisen kustannuksiin verrattuna.

Jos oletetaan, että sääennusteilla voitaisiin lisätä sähkönjakelun huoltovarmuutta ja välttää osa (esim. 10–25 %) keskeytyksistä ja vioista sekä nopeuttaa ratkaisevasti vikojen korjaamista (esim. korjausajan puoliintuminen), olisivat vuotuiset hyödyt valtakunnan tasolla laskettavissa jo useissa miljoonissa, jopa kymmenissä miljoonissa euroissa vakavien myrskyjen osalta.

Eräs sähköyhtiö listasi salamäpalvelujen käyttökohteita ja vaikuttavuutta seuraavasti:

1. *Ennakoiminen*: Työkeskeytykset ja varasyötöt siirretään sellaisille päiville, jolloin sää sen sallii.
2. *Varautuminen*: Varaudutaan häiriöihin, jolloin saadaan asiakkaille nopeammin palautettua sähköt.
3. *Selventää korvauskäsittelyä*: Asiakkaat ovat helposti vaatimassa korvausta laiterikoista, metsäpalot yms. Voidaan tarkistaa myös jälkeenpäin, onko alueella ollut ukkosta.
4. *Voimalaitokset*: Voimalaitokset voidaan ajaa alas ennen ukkosrintamaa, jolloin säästyään laitosten hallitsemattomilta alasajoilta (pikasulku).

Yhtiö uskoo edellä olevien seikkojen tuovan sille kustannussäästöjä vähintään noin 1,5 kertaa sääpalvelun aiheuttamien kustannusten verran. Valtakunnan tasolle yleistettynä olemassa olevat Ilmatieteen laitoksen salamäpalvelun käyttäjät saavat 1,9 miljoonan euron kustannussäästöt. Lisäksi potentiaalisia hyödyntäjiä on useita kymmeniä, jolloin puhuttaisiin asiakasmäärästä riippuen yhteensä 2,5–7,5 miljoonan euron vuotuisista kustannussäästöistä.

Esimerkki: Fingrid Oyj (Pahkin 14.9.2006):

Fingrid Oyj:n (kantaverkkoyhtiö) käyttämät säätiedot:

- ukkostutkatiedot*
- sadetutkatiedot*
- lämpötilatiedot*
- kosteusprosentti (pyydetään jälkeempään erikseen häiriötilanteista pitkäjänteistä kehitys- ja ennakoitotoimintaa varten)*

Sääennusteet vaikuttavat sähköverkon käyttö- ja kunnossapitotoimintaan. On mm. asennettu ylijännitesuojia, joiden avulla on eliminoitu häiriötilanteita asiakkailta (esim. Uimaharjun tehtailla). Tästä koituu teollisuuslaitoksille selvää rahallista arvoa vältettyinä tuotantokatkoksin.

Fingridille itselleen sääennusteilla ei sen oman arvion mukaan ole suuria taloudellisia vaikutuksia, sillä katkokset sähkönjakelussa ovat erittäin lyhytaikaisia 0,6 sekunnista enintään 60 sekuntiin varajärjestelmistä johtuen.

Energiantuotannon ennustaminen ja säätö

Edellä kuvattujen sähköverkkokoasioiden lisäksi voimalaitokset seuraavat sääennusteita mm. sähköntuotannon ennustamiseen (vaikuttavat sitä kautta myös mm. sähköpörssin sähköfutuurien hinnoitteluun) sekä kaukolämpöverkon lämpötilan ja paineen säädön takia. Lämmityskaudella lämpöenergian tuotannon ennakoiminen on tärkeää ulkoilman lämpötilan mukaan (lämpötilaennusteet sekä -mittaukset).

Euromääräisiä hyötyjä on vaikea arvioida, mutta eräs energiayhtiö arvioi *energiasääpalvelusta saadun hyödyn noin kolminkertaiseksi sen aiheuttamiin kustannuksiin verrattuna*. Hyödyt tulevat säästyneestä työajasta (sääpalvelutieto saadaan automaattisesti järjestelmien käyttöön) ja ennustevirheen pienenemisestä (arviolta n. 0,5 %:n luokkaa).

Ilmatieteen laitoksen energiasääpalvelu on tällä hetkellä käytössä lukuisissa sähköyhtiöissä (olemassa olevien palveluiden käyttäjien saama kustannussäästö on 3,2 miljoonaa euroa edellä esitetyllä hyöty-kustannuskertoimella 3), mutta potentiaalisia hyödyntäjiä on vielä paljon. Säästöpotentiaali edellä olevan hyöty-kustannuskertoimen mukaan nousisi jopa yli kymmeneen miljoonaan euroon, vaikka pienimpiä yhtiöitä ei laskettaisi mukaan potentiaalisiksi asiakkaiksi.

Tuulivoiman tuottajat joutuvat ilmoittamaan sähköpörssiin päivän (12–36 tuntia) etukäteen tuottamansa ja sähköverkkoon syöttämänsä energiamäärän, joten niille tuulisuusennusteet (Foreca toimittaa) ovat lähes välttämättömiä toiminnan kannalta. Ennustepalveluun liitetty tuotantoennusteohjelma säästää lähes puolet sää-tösähkömaksuista (imbalance), jotka tosin Suomessa (case v. 2004) olivat erittäin pienet verrattuna Euroopassa maksettuihin (UK, SP, DK), vain hieman yli 1 €/MWh tuotettua sähköä kohti ilman sääennustemallia (Holtinen et al. 2006).

Esimerkki: Loviisan ydinvoimala (Sjöblom & Rantala 15.9.2006):

- *säätiedoilla melko pieni vaikutus toimintaan (täystuotanto koko ajan säästä riippumatta)*
- *ympäristökeskus varoittaa tulvista (talvimyrsky pari vuotta sitten, alasajo lähellä)*
- *häiriö-/häätätilanteissa lähinnä tarvitaan säätietoja ja -ennusteita*
- *periaatteessa sää vaikuttaa: suppo-ongelma (meriveden jäätyminen), kova tuuli & myrskyt, tulvaennakointi*

Taloudelliset vaikutukset melko pieniä (jos laitoksen alasajo yllättäen: lähinnä sähkön pörssihinnan nousu 1–2 päivän ajaksi, korvaava tuotantokapasiteetti määrää hinnan).

Polttoturpeen tuotanto

Polttoturpeen kerääminen turvesoilta vaatii perinteisesti 2–3 sateetonta päivää. Turvetuottajat ovatkin täysin sääennustetietojen varassa suunnitellessaan tuotantoaikataulujaan ja kokevat ostetut sääpalvelut lähes välttämättömäksi apuvälineeksi työssään (Nyrönen 21.9.2006). Väärään aikaan aloitettu turpeen nosto aiheuttaisi suuret kustannukset ja polttoturpeen laadun heikkenemisen polttoaineen kosteuden noustessa liian korkeaksi.

Turvetuotannon arvo on noin 200 miljoonaa euroa vuosittain, joten säästöpotentiaali oikea-aikaisilla ja oikeaan osuneilla sääennusteilla voi olla useita miljoonia euroja. Esimerkiksi käyttämällä maltillista ennustetarkkuuden paranemisarvoa 5 % olisi valtakunnallinen maksimihyötypotentiaali (teoreettinen) jo 10 miljoonaa euroa vuodessa. Ilmatieteen laitoksen osuudeksi on tässä arvioitu karkeasti 5 miljoonaa euroa vuodessa. Toisaalta kehitteillä oleva uusi turvetuotantomenetelmä ei vaadi sateetonta jaksoa, joten tulevaisuudessa sääpalveluiden käyttö voi jopa käydä tarpeettomaksi.

Leviämismallien yhteiskunnallinen hyöty

Leviämismalleja käytetään monipuolisesti niin uusien energiantuotanto- ja teollisuuslaitosten ympäristövaikutusten analysointiin, kaavoitukseen, liikennesuunnitteluun kuin onnettomuustilanteiden päästöjen leviämisen simulointiin. Mm. kemikaalionnettomuuksiin varaudutaan ennakolta laskemalla todennäköiset päästöjen leviämiskartat sekä ilmanlaatuvaikutukset (ESCAPE-malli, sisäasiainministeriön pelastusosasto, Ruuska 26.10.2006; Johansson 9.10.2006). Näin saadaan pelastustoimien suunnittelua varten arviot vaara-alueiden laajuudesta. Myös jo tapahtuneiden onnettomuuksien, esimerkiksi säiliö- ja putkirikkojen, analysointi jälkikäteen on yksi leviämismallilaskelmien käyttötarkoituksista.

Leviämismallinnus on ensiarvoisen tärkeää (ja jopa EU-direktiivien asettama viranomaisvelvollisuus) monille eri tahoille, ja sen yhteiskunnallisen arvon rahamääräinen määrittäminen on erittäin hankalaa. Mahdollisessa suuronnettomuustapauksessa (esim. öljynjalostamolta karannut laaja myrkkyykaasupilvi tai ydinvoimalaonnettomuus) väestön oikea-aikainen ja oikeaan paikkaan suoritettu evakuointi ennalta tehtyjen suunnitelmien sekä reaaliaikaisten säätietojen avulla on korvaamattoman tärkeää. Tällöin vältetyt haittakustannukset (mm. sairaalavuorokaudet ja kuolemantapaukset) nousevat helposti kymmeneen miljooniin euroihin.

Uusien asuinalueiden suunnittelussa voidaan leviämismallilaskelmin huomioida lähistön pistelähteiden (energiantuotanto, teollisuuslaitokset jne.) päästöjen kulkeutumisreitit. Tälläkin tavoin voidaan parantaa siis asuinympäristön ilmanlaatua, mikä on ihmisten terveyden kannalta merkittävää. Esimerkkinä mainittakoon, että WHO on arvioinut pienhiukkaspäästöjen lyhentävän ihmisten keskimääräistä elinikää noin vuodella. Tämänkaltaisten ympäristövaikutusten ulkoiskustannusten arvioiminen on lähes mahdotonta, mutta asiaa on pohdittu jo 1990-luvulla mm. EU:n komission *ExternE*-ohjelmassa (Pingoud et al. 1999).

Hongisto et al. (1998) ovat tutkineet sähköntuotannon ulkoisia ympäristökustannuksia eri tuotantomuodoille ja todenneet rahallisen arvottamisen erittäin haastavaksi:

”Erityyppisten ympäristövaikutusten merkittävyys on pohjimmiltaan arvokysymys samoin kuin olettamus markkinattomien vaikutustyyppien rahamääräisestä korvattavuudesta. Ympäristövaikutuksiin liittyvien omistusoikeuksien puuttuessa tai niiden ollessa ristiriitaisia ja toiminnan hyötyjen ja haittojen

kohdistuessa eri tahoille saattavat erilaiset taloustieteelliset arvottamismenetelmät johtaa erilaisiin vaikutusten arvoa kuvaaviin tuloksiin. Oikeuksien määrittely on tällöin oleellinen osa arvottamis- ja neuvotteluprosessia. ...Monien ympäristövaikutusten kohdalla yhteismitallistettavuutta rahasteikolla ei tulisi pitää itsestään selvänä lähtökohtana markkinattomien häirtätyyppien rahamääräiseen arvottamiseen liittyvien ongelmien vuoksi.”

Päätelmät ja tulosten yhteenveto

Sähkön- ja lämmöntuotannon jatkuvuus (huoltovarmuus) on keskeinen osa energiahuoltoa ja nykyaikaisen informaatioyhteiskunnan toimintaedellytys. Reaaliaikaisilla sääennustepalveluilla on tässä suuri merkitys, sillä niiden avulla voidaan varautua mahdollisiin toimitushäiriöihin ennalta.

Energiantuottajille suunnatun säätä koskevan tiedottamisen yhteiskuntataloudelliset vaikutukset ovat merkittävät. Suurin osa vaikutuksesta syntyy myrskyihin varautumisessa ja sähköverkkojen kunnostustoimenpiteiden nopeutumisessa. Myös tuotannon ennustamisessa ja sähkön (futuuri) hinnan muodostumisessa sääpalveluilla on oma merkityksensä.

Eri energiantuotantomuodot ja niihin liittyvät toiminnot vaativat eri aikajänteen meteorologisia tietoja ja ennusteita (taulukko 4.31). Esimerkiksi tuulivoimalan suunnittelussa on tutustuttava tarkasti valittavan rakennuspaikan tuulisuusoloihin (historiatieto), mutta tarkastelussa on hyvä ottaa jo huomioon myös mahdolliset muutokset olosuhteissa (ilmastonmuutoksen aiheuttamat alueelliset vaikutukset, joita on mallinnettu ilmastoskenaarioissa). Ilmastonmuutoksen kiihtymisen on arvioitu lisäävän tuulisuutta ja sadantaa Suomessa, joten periaatteessa tuuli- ja vesivoiman tuotantopotentiaali kasvaa. Eri asia on sitten kovempien ja useammin esiintyvien myrskyjen negatiiviset vaikutukset (mahdolliset vauriot ja tuotantokatkot).

Taulukko 4.31. Energiantuotannon ja siihen liittyvien toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteet (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Energiantuotanto	Historia-tieto ja klimatologiset vaikutukset	Ajantasainen tieto ja varoituspalvelut	Vuorokausiennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keskipitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuodenaikaennuste (1–6 kk)	Ilmastoskenaariot
Energian tuotantoennusteet (sähkön markkinahinta)		2	3	2	2	1 (vesivoima)	
– vesivoima	1	2	1	1	1	1	1
– tuulivoima	1	2	3	2	1		1
– lauhdevoima		2	1	2			
– turvetuotanto		3	2	2	1	1	
Huoltovarmuus (käyttö, huolto, häiriöiden ja vaurioiden estäminen)		3	3	2	1		
Infrastruktuuri (sähköverkot)	1	2	1	2			1
Ilmanlaatu (päästöjen leviämismallit)		3	2	1	1	1	

Taulukkoon 4.32 on koottu yhteenvetona sääpalveluiden tunnistetut päävaikutusmekanismit ja niiden edut sekä palveluiden valtakunnallisista maksimikäyttöpotentiaaleista Ilmatieteen laitokselle ositetut kustannussäästöarviot käyttäen karkeata markkinaosuusarviota 70 % (oletus). Taulukon tuloksista havaitaan, että energiasektorilla meteorologisten tietopalveluiden yhteiskunnalliset vaikutukset ovat laskettavissa jopa kymmenissä miljoonissa euroissa. Tutkimuksessa on huomioitu vain eniten vaikutuksia sisältävät toiminnot koko energiasektorista.

Taulukko 4.32. Erilaisten sääpalveluiden tunnistetut päävaikutusmekanismit ja niiden edut sekä palveluiden maksimikäyttöpotentiaaleista arvioidut, Ilmatieteen laitokselle ositetut kustannussäästöt energiasektorilla.

Teollisuudenala/ sektori	Päävaikutusmekanismit	Pääasialliset edut	Arvioidut vuotuiset kustannussäästöt
Energiantuotanto (sis. sähköjakelu, polttoturpeen tuotanto)	Energiantuotannon ennusteet (käytön valvonta, säätö); Energiahuollon varmuus (käyttö, huoltaminen, vikaantumisen ennaltaehkäisy); Infrastruktuuri (sähköverkot, sähköjakelun varmuus, korjaustoimenpiteiden nopeuttaminen); Vesivoiman tuotanto (säätö); Turpeen tuotanto; Ilmanlaatu (päästöjen leviämismallinnus)	Sähkön kysynnän ja tarjonnan ennustaminen ja säätö (sähkön markkinahinnan muodostuminen ja ennustaminen); Sähkökatkosten vähentäminen ja ajallinen lyhentäminen; Materiaali- (laiteviat) ja työkustannusten (korjaustoiminta) säästöt; Polttoaineen hankinta; Päästöjen leviämisen arviointi ja niiden terveysvaikutusten minimointi; Evakuointitarpeet kemikaali- tai ydinvoimalaonnettomuuksissa	Sähkönjakelun keskeytysten ehkäisy ja korjaustoimenpiteet: salamapalvelu 1,9 M€ (nykytilanne), mahdollinen lisäpotentiaali uusien asiakkaiden kautta jopa 2,5–7,5 M€; Yhteensä jopa kymmeniä miljoonia euroja poikkeuksellisen vakavien myrskytuhojen ennakoinnissa Voimalaitosten käyttö (mm. kysynnän ennustaminen, säätö): energiasääpalvelu 3,2 M€ (nykytilanne), mahdollinen lisäpotentiaali uusien asiakkaiden kautta jopa 5–15 M€ Turpeen tuotanto: 5 M€ Kemikaali-/ydinvoimalaonnettomuudet: vaikea arvottaa rahallisesti (mahdollisissa katastrofitilanteissa jopa satoja miljoonia euroja vältettyinä uhreina)

4.9 Maataloustuotanto

Johdanto

Niin yksityisellä kuin julkisella sektorillakin pyritään jatkuvasti tehostamaan toimintoja ja arvioimaan eri tekijöiden vaikutusta tuotteiden ja palvelujen tuotantoprosessiin ja etenkin niiden taloudellista vaikutusta, jotta voitaisiin määrittää tietyn toiminnan hyöty-kustannussuhde. Sääpalvelut eivät poikkea tältä osin muista yhteiskunnan toiminnoista ja näin ollen myös sääpalveluiden yhteiskunnallisten ja taloudellisten vaikutusten arviointia on tehty kansainvälisesti jo usean vuosikymmenen ajan. Kansallisten meteorologisten laitosten merkitys päättäjille ja niiden taloudellisen hyödyn arviointi yhteiskunnalle oli tärkeänä osana YK:n Maailman ilmatieteen järjestön (WMO) teettämää tutkimusta jo vuonna 1966. Aiheen tärkeyden johdosta Maailman ilmatieteen järjestö on vuodesta 1990 lähtien järjestänyt säännöllisin väliajoin kansainvälisen kokouksen, jonka aiheena on *Socio-Economic Benefits of Meteorological and Hydrological Services*. Näissä kokouksissa pidetyt lukuisat esitelmät osoittavat, että useissa maissa on tehty tutkimuksia aiheesta kansallisella tasolla ja tutkimustulokset osoittavat kansallisten meteorologisten laitosten toiminnan merkittävästi hyödyttävän kyseisten maiden kansantaloutta. Tutkimusten mukaan tyypillinen taloudellinen hyöty-kustannussuhde koko kansallisen meteorologian laitoksen toiminnan osalta vaihtelee viiden ja kymmenen välillä (esim. Beysson 1997).

Maatalouden sääpalvelu Suomessa

Ilmatieteen laitoksen maatalouden sääpalvelu aloitettiin Suomessa 1980-luvulla koeluonteisesti ensin Hämeen maaseutukeskuksen alueella. Se laajentui nopeasti tämän jälkeen myös Uudenmaan maaseutukeskuksen alueelle ja kattoi vähitellen 1990-luvulle tultaessa operatiivisena erikoissääpalveluna kaikki maan maaseutukeskukset. Maataloussääpalvelu sisältää nauhoitettuna puhelinpalveluna tarkennetut, maakuntakohtaiset maataloudelle suunnatut erityissääennusteet. Sääpalveluun kuuluu Ilmatieteen laitoksen laatima lyhyen aikavälin (0–2 vrk) ja keskipitkän aikavälin (5 vrk) sääennuste. Sääennusteissa painotetaan kunkin kasvukauden eri vaiheisiin liittyviä tärkeimpiä säätekijöitä. Sääennusteet päivitetään useita kertoja päivässä. Tärkeimmät ennuste-elementit ovat sateen ja hallan todennäköisyys jaettuna eri intensiteetti-alueisiin, vuorokauden ylin ja alin lämpötila, alin suhteellinen kosteus sekä tuulen suunta ja nopeus. Uutena elementtinä on tullut mukaan maaperän kosteus. Internet-verkossa toimivan sääpalvelun avulla viljelijöiden on mahdollista saada ajankohtaisia säätutka- ja sääsatelliitti-

kuvia helpottamaan reaaliaikaista sadealueiden ja sääsystemien seuranta. Internetin kautta on myös mahdollista saada erilaisia kasvukauden ilmastotuotteita karttamuotoisina esityksinä. Viimeisimpänä sääpalvelumuotona on otettu käyttöön uusinta puhelinteknologiaa hyödyntävä maatalouden tekstiviestipalvelu, joka sisältää tiivistetyssä muodossa olevaa paikkakuntakohtaista maataloussäätieta.

Sääpalvelun merkitys maataloudelle

Sää on kasvintuotantoon ratkaisevasti vaikuttava tekijä, ja se vaikuttaa maataloudessa jollakin tavoin kaikkiin työvaiheisiin. Maatalouden jokapäiväiseen toimintaan, kuten kylvä, kyntäminen, lannoitus sekä tuholais- ja rikkaruohontorjunta, liittyy ajoituksia, jotka ovat säästä riippuvaisia. Esimerkiksi ruiskuttamalla suoritettava tuholaisatorjunta vaatii lämmintä, kosteaa ja poutaista säätä, jolloin ei myöskään saisi tuulla. Heinä pitäisi korjata poutasäällä, jota seuraa ainakin muutama sateeton päivä. Myös viljan korjuu ja puinti vaativat poutasäätä. Edellä mainittujen toimenpiteiden oikea ajoittaminen perustuu pitkälti säähavaintojen ja sääennusteiden käyttöön päivittäisessä päätöksenteossa. Reaaliaikaisten säähavaintojen ja sääennusteiden käyttö on täten viljelytoiminnan tehokkuuden ja onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää.

Säätietojen (havainnot sekä ennusteet) tehokas käyttö edellyttää, että laaditaan käyttäjien tarpeita vastaavia sääpalveluja ja että nämä erityissääpalvelut saadaan sitten nopeasti kaikkien asiakkaiden käyttöön. Tämä taas puolestaan edellyttää, että on käytössä koko maan kattava sähköinen viestintäverkko (radio, televisio, puhelin, Internet), joka toimii luotettavasti. Ei voida aina pitää itsestään selvänä sitäkään, että asiakkaat osaavat käyttää heille räätälöityjä ennusteita parhaalla mahdollisella tavalla, joka puolestaan vaatii panostamista koulutukseen. Esimerkiksi Englannissa tehtyjen tutkimusten (Ballentine 1994) mukaan hyötykustannussuhde saattoi olla jopa yli 30, kun vähittäiskaupan ja teollisuuden alalla oli saatu käyttötarpeita vastaavia erityissääennusteita. Tämän hyödyn lisäyksen osoitettiin johtuvan paitsi markkinointiperiaatteiden soveltamisesta sääpalvelun tuottamisessa ja uudesta teknologiasta myös markkinoiden kouluttamisesta käyttämään sääpalvelutuotteita oikealla tavalla päätöksenteossaan.

Australiassa tehdyssä tutkimuksessa yleis- ja erityissääpalvelun yhteiskunnallistaloudellisista hyödyistä (Anaman et al. 1997) on selvitetty maataloussektorilla puuvillasääpalvelusta (*Cottonfields Weather Service*) saatua hyötyä haastattelututkimuksena. Tehdyn tutkimuksen mukaan erityissääpalvelusta saatava taloudellinen hyöty oli 12–13-kertainen siihen sijoitettuun panokseen verrattuna. Sa-

man tutkimuksen mukaan suurin osa sääpalvelun käyttäjistä ilmaisi saavansa palvelusta myös ei-taloudellista hyötyä. Käyttäjät ilmoittivat, että tämä hyöty koostui erityissääpalvelun tuomasta avusta kotitalouden töiden suunnittelussa, päätösten tekemisessä ja työajan säästöistä.

Menetelmät ja aineisto

Meteorologisten palveluiden taloudellisen merkityksen arviointiin on käytetty lukuisia eri menetelmiä. Alan tutkimuksista mainittakoon Freebairn ja Zillman (2002a ja 2002b), jotka ovat ansiokkaasti analysoineet sääpalvelujen taloudellista merkitystä ja palveluiden rahoitusta. He ovat myös arvioineet erilaisten menetelmien soveltuvuutta meteorologisten palveluiden taloudellisen hyödyn mittaamiseen. Gunasekeran (2003) mukaan ei ole yhtä menetelmää, jota voitaisiin soveltaa kaikkiin tapauksiin, mutta *normative or prescriptive methods based on Bayesian decision theory* ovat eniten käytettyjä menetelmiä. Näiden menetelmien perustana on se, että tarkastellaan meteorologista informaatiota sellaisena päätöksentekoprosessin osana, joka vähentää päätöksentekijän epävarmuutta. Jotkut analyytikot ovat käyttäneet *contingent valuation method* -menetelmää, joka perustuu haastattelututkimuksiin ja hypoteettiseen tilanteeseen saada selville palvelun käyttäjien halukkuus maksaa oletetuista sääpalvelutuotteen muutoksista. Viime vuosina on alettu enenevässä määrin käyttää *conjoint analysis* -menetelmää, joka on samanlainen edellä mainitun menetelmän kanssa siltä osin, että myös siinä käytetään hyväksi haastattelututkimusta, jolla pyritään saamaan selville tietyn sääpalvelutuotteen oletettu ostohalukkuus hypoteettisessa tilanteessa.

Sanotaan, että sääennusteesta on hyötyä, joko positiivisessa tai negatiivisessa mielessä vain, jos sillä on sellainen vaikutus, että se muuttaa päätöksentekoa. Tämä on hyvin yleisluonteinen oletamus, eikä se aina anna kuvaa saadusta kvalitatiivisesta hyödystä, joka voi olla aivan yhtä merkittävä kuin suoraan mitattavissa oleva taloudellinen hyöty. Englannin kansallisen sääpalvelun tekemän tutkimuksen mukaan mitattavien kvantitatiivisten hyötyjen lisäksi on osoitettu myös esimerkiksi räätälöityjen erityissääennusteiden kvalitatiivisen hyödyn tärkeä merkitys ainakin teollisuudelle (Ballentine 1994). Suurin osa kyseiseen tutkimukseen osallistuneista piti tärkeimpänä hyötynä sääennusteen käytettävyyttä toiminnan suunnittelun tukena ja apuna.

Maataloudelle sääpalveluista koituvien hyötyjen arviot Suomessa pohjautuvat maataloussääpalvelun kehittämishankkeen yhteydessä tehtyihin yksityiskohtaisiin hyöty-kustannuslaskelmiin (Ansalehto et al. 1985). Hämeen maatalousalueella

tehtyyn *Maatalouden sääpalvelun kehitys* -tutkimukseen osallistui 230 viljelijää Kanta- ja Lounais-Hämeen alueelta. Viljelijöille tarjottiin maatalouden harjoittajille räätälöityä tehostettua sääpalvelua kasvukauden aikana. Ilmatieteen laitos laati alueellisesti tarkennetut sääennusteet ja seurasi kasvukauden ilmasto-oloja tilastoin. Maatalouden tutkimuskeskus teki erilaisia kasvustoon liittyviä havaintoja. Hämeen läänin maatalouskeskuksen kasvinviljelyagronomi laati sääennusteiden ja havaintomateriaalin perusteella *ajankohtaista maataloudessa* -katsauksen. Viljelijät saivat palvelua touko-syyskuun ajan kaikkina viikonpäivinä puhelimitse. Tutkimus perustui kyselylomakkeella kartoitettuihin sääpalvelua käyttäneiden viljelijöiden kokemuksiin ja mielipiteisiin palvelun hyödyllisyydestä. Koska vuoden 1985 jälkeen on tapahtunut monia muutoksia niin maataloudessa kuin muuallakin yhteiskunnassamme, käytiin tutkimuksen tulokset läpi keväällä 2006 maataloustutkijoiden kanssa ja varmistettiin tulosten käyttökelpoisuus tämänhetkisissä oloissa.

Tulokset

Maatalouden erityissääpalvelulla saavutettava taloudellinen hyöty on aivan ilmeistä, sillä palvelun maksullisuudesta huolimatta palvelun käyttäjiä on useita kymmeniä tuhansia. Tiedetään, että taloudellista hyötyä saadaan, kun sääpalvelun avulla voidaan toimenpiteiden oikealla ajoituksella pienentää maatalouden tuotantokustannuksia, parantaa maataloustuotteiden laatua ja vähentää sään aiheuttamia satovahinkoja sekä kasvattaa satoa. Eri vuosien väliset suuret erot sadon määrässä ja laadussa sekä viljelykustannuksissa aiheuttavat haittaa viljelijöille, mutta myös maatalouspolitiikan toteuttamiselle ja koko kansantaloudelle. Tehostetulla maatalouden sääpalvelulla voidaan vaikuttaa sadon varmistamiseen ja laadun parantamiseen, vuotuisten satovaihteluiden vähentämiseen sekä tuotantokustannusten pienentämiseen.

Suomessa 1980-luvulla tehdyssä tutkimuksessa arvioitiin sääpalvelun tuottama taloudellinen hyöty ja myös sen viljelijöille aiheuttama mahdollinen haitta. Tutkimuksen mukaan ne työvaiheet, joissa viljelijät tarvitsivat sääpalvelua eniten, olivat järjestyksessä sadonkorjuu, erityisesti heinäkorjuu ja viljan puinti, kasvinsuojelu ja kylvä. Maatalouden erityissääpalvelusta saatu taloudellinen hyöty on selvimmän arvioitavissa kasvinsuojelutoimenpiteistä. Myös perunan ja puutarhakasvien hallantorjunnassa saatiin joissakin tapauksissa suurta taloudellista hyötyä. Hyötyä koettiin kuitenkin saadun myös muista kasvukauden aikaisista toimenpiteistä. Taloudellisia menetyksiä syntyi yksittäisistä virheellisistä ennusteista, ja ne liittyivät lähes yksinomaan heinäkorjuuseen.

Maataloussääpalvelun tuottamiseen liittyvät kokonaiskustannukset on verrattain helppo laskea, kun vain tunnetaan sääpalveluketjun kaikkien yksittäisten tekijöiden aiheuttamat kustannukset. Sen sijaan sääpalvelun tuottamaa kokonaistaloudellista hyötyä viljelijöille ja koko kansantaloudelle on huomattavasti hankalampi arvioida. Lähes kaikkien tutkimukseen osallistuneiden viljelijöiden mielestä tehostetusta maatalouden sääpalvelusta on hyötyä. Sääpalvelun suurimpina etuina pidettiin tiedotusten saamista kellonajoista riippumatta ja sääennusteiden alueellista tarkennusta. Maatalouden erityissääpalvelun tuottamaa taloudellisen hyödyn tai tappion suuruutta oli viljelijöiden mielestä erittäin vaikea määrittää. Viljelijöiden omat arviot tehostetusta sääpalvelusta saadusta taloudellisesta hyödystä vaihtelivatkin suuresti, 50–1 000 mk/peltohehtaari.

Jotta taloudellisen hyödyn suuruuden arviointi saataisiin varmemmalle pohjalle, käytettiin hyväksi asiantuntijoita. Sääpalvelun hyöty-kustannussuhdetta ovatkin tutkimuksessa Ansalehto et al. (1985) olleet arvioimassa maatalousasiantuntijat Maatalouden tutkimuskeskuksesta ja Hämeen maatalouskeskuksesta. Tutkimuksen mukaan suurimmat taloudelliset hyödyt saadaan kylvön oikeaan ajoitukseen liittyvästä sadon lisäyksestä ja kasvinsuojelutoimien oikean ajoittamisen tuomasta kustannussäästöstä sekä siihen liittyvästä sadon lisäyksestä. Myös sadonkorjuun oikeaan ajoitukseen liittyvästä paremmasta ravintoarvosta ja pilaantumisen estymisestä saadaan huomattavaa taloudellista hyötyä. Asiantuntijoiden tekemä arvio viljelijöiden erityissääpalvelusta saamasta taloudellisesta kokonaishyödystä Hämeen läänin maatalouskeskuksen alueella oli 13,9 miljoonaa markkaa, mikä tekee keskimäärin noin 86 mk/peltohehtaari. Kun palvelutoiminnan aiheuttamat kustannukset olivat vuoden 1984 tasolla noin 0,4 miljoonaa markkaa, maatalouden erityissääpalvelun hyöty-kustannussuhteeksi Hämeen maatalouskeskuksen alueella saatiin noin 30:1. Maatalouden sääpalvelun tutkimusryhmän selvityksen mukaan koko maan kattavan tehostetun maataloussääpalvelujärjestelmän tuottama taloudellinen hyöty maataloudelle arvioitiin noin 120 miljoonaksi markaksi, mikä on laskettu keskimäärin 50 mk/peltohehtaari tuottavan hyödyn mukaan.

Vaikka edellä esitetystä tutkimuksesta on kulunut jo 20 vuotta, eivät maatalouden tuotantoon liittyvät perusasiat ole oleellisesti muuttuneet näiden vuosien aikana. Heinänteon sääriippuvuus on vähentynyt, mutta toisaalta tilakoon kasvaessa töiden suunnittelu ja ajoitus on tullut entistä herkemmäksi, ja tällöin yksityiskoh- taisten säätietojen tarve on lisääntynyt. Maatalouden sääriippuvuus on siis edelleen vähintäänkin yhtä suuri kuin 20 vuotta sitten. Sääennusteet ovat vuosi vuodelta tarkentuneet, ja sääpalvelujen tarjonta on tietotekniikan kehityksen myötä monipuolistunut 20 vuoden aikana huomattavasti, joten viljelijöiden saama pal-

velu on nykyään laadukkaampaa. Maatalouden erityissääpalvelulla nykyään saavutettavat hyödyt voidaan täten arvioida vähintään yhtä suuriksi kuin aiemmin. Jos huomioidaan elinkustannusindeksissä tapahtunut muutos vuodesta 1984 lähtien, 120 miljoonaa markkaa vastaa noin 34 miljoonaa euroa, mikä antanee parhaan mahdollisen kuvan maatalouden sääpalveluilla Suomessa saavutettavasta taloudellisesta hyödystä.

Suurimmat taloudelliset hyödyt arvioidaan saatavan seuraavasti soveltaen Hämeen maatalouskeskuksen alueella saatuja tuloksia koko maan osalle:

– kylvön oikeaan ajoitukseen liittyvä sadon lisäys	11,7 milj. €
– kasvinsuojelutoimien oikean ajoittamisen tuoma kustannussäästö ja sadon lisäys	8,1 milj. €
– sadonkorjuun oikeaan ajoitukseen liittyvä parempi ravintoarvo ja pilaantumisen estyminen	12,2 milj. €
– muut tekijät	2,0 milj. €
Yhteensä	34,0 milj. €

Maatalouden erityissääpalvelusta saatava hyöty ei rajoitu pelkästään taloudellisiin arvoihin, vaan koska viljelytoimenpiteiden oikealla ajoittamisella voidaan vähentää lannoitteiden ja kasvimyrkkyjen käyttöä, ympäristön kemikaalikuormitus vähenee ja näin saadaan huomattavaa hyötyä myös ympäristösuojelullisessa mielessä. Tästä maaperän ja vesistöjen pienenevästä kemikaalikuormituksesta saatava hyöty on toki myös taloudellista, mutta sen taloudellisen vaikutuksen arviointi on huomattavan hankalaa.

Maatalouden eri toiminnot tarvitsevat erilaista meteorologista tietoa. Tätä havainnollistetaan taulukossa 4.33.

Taulukko 4.33. Arvio maatalouden eri toimintojen käyttämien meteorologisten tietojen aikajänteistä (1 = melko hyödyllinen, 2 = hyödyllinen, 3 = erittäin hyödyllinen).

Maatalous	Historiatieto ja klimatologiset vaikutukset	Ajantasainen tieto ja varoituspalvelut	Vuoro- kausiennuste (12 h – 2 vrk)	Keskipitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden- aikaennuste (1–6 kk)	Ilmasto- skenaariot
Toimintojen ajoittaminen	3	3	2	1	1	
Kasvumallit ja satoennusteet	3		1	2	2	2
Hallantorjunta	1	3	3	1		
Sopeutuminen uusiin olosuhteisiin	3					3
Kasvilajien valinta	3			1	2	2

Tulosten tarkastelua

Maatalouden sääpalveluista saatava hyöty nykyään ja tulevaisuudessa

Suomen EU:iin liittymisen myötä maatalouden tulokehitys ja toimintaedellytykset ovat muuttuneet. Tilakoot ovat suurentuneet ja vaatimukset tuotantotehokkuuden lisäämisestä ovat kasvaneet entisestään. Tämä asettaa viljelijöille yhä suuremmat vaatimukset sääolosuhteiden tarkempaan seurantaan ja täten suuremman tarpeen maatalouden erityissääpalvelujen käytölle. Yhteiskunta asettaa nykyään sääpalvelujen tuotantotehokkuudelle suuremmat vaatimukset kuin ennen, ja tämä puolestaan aiheuttaa paineita alentaa sääpalvelujen yksikköhintaa. Nämä tekijät yhdessä saavat aikaan sen, että maatalouden erityissääpalvelun tuottamat taloudelliset hyödyt tulevat pysymään ainakin nykyisellä tasolla, todennäköisemmin ehkä jossakin määrin lisääntymään.

Tässä tarkastelussa maatalouden sääpalveluista saatavat taloudelliset hyödyt on arvioitu nimenomaan Ilmatieteen laitoksen laatiman maatalouden erityissääpalvelun tuomasta lisähyödystä maataloudelle. Maatalous, kuten muukin sääriippuvainen toiminta, saa toki hyötyä muustakin sääpalvelusta kuin saamastaan erityissääpalvelusta. Tutkimuksen tekohetkellä, 1980-luvulla, ei Suomessa ollut muita sääpalvelun tarjoajia, mutta nykyään maataloudelle suunnattua sääpalve-

lua tarjoaa Ilmatieteen laitoksen lisäksi myös toinen kotimainen sääpalveluja tuottava yritys. Ilmatieteen laitoksen osuuden maatalouden sääpalvelujen vaikutavuudessa voidaan arvioida olevan noin 80–90 %. Huomioitaessa Ilmatieteen laitoksen yleissääpalvelun maataloudelle tuottama lisähyöty ja muiden sääpalvelun tuottajien osuus voidaan arvioida Ilmatieteen laitoksen kokonaistaloudellisen hyödyn maataloudelle olevan vähintään tuo aiemmin mainittu noin 34 miljoonaa euroa vuodessa.

Sääpalveluista saatava hyöty ei rajoitu pelkästään sääennustepalveluihin. Maataloudessa ja monilla muilla yhteiskunnan osa-alueilla tarvitaan tiedot toteutuneesta säästä alan operatiivisen toiminnan pohjaksi. Esimerkiksi kasvinviljelyn kannalta paikallisten ilmasto-olojen tuntemus on ensisijaisen tärkeää. Myös kasvilajien säärajoitukset on tunnettava hyvin, jotta niiden oikea valinta eri olosuhteisiin onnistuisi optimaalisesti. Ilmastotutkimuksesta saatua tietoa voidaan tällöin hyödyntää niin, että valitaan kuhunkin ilmastoalueeseen parhaiten sopivia ja siinä menestyviä kasvilajeja ja -lajikkeita. Ilman luotettavia ilmastotietoja ei voitaisi myöskään arvioida säähän liittyvien riskitilanteiden toistuvuuksia eikä ajaa esimerkiksi erilaisia maataloutta hyödyttäviä sovellusmalleja.

Maatalous ja ilmastonmuutos

Kasvihuonekaasujen lisäyksestä johtuva globaali ilmastonmuutos asettaa myös Suomessa maatalouselinkeinoon uudenlaisten haasteiden eteen. Ilmastomallien avulla voidaan ennakoida ilmaston eri tekijöiden muuttumisen suuruutta ja muutoksen aikataulua. Ilmastonmuutoksen arvioidaan kokonaisvaikutuksiltaan pääasiassa hyödyttävän Suomen maataloutta. Lisääntynyt hiilidioksidin määrä tehostaa kasvien yhteyttämistä, ja ilmaston lämpenemisen seurauksena kasvukausi pitenee noin 3–5 viikkoa vuoteen 2050 mennessä Pohjois-Suomea lukuun ottamatta.

Nykyisten kasvi- ja viljalajien tilalle pitää kehittää ja valita lajikkeita, jotka hyödyntävät muuttuneet ilmasto-olosuhteet paremmin. Ilmastonmuutoksen seurauksena vehnän, ohran ja kauran viljelyn pohjoisrajan arvioidaan siirtyvän 350 kilometriä pohjoisemmaksi. Etelä-Suomessa voisi lämpimämpien kasvuolosuhteiden myötä kasvattaa maissia. Perunasato saattaisi kasvaa Etelä-Suomessa 10–50 % ja Pohjois-Suomessa jopa kaksin- tai kolminkertaiseksi.

Ilmaston lämpeneminen lisää toisaalta kasvitautien ja tuhohyönteisten määrää, mikä saattaa aiheuttaa nykyistä suurempia ongelmia ja kustannuksia kasvinsuojelussa. Leudot talvet mahdollistavat ankeroiden ja viruksia levittävien kirvojen

entistä paremman leviämisen Suomessa. Myös perunarutto todennäköisesti lisääntyisi, ja ilman tehokkaampaa kasvinsuojelua tämä voisi suurelta osin kumota perunasadon kasvun.

Ilmastonmuutos lisää myös haitallisten lämpöjaksojen mahdollisuutta. Kasvien sietokyvyn ylittäviä kesälämpötiloja esiintyisi tulevaisuudessa aiempaa useammin. Suojaavan lumipeitteen häviäminen ja siitä seuraava kylmyys voisivat olla tuhoisia talvehtiville kasveille, vaikka toisaalta niiden vararavinto riittäisi entistä paremmin. Kohonneiden kevätlämpötilojen takia liian aikaisin loppuva talvehtiminen voi aiheuttaa alttiutta keväthallalle.

Talven routakauden lyhentyessä ja kosteiden, lumettomien talvien lisääntyessä ravinteiden huuhtoutumisen ja peltojen eroosion riski kasvaa. Sademäärän lisääntyminen ja syysateiden voimakkuus voivat aiheuttaa viljan lakointumista ja vaikeuttaa sadon- ja viljankorjuuta. Kosteissa oloissa jyvien entsyymitoiminta vilkastuu ja vilja voi alkaa itää. Rukiin ja vehnän laatu voi tällöin heiketä niin, että ne eivät enää kelpaa leipäviljäksi.

Puutarhatuotannon odotetaan hyötyvän ilmastonmuutoksesta. Omenanviljelyä voidaan laajentaa ja muun muassa kirsikasta voi tulla tärkeä viljelykasvi Suomessa. Sekä kasvihuone- että avomaatuotannon sadot tulevat todennäköisimmin kasvamaan, mutta tauti- ja tuholaisriski lisääntyy. Myös vadelman ja mansikan satojen ennustetaan keskimäärin kasvavan.

Päätelmät ja suositukset

Maatalouden toimintaedellytys on suotuisa sää. Sää tietoa tarvitaan maataloudessa mm. kasvituotteiden laadun ennustamiseen ja parantamiseen, optimoitaessa torjunta-aineiden käyttöä, ohjattaessa lannoitteiden käyttöä sekä ennustettaessa sadon määrää kasvukauden edistyessä. Sää tietojen tehokas hyväksikäyttö maataloudessa on siis tärkeää maatalouden tuotteiden laadun ja tuotannon tehokkuuden sekä ympäristövaikutusten kannalta. Maataloudelle suunnatun sääpalvelun kustannuksia ja hyötyjä on arvioitu useissa eri hankkeissa maailmalla ja myös Suomessa. Jos yleistämme Hämeen maatalouskeskuksen alueella tehdyt hyvin yksityiskohtaiset arviot sääpalvelun hyödyistä koko maan alueelle, päädytään arvioon, jonka mukaan Suomen maatalous hyötyy maataloudelle räätälöidyistä erityissääpalveluista noin 30–40 miljoonaa euroa vuodessa tällä hetkellä.

Säänennustemenetelmien edelleen kehittyessä sääennusteiden sekä ajallinen että paikallinen erottelukyky paranee nykyisestä. Tämä antaa tulevaisuudessa mahdollisuuden päästä maataloudelle räätälöityihin tilakohtaisiin sääennusteisiin, joiden antama taloudellinen lisähyöty voidaan arvioida noin 1–5 miljoonaksi euroksi. Meneillään on vuodenaikaisennusteisiin liittyvää kehitystyötä, ja on mahdollista, että tulevaisuudessa myös Suomessa pystytään hyödyntämään kyseisiä ennusteita. Näiden vuodenaikaisennusteiden taloudellinen merkitys maataloudelle voi olla hyvinkin merkittävä, kun jo etukäteen ennen kasvukauden alkua voidaan valita kullekin kasvukaudelle sopivimmat viljelylajikkeet ja voidaan suunnitella myös viljelytoimenpiteitä etukäteen pidemmällä aikajänteellä. Vuodenaikaisennusteista tulevaisuudessa saatava taloudellinen lisähyöty voisi varovaisesti arvioiden olla vähintäänkin 2–10 miljoonaa euroa. Ilmaston arvioidaan muuttuvan nopeasti tulevina vuosikymmeninä ja ilmastonmuutokseen varautumiseen tarvittavat ilmastoskenaariot omaavat nekin oman taloudellisen merkityksensä myös maataloudessa, mutta niistä saatavan taloudellisen hyödyn suuruuden arvioiminen on vielä tällä hetkellä huomattavan hankalaa.

4.10 Tulosten yhteenveto

Ilmatieteen laitoksen tuottamien sää- ja kelitietopalveluiden yhteiskuntataloudellisten hyötyjen arvioitiin olevan tässä tutkimuksessa tarkasteltujen toimialojen osalta nykyään yhteensä 262–285 miljoonaa euroa vuodessa niiltä osin kuin hyötyjä pystyttiin arvottamaan (taulukko 4.34).

Tieliikenteessä onnettomuuksia ja yhteiskunnalle aiheutuvia kustannuksia voidaan vähentää tienkäyttäjille suunnatulla tiedotuksella. Teiden talvikunnossapitoa voidaan tehostaa meteorologisen tiedon avulla ajoittamalla ennalta ehkäisevät toimenpiteet oikea-aikaisesti ja jättämällä tarpeettomat työt tekemättä. Sää- ja kelipalvelut tuottavat merkittäviä kustannussäästöjä kevyelle liikenteelle liukastumistapaturmien aiheuttamien haittojen ehkäisyn myötä (liikkujien oma ja kunnossapitäjien varautuminen liukkauteen ja sen torjuntaan).

Vesi- ja lentoliikenteessä koituu hyötyjä onnettomuuksien ja ympäristövahinkojen ehkäisyn, polttoaineenkulutuksen ja päästöjen vähenemisen sekä toimintojen tehostumisen myötä. Meteorologiset palvelut mahdollistavat rautatieliikenteessä paremman varautumisen sään ja kelin aiheuttamiin häiriöihin sekä säästöjä kunnossapidon lisäksi myös henkilö- ja tavaraliikenteessä. Logistiikalle ja toimitusketjuille koituu hyötyjä toimitusten paremman ennakoitavuuden sekä varastointikustannusten ja vahinkojen vähenemisen myötä.

Talonrakennukselle ja kiinteistönhallinnalle koituu hyötyjä home- ym. materiaali- vahinkojen vähenemisen ja kunnossapitotoimien tehostumisen seurauksena. Myös tuotannonsuunnittelu tehostuu, jolloin resurssien paremman kohdentamisen ansiosta saavutetaan säästöjä. Energian tuotannossa sää- ja kelipalvelut tehostavat energian tuotantokyvyn ja saatavuuden ennakointia sekä vahinkojen ja häiriöiden torjuntaa. Maataloustuotannon osalta hyödyt perustuvat satojen suojaamisen, tuholaisien torjunnan ja sadonkorjuun tehostumiseen.

Nykyisten hyötyjen lisäksi Ilmatieteen laitoksen palveluiden potentiaalisten lisähyötyjen suuruusluokaksi tarkastelluilla toimialoilla arvioitiin 166–283 miljoonaa euroa (teoreettinen maksimihyöty yhteensä 428–568 miljoonaa euroa). Merkittävien lisähyötyjen saavuttaminen edellyttää palveluiden, niiden jakelun ja hyödynnettävyyden merkittävää parantamista sekä lisäinvestointeja.

Taulukko 4.34. Ilmatieteen laitoksen sää- ja kelitietopalveluiden yhteiskuntataloudelliset hyödyt liikenteelle, logistiikalle, talonrakennukselle, energian tuotannolle ja maataloustuotannolle.

Toimiala	Sää- ja kelitietopalveluiden päävaikutukset ja hyödyt	Nykyisten hyötyjen arvo [M€/v] – nykyiset palvelut	Potentiaalisten lisähyötyjen arvo [M€/v] – kehittyneet palvelut – Ilmatieteen laitoksen nykyiset markkinaosuudet
Tieliikenne (yleiset tiet)	Onnettomuuksien vähentyminen, kunnossapidon tehostuminen	Yhteensä 11–20 M€ – onnettomuudet 9–18 M€ – kunnossapito 2 M€	– onnettomuudet 9–18 M€ – kunnossapito, ei laskettu
Kevyt liikenne	Liukastumistapaturmien väheneminen, kunnossapidon tehostuminen	– liukastumistapaturmat 113 M€ – kunnossapito, ei laskettu	– liukastumistapaturmat 122–203 M€ – kunnossapito, ei laskettu
Vesiliikenne	Onnettomuuksien ja ympäristövahinkojen väheneminen, toimintojen tehostuminen, polttoaineen säästö	Yhteensä 25–39 M€ – onnettomuudet 14–28 M€ – öljyntorjunta 10 M€ – pelastustoiminta, polttoaineen säästö ym. 1 M€	Ei laskettu
Lento-liikenne	Onnettomuuksien ja päästöjen väheneminen, toimintojen tehostuminen, matkustajien aikasäästöt	Yhteensä 54 M€ – onnettomuudet 46 M€ – polttoainesäästöt 4 M€ – kenttien kunnossapito 3 M€ – ympäristövahingot 1 M€	Noin 4 M€
Rautatie-liikenne	Junien aikataulujen parempi pitävyys	0,3 M€	0,2 M€
Logistiikka, toimitusketju	Toimitusten ennakoitavuus, varastointikustannusten ja riskien (onnettomuudet, vahingot) väheneminen	Ei laskettu	5 M€
Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	Homevahinkojen torjunta, kunnossapidon tehostuminen (työmaat ja pihat)	Yhteensä 15 M€ – rakentaminen 10 M€ – kiinteistönhallinta 5 M€	Yhteensä 15 M€ – rakentaminen 10 M€ – kiinteistönhallinta 5 M€
Energian tuotanto ja jakelu	Energian tuotantokyvyn ja saatavuuden ennakointi, vahinkojen sekä tuotanto- ja jakeluhäiriöiden torjunta	Yhteensä 10 M€ – häiriöiden torjunta 2 M€ – tuotannon ennakointi 3 M€ – turpeen tuotanto 5 M€	Yhteensä 8–23 M€ – häiriöiden torjunta 3–8 M€ – tuotannon ennakointi 5–15 M€
Maatalous	Satojen suojaaminen, tuholaisstorjunta, sadonkorjuu	Yhteensä 34 M€ – satojen kasvu 12 M€ – satovahingot 12 M€ – viljelytoimintojen tehostuminen 8 M€ – muut hyödyt 2 M€	Yhteensä 3–15 M€ – tarkennetut ennusteet 1–5 M€ – vuodenaikannusteet 2–10 M€
Yhteensä	Parempi ennakoitavuus ja suunnittelu, toimintojen tehostuminen, vahinkojen ja onnettomuuksien vähenemät	Yhteensä 262–285 M€ Huom.! Kaikkia hyötyjä ei ole arvioitu rahamääräisinä	Potentiaaliset lisähyödyt 166–283 M€ (teoreettinen maksimihyöty 428–568 M€)

Meteorologisia tietoja hyödynnetään historiatiedoista ja jakaumista ajantasaisiin tieto- ja varoituspalveluihin sekä eripituisista ennusteista aina ilmastoskenaarioihin asti. Taulukossa 4.35 on yhteenveto tässä tutkimuksessa tarkasteltujen toimialojen meteorologisista tietotarpeista niiden aikajänteiden mukaan jaoteltuna.

Taulukko 4.35. Yhteenveto eri toimialojen nykyään käyttämien meteorologisten tietojen hyödyllisyydestä niiden aikajänteiden mukaan jaoteltuna (++ = erittäin hyödyllinen, + = hyödyllinen).

Toimiala	Historiatieto ja klimatologiset vaikutukset	Ajantasainen tieto ja varoituspalvelut	Vuorokausiennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keskipitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden-aikaennuste (1–6 kk)	Ilmastoskenaariot
Tieliikenne ml. kevyt liikenne		++	+				
Vesiliikenne		++	++	+	+		
Lentoliikenne	+	++	+				
Rautatie-liikenne		+	+	++	+		
Logistiikka	+	++	++	+			
Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	+	++	++			+	+
Energiantuotanto		++	++	+	+		
Maatalous-tuotanto	++	++	+	+	+	+	+

Tulevaisuudessa pidempien ennusteiden merkitys ja hyödyntäminen todennäköisesti kasvavat ennusteiden luotettavuuden parantuessa ja ennustemallien kehityessä. Samoin ilmastoskenaarioiden merkitys kasvaa ilmastonmuutokseen varautumisen ja sopeutumisen myötä. Varautuminen erilaisiin luonnononnettomuuksiin ja muihin sääperäisiin ääri-ilmiöihin edellyttää tulevaisuudessa yhä parempia ennustemalleja ja varoituspalveluita.

5. Tulosten tarkastelu

5.1 Ilmatieteen laitoksen palveluiden hyödyt ja kannattavuus

Ilmatieteen laitoksen tuottamien sää- ja kelitietopalveluiden yhteiskuntataloudelliset hyödyt liikenteen ja logistiikan, talonrakennuksen ja kiinteistönhallinnan, energian tuotannon ja maataloustuotannon toimialoilla ovat yhteensä 262–285 miljoonaa euroa vuodessa niiltä osin kuin hyötyjä pystyttiin arvottamaan.

Tulokset osoittavat, että meteorologiset palvelut ovat yhteiskunnalle hyödyllisiä ja niiden kehittämiseen kannattaa panostaa. Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu euro tuottaa pelkästään tässä työssä tarkastelujen toimialojen osalta yhteiskunnalle vuosittain vähintään viisinkertaisen taloudellisen hyödyn verrattuna kokonaiskustannuksiin, joilla Ilmatieteen laitoksen palvelut on tuotettu (noin 54 miljoonaa euroa v. 2005). Hyödyt perustuvat suurelta osin toimintojen parempaan ennakkointiin ja suunnitteluun sekä parempaan varautumiseen erilaisiin vahinkoihin ja onnettomuuksiin ja niistä aiheutuvien haittojen vähentämiseen.

Liikenne on yksi sää- ja kelipalveluiden suurimpia hyödyntäjätahoja: parantunut turvallisuus ja väylien kunnossapito sekä tehostunut logistiikka tuottavat yhteiskunnalle merkittäviä taloudellisia hyötyjä. Esimerkiksi jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liukkaudesta aiheutuvien tapaturmien ehkäisystä koituu yli 100 miljoonan euron säästöt vuosittain.

Nykyisten hyötyjen lisäksi Ilmatieteen laitoksen tuottamien palveluiden potentiaalisten lisähyötyjen arvioitiin olevan tässä tutkimuksessa tarkastelluilla toimialoilla yhteensä 166–283 miljoonaa euroa (teoreettinen maksimi). Merkittävien lisähyötyjen saavuttaminen edellyttää palveluiden, niiden jakelun ja hyödynnettävyyden merkittävää parantamista sekä lisäinvestointeja.

Tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että tutkimukseen kuuluvien toimialojen kaikkia hyötyjä ei arvotettu taloudellisesti. Lisäksi tutkimuksen ulkopuolelle jäi vielä koko joukko muita toimintoja ja toimialoja, jotka hyödyntävät Ilmatieteen laitoksen palveluita. Esimerkiksi energian tuotantoon, liikenteeseen ja logistiikkaan liittyvissä kemikaali- sekä muissa ympäristöonnettomuuksissa (metsäpalot yms.) käytetään Ilmatieteen laitoksen leviämismalleja ja varoituspalveluja mm. terveydelle haitallisten kaasupäästöjen haittojen torjuntaan. Myös suuronnettomuuksien (esim. ydinvoimaonnettomuus) ja luonnonkatastrofien ko-

konaisvaltaisessa hallinnassa (ehkäisy, varautuminen, ennakkosuunnittelu, operatiiviset toimenpiteet, tiedotus) hyödynnetään Ilmatieteen laitoksen palveluja, joiden merkitys yhteiskunnan toiminnalle, varautumiselle ja turvallisuudelle on erittäin suuri. Näiden hyötyjen arvottaminen on erittäin vaikeaa, mutta kyse on vähintään kymmenistä miljoonista euroista, vaikka huomioitaisiinkin vahinkojen pieni todennäköisyys (Molarius et al. 2007). Yleisenä nyrkkisääntönä voidaankin todeta, että meteorologiset palvelut tuottavat Suomessa itsensä takaisin joka vuosi moninkertaisesti.

Tulevaisuudessa meteorologisten tietopalveluiden vaikuttavuus ja palveluiden tuottamat hyödyt tulevat kasvamaan, jos poikkeukselliset sääilmiöt ja niiden seurauksena isot luonnononnettomuudet lisääntyvät. Nykyisen käsityksen perusteella nämä ääri-ilmiöt tulevat lisääntymään ilmastonmuutoksen myötä.

5.2 Vertailu muihin tutkimuksiin

Tämä tutkimus on yksi perusteellisimmista, mitä meteorologisten palveluiden vaikuttavuudesta on tehty. Asiantuntija-arviot perustuvat pitkälti meteorologisia palveluita käyttävien asiakkaiden käytännön kokemuksiin meteorologisten palveluiden ja yleensäkin sään vaikutuksista heidän toimialansa toimintoihin. Tällä pyrittiin varmistamaan realistisen kuvan saaminen vaikutuksista ja palveluiden tuottamista taloudellisista hyödyistä kullekin toimialalle. Arviot palveluiden vaikuttavuudesta ja yhteiskuntataloudellisista hyödyistä ovat pikemmin varovaisia kuin ylioptimistisia.

Erilaisista menetelmistä huolimatta tässä tutkimuksessa saatu Ilmatieteen laitoksen nykyisten palveluiden hyöty-kustannussuhde asettui samalle tasolle kuin kansainvälisissä tutkimuksissa saadut tulokset koskien kansallisten meteorologian laitosten toiminnan hyötyjen suhdetta kustannuksiin (ks. esim. Anaman et al. 1997).

5.3 Arvio tulosten luotettavuudesta

Vaikka tutkimuksen toimialakohtaiset arviointiprosessit olivat yhdenmukaisia ja arvioinneissa käytettiin pääosin samoja menetelmiä ja vaikutusten arvottamisessa mahdollisuuksien mukaan samoja yksikköhintoja, arviointien toteutustavoissa ja kattavuudessa oli myös eroja. Erot johtuivat toimialojen erilaisuudesta, käytävissä olevasta lähtöaineistosta sekä arvioitsijoiden kokemuksesta tietopalveluiden arvioinneista ja meteorologisista palveluista.

Toimialakohtaisten arviointien toteutustapa ja niissä käytetyt menetelmät olisivat olleet homogeenisempia ja arvioinnit perusteellisempia, jos tutkimukseen olisi valittu vähemmän meteorologisten palveluiden sovellusalueita ja niistä olisi ollut enemmän aikaisempaa tutkimustietoa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kuitenkin selvittää Ilmatieteen laitoksen tuottamien meteorologisten palveluiden vaikuttavuutta laaja-alaisemmin yhteiskunnan eri sektoreilla, vaikka pääpaino olikin liikenteeseen kohdistuvissa vaikutuksissa. Toinen tärkeä tavoite oli selvittää liikenteen tietopalveluiden arvioinnissa käytettävien menetelmien soveltuvuutta myös meteorologisiin tietopalveluihin ja niiden sovellusalueisiin tietopalveluiden geneerisen arviointijärjestelmän kehittämistä varten.

Osittaisesta heterogeenisuudestaan huolimatta tutkimuksen toteutustapa ja menetelmät soveltuivat meteorologisten tietopalveluiden päävaikutusten tunnistamiseen ja niiden arvottamiseen suuruusluokkatasolla yhteiskunnan eri toimialoilla usein toistuvien tavallisten meteorologisten ilmiöiden osalta. Monissa muissa tutkimuksissa vaikuttavuutta on arvioitu pelkästään suuronnettomuuksien, luonnonkatastrofien ja muiden harvemmin tapahtuvien ääri-ilmiöiden kautta meteorologisten palveluiden avulla saavutettavina potentiaalisina hyötyinä näiden ilmiöiden haittojen vähentämisen myötä.

Meteorologisten palveluiden hyödyntäjätahojen omat arviot päivittäisten palveluiden hyödyistä ja niiden kehittämistarpeista toivat vaikuttavuuden arviointeihin konkretiaa ja lisäsivät tutkimusryhmän mielestä tulosten uskottavuutta. Hyötyjen toimialakohtaista arvottamista helpottivat merkittävästi tilastotietojen hyvä laatu, saatavuus ja kattavuus Suomessa.

Selvimmät menetelmälliset puutteet tässä tutkimuksessa havaittiin meteorologisten tietopalveluiden tuottamien nykyisten ja potentiaalisten hyötyjen johdonmukaisessa rajaamisessa eri toimialoille sekä hyötyjen rahamääräisessä arvottamisessa.

5.4 Suositukset

Tulosten hyödyntäminen

Ilmatieteen laitos voi hyödyntää tämän tutkimuksen tuloksia toimintansa vaikuttavuuden arviointiin, palveluidensa edelleen kehittämiseen ja uusien palvelukonseptien suunnitteluun. Konkreettisia kehittämissuhteita esitettiin toimialakohdallisissa arvioinneissa luvussa 4. Esimerkiksi kevyen liikenteen osalta meteorologisen tiedon hyödyntämisessä on nähtävissä vielä paljon käyttämätöntä potentiaalia.

Arviointiprosessin aikana kehitettyjä menetelmiä ja toimintamalleja on jo hyödynnetty Balkanin maissa tehtävissä meteorologisten ja hydrologisten tietopalveluiden tutkimus- ja kehittämishankkeissa.

Arviointiprosessista ja käytetyistä tutkimusmenetelmistä saatuja kokemuksia ja osaamista hyödynnetään myös EVASERVE-hankkeessa tuotettavan tietopalveluiden arviointijärjestelmän kehittämistyössä.

Yleiset kehittämissuhteet

Suomen säähavaintoverkosto on jo pitkälti rakennettu, joten erilaisiin palvelujärjestelmiin investoimalla ja niitä kehittämällä Ilmatieteen laitos voi kohtuullisilla rajakustannuksilla saavuttaa palveluillaan merkittäviä lisähyötyjä. Näiden lisähyötyjen saavuttaminen edellyttää palveluiden kehittämisen (mm. pidemmän aikavälin ennustemallit ja paikallisten ennusteiden luotettavuus) lisäksi myös niiden saatavuuden ja käytettävyyden parantamista sekä viestintävälineiden kehittymistä. Myös tietoisuutta palveluiden hyödyistä tulee aktiivisesti lisätä.

Ilmatieteen laitoksen sää- ja kelitietopalvelut ovat maailman huippuluokkaa. Niiden edelleen kehittäminen – mm. tämän tutkimuksen tuloksia ja kokemuksia hyödyntäen – tukee uusia laite-, järjestelmä- ja osaamisen vientimahdollisuuksia myös meteorologisille ja hydrologisille palveluyrityksille ja laitevalmistajille.

Myös suomalaisen meteorologiseen osaamiseen liittyvä monialainen kehittäminen, eri toimijoiden vahvuuksien yhdistäminen ja sen nykyistä parempi hyödyntäminen edistäisivät kokonaisvaltaisten – palveluiden ja laitteiden koko elinkaaren kattavien – merkittävien vientihankkeiden toteutumista. Näitä toimijoita ovat ainakin Ilmatieteen laitos, Foreca Oy, Vaisala Oyj, Helsingin yliopisto ja VTT. Nykyistä mittavampien vientihankkeiden (kokonaisvaltaiset T&K- ja palvelupaketit) toteutuminen edellyttää myös valtiolta laajempaa panostamista alan tutkimuksen ja

teknologiaosaamisen kehittämiseen sekä nykyisiä parempia toimintamalleja ja uusia instrumentteja vienninedistämisessä yhä kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa.

Meteorologinen ”palveluteollisuus” on ympäristöystävällistä ja palvelee ympäristön tilan ymmärtämistä ja ennustamista. Tämä ”teollisuus” ei Suomessa enää edellytä raskaita fyysisiä investointeja, mutta sitäkin enemmän panostusta osaamiseen ja edistyksellisen tietotekniikan käyttöönottoon. Suomalainen tietoyhteiskuntamalli kaikessa monitahoisuudessaan voi löytää uuden ulottuvuuden myös meteorologisten palvelusovellusten käyttöönotossa, jolla tehostetaan yhteiskunnan eri toimintoja. Globaalissa talouskilpailussa eri prosessien tehokkuus ja häiriöttömyys on eräs Suomen harvoja vahvuuksia.

Tutkimustarpeet

Meteorologisten tietopalveluiden kehittämiseksi on tarpeen selvittää tarkemmin asiakastarpeet eri toimialat ja käyttäjäryhmät huomioon ottaen. Nykyiset asiakkaat ja meteorologisten palveluiden muut potentiaaliset käyttäjätahot eivät välttämättä ole täysin tietoisia niistä mahdollisuuksista ja hyödyistä, joita paremmat palvelut voivat heille tarjota. Palveluiden kysyntää voidaan myös luoda, sitä ei tarvitse välttämättä vain odottaa.

Tieteelliset jatkotutkimustarpeet palveluiden osalta kohdistuvat vaikutusmekanismien osoittamiseen empiirisesti: kuinka paljon esimerkiksi tienpidon kustannuksia voidaan vähentää paremman sää- ja kelitiedon funktiona. Empiirisiä testejä varten vaikutusmekanismit tulee mallintaa ensin käsitteellisesti ja sitten kvantitatiivisesti. Tässä tutkimuksessa käsittemallinnus on aloitettu, ja sen pohjalta kehittämistyötä voitaisiin luontevasti jatkaa kertynyttä kokemusta hyödyntäen.

Toinen selkeä jatkotutkimustarve kohdistuu palveluiden käyttöönoton mallintamiseen – mitkä tietopalveluattribuutit ovat määrääviä erilaisilla tietopalvelumarkkinoilla ja asiakassegmenteissä; miten attribuutit priorisoituvat markkina-penetraation eri vaiheissa. Attribuuttien tunnistaminen on selkeä signaali palveluiden tuotekehitykselle ja niiden tuottamisesta vastaavalle liikkeenjohdolle.

Meteorologisten tietojen arvoa eri toimijoille voidaan selvittää kattavammin ja yksityiskohtaisemmin. EVASERVE-hankkeessa tehtyä tutkimusta tiedon arvon määrittämisestä (Herrala 2007) voidaan soveltaa myös tähän tutkimusasetelmaan ja selvittää tarkemmin meteorologisten tietojen hyödyt ja hyödyntämistilanteet. Tietopalveluiden nykyisten ja potentiaalisten hyötyjen rajaamisessa ja määrittelyssä arviointien sovellustarpeisiin on vielä kehitettävää.

6. Yhteenveto

Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus

Johdanto

Meteorologiset ilmiöt ovat merkittäviä talouteen vaikuttavia tekijöitä. Vaikka sääennusteilla ja -varoituksilla voidaan varautua vahinkojen torjuntaan ja toimintojen suunnitteluun taloudellisten menetysten minimoimiseksi, meteorologisten palveluiden taloudellinen merkitys yhteiskunnan eri toiminnoille on ollut pitkälti mittaamatta.

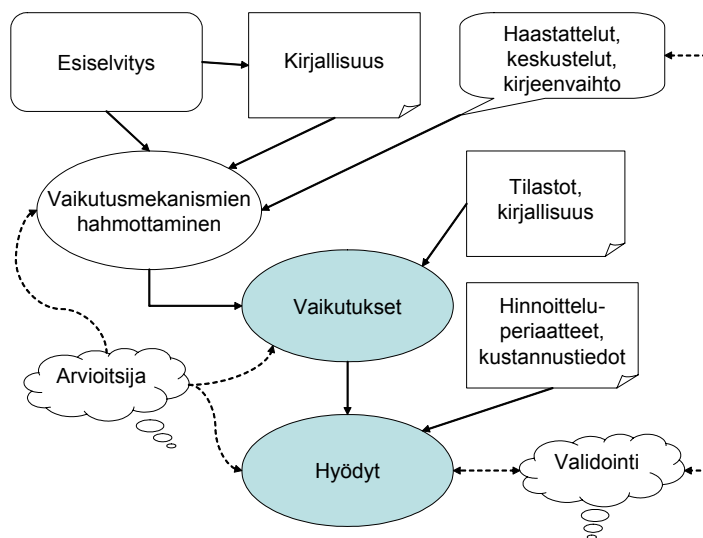
Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli arvioida Ilmatieteen laitoksen resursseilla tuotettujen meteorologisten tietopalveluiden vaikuttavuutta liikenteen (kaikki liikennemuodot), logistiikan, talonrakennuksen ja kiinteistönhallinnan, energian tuotannon sekä maataloustuotannon osalta. Tarkoitus oli tunnistaa meteorologisten palveluiden tuottamat päähyödyt näille toimialoille – etenkin usein toistuvien tavallisten meteorologisten ilmiöiden osalta – ja arvottaa hyödyt suuruusluokkatasolla.

Vaikutusanalyysit rajattiin suomalaisille loppukäyttäjille suunnattuihin yritys- ja yksityispalveluihin, mukaan lukien julkiset tietopalvelut. Käytännössä tämä tarkoittaa sää- ja kelipalveluita, joita Ilmatieteen laitos tuottaa Asiakaspalveluyksikkönsä sekä Internetin ja median (sanomalehdet, televisio, radio) kautta. Arviointi ei kattanut Ilmatieteen laitoksen sisäistä toimintaa.

Tavoitteena oli myös testata liikenteen tietopalveluiden arvioinnissa käytettävien menetelmien soveltuvuutta tietopalveluiden geneerisen arviointijärjestelmän kehittämistä varten EVASERVE-hankkeen tavoitteiden mukaisesti.

Toteutus ja menetelmät

Liikenteen osalta kirjallisuusselvityksessä käytiin läpi noin 100 sääpalveluiden vaikuttavuuden arviointitutkimusta, minkä jälkeen liikennemuotokohtaisia arviointeja täydennettiin asiantuntijahaastatteluiden ja tilastotietojen avulla. Muiden toimialojen arviointi toteutettiin vastaavilla periaatteilla, joskin huomattavasti suppeampana. Arviointiprosessin periaate esitetään kuvassa 6.1.



Kuva 6.1. Arviointiprosessin periaate.

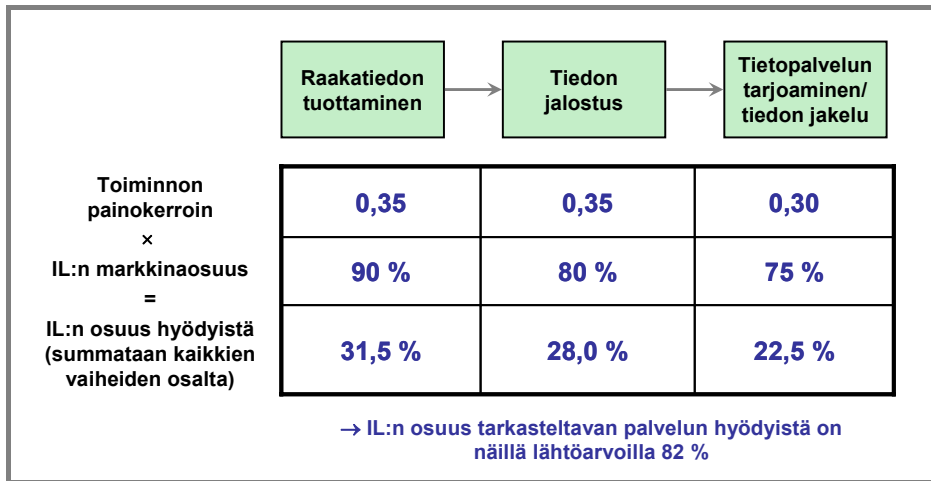
Toimialakohtaiset arvioinnit tehtiin kukin omana kokonaisuutenaan niiden erilaisen luonteen takia, kuitenkin yhteisesti sovittua logiikkaa noudattaen.

Taulukossa 6.1 on kooste arviointien tietolähteistä ja vaikutusten arvottamiseen sovelletusta aineistosta. Arvioinneissa eri tietolähteiden (kirjallisuus, haastattelut, tilastot) osuudet painottuivat eri tavoin johtuen toimialojen erilaisesta luonteesta, käytössä olleesta lähtöaineistosta ja tutkimuksen resursseista. Tämä vaikuttaa myös arvioinneissa käytettyihin menetelmiin: esimerkiksi logistiikassa menetelmänä käytettiin asiantuntijahaastatteluja, kun taas tieliikenteen arvioinneissa käytettiin haastatteluiden lisäksi empiirisiin ja kirjallisiin lähteisiin perustuvia analyttisiä malleja.

Taulukko 6.1. Lähtötiedot ja arvottamisperusteet.

Toimiala	Lähtötietojen keräys	Arvottaminen, hinnoittelu
Liikenne		
– Tieliikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, asiantuntija-arviot
– Kevyt liikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, liukastumistapaturmien sairaanhoidon kustannuksiin perustuva arvio, asiantuntija-arviot
– Vesiliikenne	Kirjallisuus, asiantuntijahaastattelut, tilastot	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, toteutuneisiin öljyvahinkojen torjuntakustannuksiin perustuva arvio, asiantuntija-arviot
– Lentoliikenne	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, markkinahinnat, vaihtoehtoiskustannus, asiantuntija-arviot
– Rautatieliikenne	Kirjallisuus, tilastot	Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot, asiantuntija-arviot
Logistiikka	Asiantuntijahaastattelut	Asiantuntija-arviot
Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Tilastot, asiantuntijan oma arvio
Energian tuotanto	Kirjallisuus, tilastot, asiantuntijahaastattelut	Asiantuntija-arviot, kirjallisuus
Maataloustuotanto	Kirjallisuus	Kirjallisuudessa esiintyvät arvot, asiantuntija-arviot

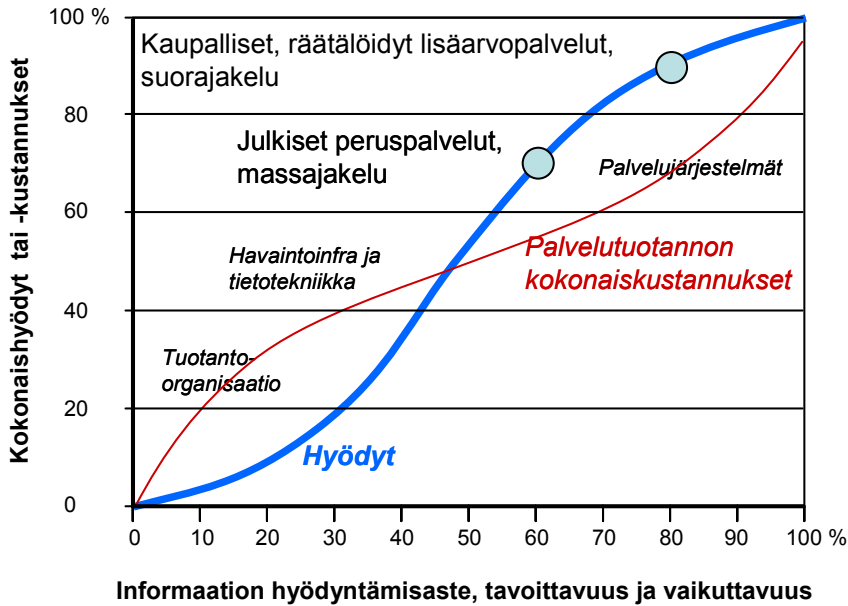
Yhteiskuntataloudellista vaikuttavuutta arvioitaessa tarkasteltiin ensin meteorologisten palveluiden vaikutusmekanismeja kunkin toimialan osalta erikseen ja tunnistettiin mekanismien perusteella palveluiden tuottamat olennaiset hyödyt toimialoittain. Tämän jälkeen Ilmatieteen laitoksen palveluiden osuus näistä hyödyistä jyvitettiin kuvan 6.2 periaatteiden mukaisesti. Vuosikustannuksena on käytetty Ilmatieteen laitoksen vuonna 2005 toteutuneita kustannuksia 54 miljoonaa euroa.



Kuva 6.2. Sää- ja kelitietopalveluiden tuottamien hyötyjen jyvittämisperiaate (esimerkki lentoliikenteen osalta).

Sää- ja kelitietopalvelujen tuottamien hyötyjen jyvityksessä palveluketju jaettiin raakadatan tuottamiseen, tiedon jalostukseen ja tiedon tarjoamiseen loppukäyttäjälle (sisältää myös eri lähteistä saatavien tietojen paketoinnin palveluksi) sekä arvioitiin toimialakohtaisesti Ilmatieteen laitoksen markkinaosuudet näissä vaiheissa. Palveluketjun eri vaiheille muodostettiin painokertoimet, jotka perustuvat resurssien (kuten henkilökunta, tilat ja laitteistot) käyttöön palveluketjun eri vaiheissa. Painokertoimien arvot eri palveluille muodostettiin toimialakohtaisesti käytettävissä olevan aineiston ja kirjoittajien oman harkinnan perusteella. Kerromalla eri vaiheiden painokertoimet Ilmatieteen laitoksen arvioidulla markkinaosuudella palveluketjun eri vaiheissa saatiin arvio Ilmatieteen laitoksen osuudesta sää- ja kelipalveluiden tuottamiin hyötyihin tarkasteltavalle toimialalle kuvan 6.2 mukaisesti.

Työssä tarkasteltiin sekä nykyisiä että potentiaalisia hyötyjä. Nykyisillä hyödyillä tarkoitetaan olemassa olevien palveluiden tuottamia hyötyjä. Potentiaalisilla hyödyillä tarkoitetaan hyötyjä, jotka voitaisiin saavuttaa parantamalla merkittävästi tarjottavia meteorologisia palveluita sekä niiden jakelua ja vastaanottoa (kuva 6.3).



Kuva 6.3. Tietopalveluiden hyötyjen ja kustannusten kertyminen palveluiden kehittymisen funktiona (periaate).

Hyödyt toteutuvat palveluiden kautta vain kun asiakkaat hyödyntävät palveluista saamaansa tietoa käyttäytymisessään ja päätöksenteossaan. Palveluiden laatu ja käyttäjämäärät määrittävät palveluiden vaikuttavuuden ja niiden aikaansaamat yhteiskuntataloudelliset hyödyt. Kustannuksia kertyy meteorologisten havaintojärjestelmien investoinneista ja meteorologisen informaation tuotantoorganisaation eri toiminnoista. Palveluiden ja niiden aikaansaamien hyötyjen toteutuminen edellyttää myös havainto- ja muiden tiedonkeruujärjestelmien sekä tuotantoorganisaation päälle rakentuvia palvelujärjestelmiä ja -organisaatioita.

Tulokset

Useat yhteiskunnan sektorit ja toimijat hyödyntävät erilaisia meteorologisia tietoja historiatiedoista ja jakaumista ajantasaisiin tieto- ja varoituspalveluihin sekä eripituisista ennusteista aina ilmastostenaarioihin asti. Taulukossa 6.2 on yhteenvedo tässä tutkimuksessa tarkasteltujen toimialojen meteorologisista tietotarpeista niiden aikajänneiden mukaan jaoteltuna.

Taulukko 6.2. Yhteenveto eri toimialojen käyttämien meteorologisten tietojen hyödyllisyydestä niiden aikajänteiden mukaan jaoteltuna (++ = erittäin hyödyllinen, + = hyödyllinen).

Toimiala	Historiatieto ja klimatologiset vaikutukset	Ajantasainen tieto ja varoituspalvelut	Vuorokausiennuste (12 h – 2 vrk)	Muutaman vuorokauden ennuste (3–5 vrk)	Keskipitkä ennuste (5–10 vrk)	Vuoden-aikaennuste (1–6 kk)	Ilmastokenaariot
Tieliikenne ml. kevyt liikenne		++	+				
Vesiliikenne		++	++	+	+		
Lentoliikenne	+	++	+				
Rautatie-liikenne		+	+	++	+		
Logistiikka	+	++	++	+			
Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	+	++	++			+	+
Energiantuotanto		++	++	+	+		
Maataloustuotanto	++	++	+	+	+	+	+

Taulukko 6.2 kuvaa nykyistä tilannetta. Tulevaisuudessa pidempien ennusteiden merkitys ja hyödyntäminen todennäköisesti kasvavat ennusteiden luotettavuuden parantuessa ja ennustemallien kehittyessä. Samoin ilmastokenaarioiden merkitys kasvaa ilmastonmuutokseen varautumisen ja sopeutumisen myötä. Varautuminen erilaisiin luonnononnettomuuksiin ja muihin sääperäisiin ääri-ilmiöihin edellyttää tulevaisuudessa yhä parempia ennustemalleja ja varoituspalveluita.

Tieliikenteessä onnettomuuksia ja yhteiskunnalle aiheutuvia kustannuksia voidaan vähentää tienkäyttäjille suunnatulla tiedotuksella. Merkittäviä hyötyjä kohdistuu myös teiden talvikunnossapitoon, jossa meteorologisen tiedon avulla voidaan ajoittaa toimenpiteet ennalta ehkäisevästi ja oikein sekä jättää tarpeettomat työt kokonaan tekemättä. Sää- ja kelipalvelut tuottavat merkittäviä kustannussäästöjä kevyelle liikenteelle liukastumistapaturmien aiheuttamien haittojen ehkäisyn myötä (liikkujiensa oma ja kunnossapitäjien varautuminen liukkauteen ja sen torjuntaan).

Vesi- ja lentoliikenteessä koituu hyötyjä onnettomuuksien ja ympäristövahinkojen ehkäisyn, polttoaineenkulutuksen ja päästöjen vähenemisen sekä toimintojen

tehostumisen myötä. Meteorologiset palvelut mahdollistavat rautatieliikenteessä paremman varautumisen sään ja kelin aiheuttamiin häiriöihin sekä säästöjä kunnossapidon lisäksi myös henkilö- ja tavaraliikenteessä. Logistiikalle ja toimitusketjuille koituu hyötyjä toimitusten paremman ennakoitavuuden sekä varastointikustannusten ja vahinkojen vähenemisen myötä.

Talonrakennukselle ja kiinteistönhallinnalle koituu hyötyjä home- ym. materiaali- vahinkojen vähenemisen ja kunnossapitotoimien tehostumisen seurauksena. Myös tuotannosuunnittelu tehostuu, jolloin resurssien paremman kohdentamisen ansiosta saavutetaan säästöjä. Energian tuotannossa sää- ja kelipalvelut tehostavat energian tuotantokyvyn ja saatavuuden ennakointia sekä vahinkojen ja häiriöiden torjuntaa. Maataloustuotannon osalta hyödyt perustuvat satojen suojaamisen, tuholaisien torjunnan ja sadonkorjuun tehostumiseen.

Taulukossa 6.3 on yhteenveto Ilmatieteen laitoksen tuottamien sää- ja kelitietopalveluiden tuottamista päähyödyistä tämän työn rajaukseen kuuluvilta toimialoilta. Yksityiskohtaisemmat tarkastelut esitetään luvun 4 toimialakohtaisissa arvioinneissa. Näiden palveluiden yhteiskuntataloudellisten hyötyjen arvioitiin olevan nykyään suuruusluokkaa 262–285 miljoonaa euroa vuodessa niiltä osin kuin hyötyjä pystyttiin tässä tutkimuksessa arvottamaan. Tämä tarkoittaa, että näihin Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu yksi euro saadaan joka vuosi takaisin vähintään viisinkertaisena, kun vertailukohtana käytetään kokonaiskustannusta, jolla Ilmatieteen laitoksen palvelut on tuotettu (noin 54 miljoonaa euroa v. 2005).

Nykyisten hyötyjen lisäksi Ilmatieteen laitoksen palveluiden potentiaalisten lisähyötyjen suuruusluokaksi tarkastelluilla toimialoilla arvioitiin 166–283 miljoonaa euroa (teoreettinen maksimihyöty yhteensä 428–568 miljoonaa euroa). Merkittävien lisähyötyjen saavuttaminen edellyttää palveluiden, niiden jakelun ja hyödynnettävyyden merkittävää parantamista sekä lisäinvestointeja.

Taulukko 6.3. Ilmatieteen laitoksen sää- ja kelitietopalveluiden yhteiskuntataloudelliset hyödyt liikenteelle, logistiikalle, talonrakennukselle, energian tuotannolle ja maataloustuotannolle.

Toimiala	Sää- ja kelitietopalveluiden päävaikutukset ja hyödyt	Nykyisten hyötyjen arvo [M€/v] – nykyiset palvelut	Potentiaalisten lisähyötyjen arvo [M€/v] – kehittyneet palvelut – Ilmatieteen laitoksen nykyiset markkinaosuudet
Tieliikenne (yleiset tiet)	Onnettomuuksien vähentyminen, kunnossapidon tehostuminen	Yhteensä 11–20 M€ – onnettomuudet 9–18 M€ – kunnossapito 2 M€	– onnettomuudet 9–18 M€ – kunnossapito, ei laskettu
Kevyt liikenne	Liukastumistapaturmien väheneminen, kunnossapidon tehostuminen	– liukastumistapaturmat 113 M€ – kunnossapito, ei laskettu	– liukastumistapaturmat 122–203 M€ – kunnossapito, ei laskettu
Vesiliikenne	Onnettomuuksien ja ympäristövahinkojen väheneminen, toimintojen tehostuminen, polttoaineen säästö	Yhteensä 25–39 M€ – onnettomuudet 14–28 M€ – öljyntorjunta 10 M€ – pelastustoiminta, polttoaineen säästö ym. 1 M€	Ei laskettu
Lento-liikenne	Onnettomuuksien ja päästöjen väheneminen, toimintojen tehostuminen, matkustajien aikasäästöt	Yhteensä 54 M€ – onnettomuudet 46 M€ – polttoainesäästöt 4 M€ – kenttien kunnossapito 3 M€ – ympäristövahingot 1 M€	Noin 4 M€
Rautatie-liikenne	Junien aikataulujen parempi pitävyys	0,3 M€	0,2 M€
Logistiikka, toimitusketju	Toimitusten ennakoitavuus, varastointikustannusten ja riskien (onnettomuudet, vahingot) väheneminen	Ei laskettu	5 M€
Talonrakennus ja kiinteistönhallinta	Homevahinkojen torjunta, kunnossapidon tehostuminen (työmaat ja pihat)	Yhteensä 15 M€ – rakentaminen 10 M€ – kiinteistönhallinta 5 M€	Yhteensä 15 M€ – rakentaminen 10 M€ – kiinteistönhallinta 5 M€
Energian tuotanto ja jakelu	Energian tuotantokyvyn ja saatavuuden ennakointi, vahinkojen sekä tuotanto- ja jakeluhäiriöiden torjunta	Yhteensä 10 M€ – häiriöiden torjunta 2 M€ – tuotannon ennakointi 3 M€ – turpeen tuotanto 5 M€	Yhteensä 8–23 M€ – häiriöiden torjunta 3–8 M€ – tuotannon ennakointi 5–15 M€
Maatalous	Satojen suojaaminen, tuholaisstorjunta, sadonkorjuu	Yhteensä 34 M€ – satojen kasvu 12 M€ – satovahingot 12 M€ – viljelytoimintojen tehostuminen 8 M€ – muut hyödyt 2 M€	Yhteensä 3–15 M€ – tarkennetut ennusteet 1–5 M€ – vuodenaikannusteet 2–10 M€
Yhteensä	Parempi ennakoitavuus ja suunnittelu, toimintojen tehostuminen, vahinkojen ja onnettomuuksien vähenemät	Yhteensä 262–285 M€ Huom.! Kaikkia hyötyjä ei ole arvioitu rahamääräisinä	Potentiaaliset lisähyödyt 166–283 M€ (teoreettinen maksimihyöty 428–568 M€)

Päätelmät

Ilmatieteen laitokseen kohdistettava vuotuinen panostus tuottaa yhteiskunnalle nykyään vähintään viisinkertaisen vuosittaisen hyödyn tässä työssä tarkasteluilla toimialoilla. Hyödyt perustuvat suurelta osin toimintojen parempaan ennakkointiin ja suunnitteluun sekä erilaisten vahinkojen ja onnettomuuksien parempaan varautumiseen ja niistä aiheutuvien haittojen vähentämiseen. Liikenne on sää- ja kelipalveluiden suurimpia hyödyntäjätahoja: parantunut turvallisuus ja väylien kunnossapito sekä tehostunut logistiikka tuottavat yhteiskunnalle merkittäviä taloudellisia hyötyjä.

Tarkasteltujen toimialojen lisäksi Ilmatieteen laitoksen palveluilla on huomattava merkitys myös yhteiskunnan muille toiminnoille, kuten poikkeuksellisten luonnonilmiöiden ja suuronnettomuuksien kokonaisvaltaiselle hallinnalle (ehkäisy, varautuminen, ennakkosuunnittelu, operatiiviset toimenpiteet, tiedotus). Näiden hyötyjen arvottaminen on vaikeaa, mutta kyse on vähintään kymmenistä miljoonista euroista. Nykyisen käsityksen mukaan poikkeukselliset sääilmiöt ja luonnononnettomuudet tulevat lisääntymään. Ilmastomuutokseen varautumiseen tarvittavien ilmastoskenaarioiden taloudellinen merkitys tulee todennäköisesti kasvamaan.

Tutkimuksen lähtökohta oli haasteellinen meteorologisia palveluita hyödyntävien toimialojen erilaisuuden takia. Osittaisesta heterogeenisuudestaan huolimatta tutkimuksen toteutustapa ja menetelmät soveltuivat päävaikutusten tunnistamiseen ja niiden arvottamiseen suuruusluokkatasolla tarkasteluilla toimialoilla.

Selvimmät menetelmälliset kehittämistarpeet tutkimuksessa tunnistettiin meteorologisten palveluiden tuottamien nykyisten ja potentiaalisten hyötyjen johdonmukaisessa rajaamisessa eri toimialoille sekä hyötyjen rahamääräisessä arvottamisessa.

Yleiset kehittämissuositukset

Suomen säähavaintoverkosto on jo pitkälti rakennettu, joten palvelujärjestelmiin investoimalla ja niitä kehittämällä voidaan kohtuullisilla rajakustannuksilla saavuttaa merkittäviä lisähyötyjä. Tämä edellyttää palveluiden kehittämisen lisäksi myös niiden saatavuuden ja käytettävyyden parantamista, viestintäteknologian kehittämistä sekä tietoisuuden lisäämistä palveluiden tuottamista hyödyistä.

Ilmatieteen laitoksen sää- ja kelitietopalvelut ovat maailman huippuluokkaa. Niiden edelleen kehittäminen tukee uusia laite-, järjestelmä- ja osaamisen vien-

timahdollisuuksia meteorologisille ja hydrologisille palveluyrityksille ja laitevalmistajille.

Suomalaisen meteorologisen osaamisen monialainen kehittäminen sekä eri toimijoiden vahvuuksien yhdistäminen ja nykyistä parempi hyödyntäminen edistäsivät kokonaisvaltaisten – palveluiden ja laitteiden koko elinkaaren kattavien – palveluratkaisujen vientiä. Näitä toimijoita ovat ainakin Ilmatieteen laitos, Vaisala Oyj, Foreca Oy, Helsingin yliopisto ja VTT. Palveluratkaisujen (kokonaisvaltaiset T&K- ja palvelupaketit) viennin toteutuminen edellyttää myös Suomen valtiolta laajempaa panostamista alan tutkimukseen ja teknologiaosaamiseen sekä nykyisiä parempia toimintamalleja ja uusia instrumentteja vienninedistämisessä yhä kiristyvässä kansainvälisessä kilpailussa.

Meteorologisten tietopalveluiden kehittämiseksi on tarpeen selvittää asiakastarpeet kattavasti. Kaikki meteorologisten palveluiden potentiaaliset käyttäjätahot eivät välttämättä ole riittävän tietoisia niistä mahdollisuuksista ja hyödyistä, joita paremmat palvelut voivat niille tarjota.

Jatkotutkimustarpeet kohdistuvat tietopalveluiden vaikutusmekanismien osoittamiseen empiirisesti: esimerkiksi siihen, kuinka paljon tienpidon kustannuksia voidaan vähentää paremman sää- ja kelitiedon avulla. Empiirisiin testeihin tarvittava vaikutusmekanismien käsitteellinen mallinnus aloitettiin tässä tutkimuksessa, ja se antaa hyvän pohjan mallinnustyön jatkamiselle.

Meteorologisten tietojen arvoa eri toimijoille voidaan selvittää yksityiskohtaisemmin soveltamalla kehittyneempiä menetelmiä tiedon arvottamisesta. Tietopalveluiden nykyisten ja potentiaalisten hyötyjen rajaamisessa ja määrittelyssä arviointien sovellustarpeisiin on vielä kehitettävää.

Yksityiskohtaisemmat kehittämissuhteet esitetään luvun 4 toimialakohtaisissa arvioinneissa.

7. Summary

Effectiveness of Finnish Meteorological Institute (FMI) services

Introduction

The evaluation of the impact of services provided by the Finnish Meteorological Institute (FMI) is part of the 2006–2007 EVASERVE project that develops information service evaluation tools and methods <http://www.evaserve.fi/>. The starting point was information services for transport and logistics, but the evaluation system is also meant to be applied to other sectors. One such area of application is meteorological information services.

Meteorological phenomena have a significant economic impact. Though weather forecasts and warnings can help prevent damages and plan operations and thus minimise economic losses, the socio-economic impact of meteorological services has not yet been explicitly calculated, or at least reported, with the exception of a few published articles.

The main objective of this research was to evaluate the benefits of meteorological information services provided by the FMI covering the sectors of transport (all modes), logistics, construction and facilities management, energy production and agricultural production. The objective was to pinpoint the principal benefits of meteorological services in these sectors – especially in the case of frequently recurring common meteorological phenomena – and to value the magnitude of these benefits.

The impact analyses were limited to corporate and private services (including public information services) targeted at Finnish end-users. In practice, this means the road weather information services that the FMI provides through its Customer Service unit, the Internet and the media (newspapers, television, radio). The evaluation did not cover the FMI's internal operations.

Method

The literature survey examined about 100 impact evaluations of meteorological services. Then the evaluations were supplemented with expert interviews and statistical data. Evaluation of the sectors other than transport was carried out

according to the same principles, but with more limited scope. The principle behind the evaluation process is shown in Figure 7.1.

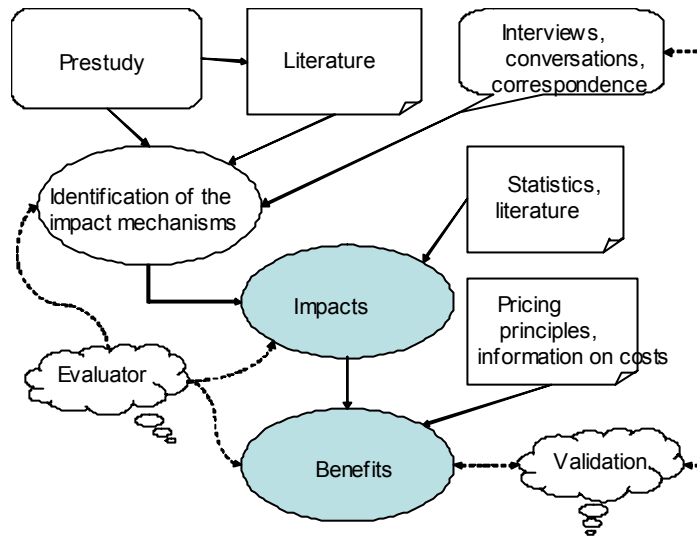


Figure 7.1. Principle of the evaluation process.

Each sector was evaluated separately due to their unique natures, but still according to a common evaluation strategy. All of the evaluations utilised information service evaluation tools developed during the EVASERVE project.

Table 7.1 lists the evaluation data sources and the material used to value the impacts. The different evaluations emphasised different data sources (literature, interviews, statistics) due to the differing natures of the sectors, the available source material and resources. For instance, the logistics evaluation method was based on a survey, whereas the road transport evaluation also utilised analytical models based on empirical and literary sources.

Table 7.1. Input data and valuation principles.

Sector	Input data	Valuation, pricing
Transport		
– Road transport	Literature, statistics, expert interviews	Internalised unit cost values of driving costs in road transport, expert estimates
– Pedestrians and cyclists	Literature, statistics, expert interviews	Internalised unit cost values of driving costs in road transport, estimates based on the cost of medical treatment of slipping accidents, expert estimates
– Waterway transport	Literature, expert interviews, statistics	Internalised unit cost values of driving costs in road transport, estimates based on the actual cost of oil damage prevention, expert estimates
– Air traffic	Literature, statistics, expert interviews	Internalised unit cost values of driving costs in road transport, market prices, opportunity costs, expert estimates
– Rail traffic	Literature, statistics	Internalised unit cost values of driving costs in road transport, expert estimates
Logistics	Expert interviews	Expert estimates
Construction and facilities management	Literature, statistics, expert interviews	Statistics, individual expert estimates
Energy production	Literature, statistics, expert interviews	Expert estimates, literature
Agricultural production	Literature	Values found in the literature, expert estimates

The evaluation of the socio-economic impacts was kicked off by examining the impact mechanisms of meteorological services separately for each sector. These were then used to pinpoint the essential benefits of the services in each sector. Then the share of the benefits that was attributable to FMI's services was allocated in accordance with the principles outlined in Figure 7.2. The annual costs used in the calculations are the FMI's actual annual costs for 2005, i.e. 54 M€.

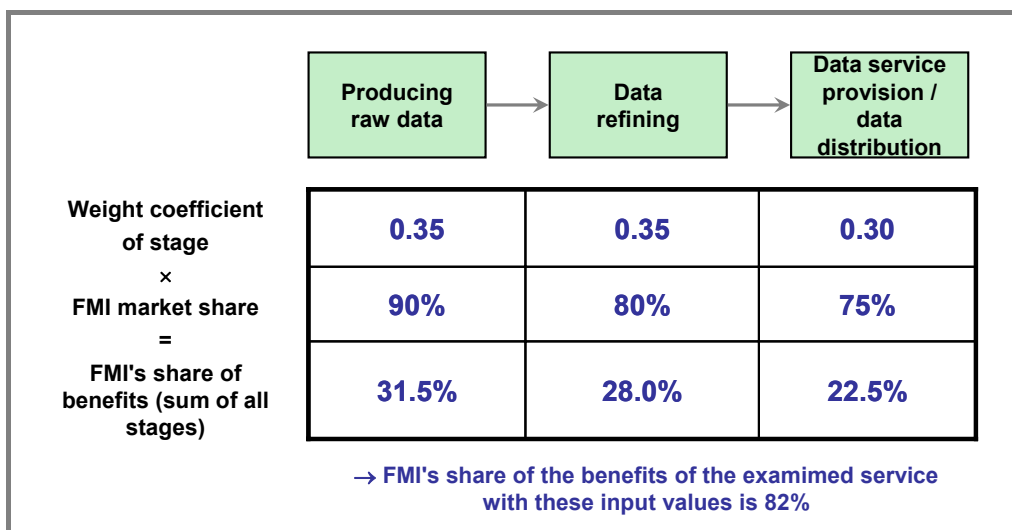


Figure 7.2. The principles used to allocate the benefits of weather information services (example case: air traffic).

During allocation of the benefits of road weather information services, the service chain was divided into the production of raw data, data refinement and the provision of data to end-users (including the packaging of information from a number of sources into one service), after which the market shares of the FMI were estimated for each stage in every sector. Weight coefficients were determined for the different stages of the service chain. The weight coefficients are based on the use of resources (e.g. personnel, facilities and equipment) during the different stages of the service chain. The values of the weight coefficients of the different services were calculated for each sector based on the available material and the writers' own judgment. By multiplying the weight coefficients of the various stages with the estimated market share of the FMI for each stage, we arrived at an estimate of how much of the benefits of road weather services in each sector are attributable to the FMI.

Both current and potential benefits were examined. Current benefits are the benefits generated by existing services. Potential benefits are the benefits that could be attained by significantly improving the available meteorological services as well as their distribution and accessibility (Figure 7.3).

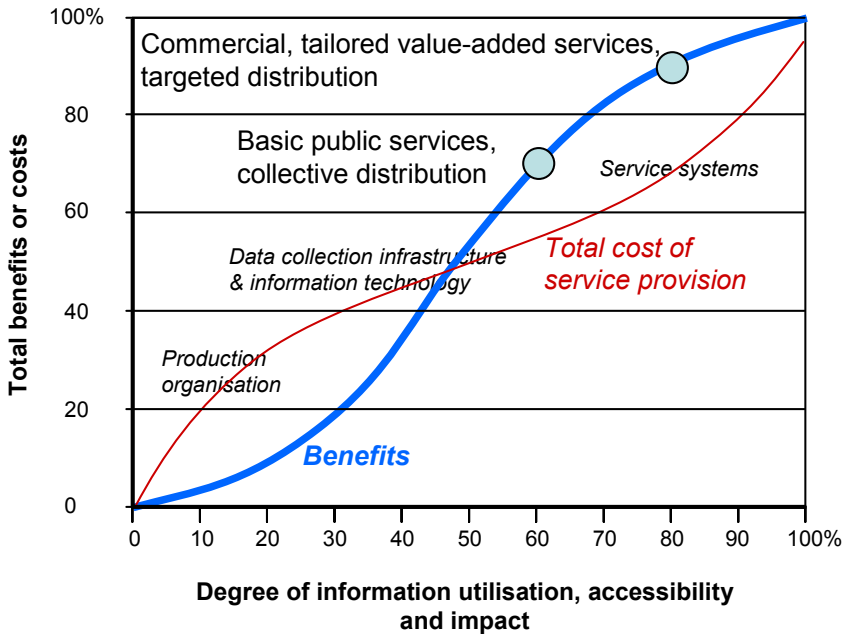


Figure 7.3. Accumulation of the benefits and costs of information services.

The benefits are realised through services only when customers use the services and change their behaviour and decisions. The quality and number of users of each service determines the impact and consequent socio-economic benefits of the services. Costs are accrued from investments in meteorological observation systems and from the various activities included in the meteorological information production phase. The realisation of services and their consequent benefits also calls for the development of service systems and organisations based on observation and other data collection systems and the production phase.

Results

Many sectors and actors in our society utilise different types of meteorological information, from historical data and distributions to real-time information and warning services and from different types of forecasts all the way to climate scenarios. Table 7.2 outlines the meteorological information requirements of the sectors examined during this research categorised by their time horizons.

Table 7.2. Summation of the benefits of meteorological information utilised by different sectors categorised by their time horizons (++ = highly beneficial, + = beneficial).

Sector	Historical data and climatological impacts	Real-time information and warning services	Daily forecast (12 h – 2 days)	Few day forecast (3–5 days)	Medium-term forecast (5–10 days)	Seasonal forecast (1–6 m)	Climate scenarios
Road transport incl. pedestrians & cyclists		++	+				
Waterway transportation		++	++	+	+		
Air transportation	+	++	+				
Rail transportation		+	+	++	+		
Logistics	+	++	++	+			
Construction & facilities management	+	++	++			+	+
Energy production		++	++	+	+		
Agricultural production	++	++	+	+	+	+	+

Table 7.2 illustrates the current situation. In the future, the significance and exploitation of long-term forecasts will likely increase as their reliability increases and forecast models become more refined. The significance of climate scenarios will also increase as preparation for and adaptation to climate change increasingly takes place. Furthermore, better forecast models and warning services will be needed to help us deal with diverse exceptional weather-based phenomena.

Road traffic accidents and the subsequent costs to society can be reduced by directing information services at road users. Significant benefits can also be reaped in winter road maintenance, as meteorological information may be used to time maintenance operations correctly and prevent unnecessary work. Weather and road surface condition services can provide significant savings when it comes to pedestrians and cyclists by helping prevent damages caused by slipping accidents (preparedness of travellers and maintenance contractors for slippery conditions and their prevention).

The benefits for waterway transport and air traffic involve the prevention of accidents and environmental damage, a reduction in fuel consumption and emissions and an increase in the efficiency of operations. Meteorological services help rail traffic services to be better prepared for weather and rail condition-related incidents and to reach savings not only in railway maintenance but also in passenger and freight transport. Logistics and supply chains will benefit from the increased predictability of deliveries and from reductions in storage costs and reduced number of accidents.

Construction and facilities management will benefit from the reduction of damage resulting from mould and mildew and from the increased efficiency of facilities maintenance operations. The planning of construction site operations will also become more efficient, providing savings by improving the allocation of resources. In energy production, weather and road surface condition services will increase the efficiency of energy production capacity and availability predictions and improve damage and incident control. The benefits for agricultural production are founded on the increased efficiency of crop protection, pest control and harvesting operations.

Table 7.3 outlines the principal benefits of road weather information services provided by the FMI in the examined sectors. More detailed analyses can be found in the sector-specific evaluations in Chapter 4. The annual socio-economic benefits of these services were estimated to be currently around 262–285 M€, to the extent that the benefits could be given a monetary value. In other words, each Euro spent on these FMIe services produces a benefit of a minimum of 5 Euros each year, considering that the annual total costs of the FMI was around 54 M€ in 2005.

In addition to the current benefits, the potential additional benefits of FMI services in the examined sectors were estimated to be around 166–283 M€ (i.e. theoretical maximum benefit 428–568 M€). Significant additional benefits can only be attained if services, their distribution and exploitability are improved significantly and if additional investments are made.

Table 7.3. Socio-economic benefits of weather information services provided by the FMI for transport, logistics, construction, energy production and agricultural production.

Sector	Principal impacts and benefits of weather and road surface condition information services	Value of current benefits [M€/y] – existing services	Value of potential additional benefits [M€/y] – developed services – FMI's current market shares
Road transport (public roads)	Reduction in number of accidents, more efficient maintenance	11–20 M€ in total – accidents 9–18 M€ – maintenance 2 M€	– accidents 9–18 M€ – maintenance, not calculated
Pedestrians & cyclists	Reduction in number of slipping accidents, more efficient maintenance	– slipping accidents 113 M€ – maintenance, not calculated	– slipping accidents 122–203 M€ – maintenance, not calculated
Waterway transport	Reduction in number of accidents and environmental damage, more efficient operations, reduction in fuel consumption	25–39 M€ in total – accidents 14–28 M€ – oil combating 10 M€ – rescue operations, fuel savings etc. 1 M€	Not calculated
Air traffic	Reduction in number of accidents and emissions, more efficient operations, time savings for travellers	54 M€ in total – accidents 46 M€ – fuel savings 4 M€ – airport maintenance 3 M€ – environmental damage 1 M€	Around 4 M€
Rail traffic	Higher accuracy of train timetables	0.3 M€	0.2 M€
Logistics, supply chain	Higher predictability of deliveries, reduction in storage costs and risks (accidents, damage)	Not calculated	5 M€
Construction & facilities management	Prevention of mould and mildew damage, more efficient maintenance (worksites and courtyards)	15 M€ in total – construction 10 M€ – facilities management 5 M€	15 M€ in total – construction 10 M€ – facilities management 5 M€
Energy production & distribution	Energy production capacity and availability predictions, prevention of damage and production and distribution interruptions	10 M€ in total – prevention of interruptions 2 M€ – production predictions 3 M€ – peat production 5 M€	8–23 M€ in total – prevention of interruptions 3–8 M€ – production predictions 5–15 M€
Agriculture	Crop protection, pest control, harvesting	34 M€ in total – increased crops 12 M€ – crop damage 12 M€ – more efficient cultivation 8 M€ – other benefits 2 M€	3–15 M€ in total – more accurate forecasts 1–5 M€ – seasonal forecasts 2–10 M€
Total	Higher predictability, better planning, more efficient operations, reduction of damage and number of accidents	262–285 M€ in total Note! The monetary value of all benefits has not been calculated	Potential additional benefits 166–283 M€ (428–568 M€ in total for the analysed sectors)

Conclusions

The money annually invested in the Finnish Meteorological Institute is currently returned to society at least fivefold in benefits in the examined sectors. These benefits are to a great extent due to higher predictability rates and better planning of operations as well as better preparedness for accidents and the reduction of human and material losses caused by these accidents. The transportation sector is definitely one of the major beneficiaries.

The services provided by the FMI have a significant impact not only on the examined sectors but also on other functions of society, such as the comprehensive management of natural disasters and major accidents (prevention, preparedness, advance planning, operational measures, information services). It is difficult to value these benefits, but they will come to a minimum of tens of millions of Euros.

It is further expected that exceptional weather phenomena will become more common. Therefore, the financial significance of climate scenarios needed to help us prepare for the effects of climate change is likely to increase.

The benefit-cost ratio of the services provided by the FMI – calculated during this research – appears roughly to match the findings of several international studies.

The differences between the sectors that utilised meteorological services proved challenging for the research. Despite the partial heterogeneity of the sectors, the chosen research methods could be used to identify and value the magnitude of the main impacts of the services in all the examined sectors.

It was found that the methods used still need to be developed further, especially with regard to the consistent allocation of the current and potential benefits of meteorological services in the different sectors and the valuation of the monetary value of the benefits.

General proposals for further development

Since the Finnish meteorological observation network is by and large completed, considerable additional benefits can be achieved at reasonable marginal costs by investing in and developing various service systems. Not only should the services be developed, but their availability and usability should be improved,

communications technology should be developed and public awareness of the benefits of various services should be increased.

The FMI's weather and road surface condition services are some of the best in the world. Their further development will create new equipment, advanced systems and deeper expertise, providing opportunities for the whole cluster of service providers, equipment manufacturers and research institutions.

The needs of customers should be examined thoroughly before developing meteorological information services. All potential users of meteorological services are not necessarily sufficiently aware of the opportunities and benefits better services might offer them.

Empirical study of the impact mechanisms of information services is one of the issues most in need of additional research. For instance, how much can higher-quality weather and road surface condition information reduce the costs of road maintenance? The conceptual modelling of impact mechanisms – a prerequisite of empirical testing – began during this research. These initial steps have laid the foundations for further modelling.

The value of meteorological information for different actors can be assessed in greater detail by applying more sophisticated information valuation methods.

The methods used to allocate and determine the current and potential benefits of information services for use in evaluations need to be developed further.

Lähdeluettelo

KIRJALLISUUSVIITTEET

Aittoniemi, E. 2007. Tieliikenteen tietopalveluiden vaikutusmahdollisuudet liikenneturvallisuuteen. Opinnäytetyö. Huhtikuu 2007. Aino-julkaisuja 46/2007. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. ISBN 952-201-998-4.

Alaoutinen, T., Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M. & Törnqvist, J. 2004. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT Tiedotteita 2227. Espoo: VTT. 83 s. + liitt. 6 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>.

Allan, S. S., Gaddy, S. G. & Evans, J. E. 2001. Delay Causality and Reduction at the New York City Airports Using Terminal Weather Information Systems. Project Report ATC-291. Lexington, MA: Lincoln Laboratory of Massachusetts Institute of Technology.

Anaman, K., Lellyett, S., Drake, L., Leigh, R., Henderson-Sellers, A., Noar, P., Sullivan, P. & Thampapillai, D. 1997. Benefits of meteorological services: evidence from recent research in Australia. *Meteorological Applications*, 5(2), s. 103–115.

Ansalehto, A., Elomaa, E., Esala, M. & Nordlund, A. 1985. The development of agrometeorological services in Finland. Technical Report NO. 31. Helsinki: Finnish Meteorological Institute. 27 s.

Anttila, V. 2001. Talvijalankulku, liukastumistapaturmat ja kelitiedottamisen kehittäminen. VTT Tiedotteita 2110. Espoo: VTT. 51 s. + liitt. 11 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2110.pdf>.

Ballentine, V. 1994. The use of marketing principles to maximise economic benefits of weather. *Meteorological Applications*, 1(2), s. 165–172.

Battelle Memorial Institute. 2004. Evaluation of Rural ITS Information Systems along U.S. 395. Battelle Memorial Institute & Meyer, Mohaddes Associates, Inc. Phase III Report. Spokane, WA: U.S. Department of Transportation ITS Joint Program Office. 124 s.

Beysson, J. 1997. The economic value of meteorology. *World Meteorological Organization Bull.*, 46(3), s. 237–241.

Björnstig, U., Björnstig, J. & Dahlgren, A. 1997. Slipping on ice and snow – elderly women and young men are typical victims. *Accident Analysis and Prevention*, 29(2), s. 211–215.

Boeing. 2006. 2005 Statistical Summary, May 2006. 26 s.
<http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf>.

Boselly, S. E. 2001. Benefit/Cost Study of RWIS and Anti-icing technologies. Final report. Transportation Research Board National Research Council. (Viitattu 13.3.2006.) [http://www.sicop.net/NCHRP207\(117\).pdf](http://www.sicop.net/NCHRP207(117).pdf).

Brent, R. J. 1996. *Applied Cost-Benefit Analysis*. Cheltenham: Edward Elgar.

CEFOR. 2006. CEFOR Annual Report 2005. Oslo, Norway: The Central Union of Marine Underwriters Norway (CEFOR). (Viitattu 3.5.2006.) 23 s.
<http://www.cefor.no/news/CEFOR%20&%20Annual%20Report/CEFOR%20Annual%20Report%202005.pdf> (16 MB).

Considine, T. J., Jablonowski, C., Posner, B. & Bishop, C. H. 2002. The Efficiency Gains from Probabilistic Weather Forecasts: A Case Study of Oil and Gas Producers in the Gulf of Mexico. Final report to National Science Foundation ATM-9908963. The Pennsylvania State University.

Craft, E. 1998. The Value of Weather Information Services for the Nineteenth-Century Great Lakes Shipping. *American Economic Review*, 88(5), s. 1059–1076.

Craft, E. 2001. Economic History of Weather Forecasting. Teoksessa: Whaples, R. (toim.) *EH.Net Encyclopedia*. (Viitattu 25.4.2006.)
<http://eh.net/encyclopedia/article/craft.weather.forecasting.history>.

Dumas, F. C. & Whitehead, J. C. 2004. The Potential Economic Benefits of Integrated and Sustainable Ocean Observation System: The South-East Atlantic Region. University of North Carolina in Wilmington. Report for the North Carolina Sea Grant Program. 41 s. <http://econ.appstate.edu/RePEc/pdf/wp0515.pdf>.

Durá, J. V., Alcántara, E., Zamora, T., Balaguer, E. & Rosa, D. 2005. Identification of floor friction safety level for public buildings considering mobility disable people needs. *Safety Science*, 43, s. 407–423. <http://www.sciencedirect.com>.

Freebairn, J. W. & Zillmann, J. W. 2002a. Economic benefits of meteorological services. *Meteorological Applications*, 9(1), s. 33–44.

Freebairn, J. W. & Zillmann, J. W. 2002b. Funding meteorological services. *Meteorological Applications*, 9(1), s. 45–54.

Gramlich, E. M. 1990. *A Guide to Benefit-Cost Analysis*. 2. painos. Long Grove, IL: Waveland Press, Inc.

Grönqvist, R. 1995. A dynamic method for assessing pedestrian slip resistance. Ph.D. Thesis. *People and work – Research reports 2*. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health. 83 s. + liites.

Gunasekera, D. 2003. Measuring the economic value of meteorological information. *International Conference on Secure and Sustainable Living: Social and Economic Benefits of Weather, Climate and Water Services*. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. *WMO Bull.*, 52(4), s. 366–373. <http://www.wmo.int/pages/madrid07/confmadrid/GUNASEKARA%202003.pdf>.

Haapanen, M. & Vepsäläinen, A. 1999. *Jakelu 2020. Asiakkaan läpimurto*. Espoo: ELC FINLAND OY. 279 s. ISBN 951-966-334-7.

Hausman, J. A. (toim.) 1993. *Contingent Valuation – a Critical Assessment*. Amsterdam, London and Tokyo, North-Holland: Contributions to Economic Analysis 220. (Distr. by Elsevier Science, New York.) 515 s. ISBN 0-444-81469-8.

Herrala, M. 2007. The value of transport information. *Opinnäytetyö. VTT Tiedotteita – Research Notes 2394*. Espoo: VTT. 87 s. + liitt. 5 s. ISBN 978-951-38-6938-0. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2394.pdf>.

HLT. 2006. *Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2004–05*. Helsinki: WSP-LT Konsultit Oy, liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto, Ratahallintokeskus. 86 s. ISBN 951-803-682-9. http://www.hlt.fi/HTL04_loppuraportti.pdf.

Holttinen, H., Saarikivi, P., Repo, S., Ikäheimo, J. & Koreneff, G. 2006. Prediction errors and balancing costs for wind power production on Finland. *Global Windpower Conference*, September 18–21, 2006, Adelaide, Australia.

Hongisto, M., Heikkinen, A., Soimakallio, H. & Järvinen, P. 1998. Sähköntuotantovaihtoehtojen ulkoiset ympäristökustannukset päätöksenteon apuna. *Tutkimusraportti numero 4*. Helsinki: Energia-alan keskusliitto Finergy. 361 s.

Ilmailuhallinto. 2006. Ilmailuhallinnon Internet-sivut. (Viitattu 22.9.2006.) <http://www.ilmailuhallinto.fi/>.

- Ilmailulaitos. 2006a. Ilmailulaitoksen vuosikertomus 2005.
http://www.finavia.fi/files/finavia/vuosikertomukset_pdf/Vuosikertomus.pdf.
- Ilmailulaitos. 2006b. Ilmailulaitoksen lentoliikennetilasto 2005.
http://www.finavia.fi/files/finavia/liikennetilastot_pdf/Tilasto2005.pdf.
- Ilmatieteen laitos. 2006a. Ilmatieteen laitoksen kotisivut (verkkodokumentti). (Viitattu 9.11.2006.) <http://www.fmi.fi>.
- Ilmatieteen laitos. 2006b. Ilmatieteen laitoksen toiminta- ja taloussuunnitelma 2008–2011. (Viitattu 9.11.2006.)
http://www.fmi.fi/kuvat/IL_toiminta_ja_taloussuunnitelma_08-11.pdf.
- Ilmatieteen laitos. 2006c. Ilmatieteen laitoksen toimintakertomus ja tilinpäätös-laskelmat 2005. http://www.fmi.fi/kuvat/IL_toimintakertomus_2005.pdf.
- Ilmatieteen laitos. 2006d. Ilmatieteen laitoksen vuosikertomus 2005.
<http://www.fmi.fi/kuvat/ilmatiedefin2.pdf>.
- Ilmatieteen laitos. 2006e. Ilmatieteen laitos – Organisaatio – Historia – Meteorologian historiaa. (Viitattu 5.12.2006.)
http://www.ilmatieteenlaitos.fi/organisaatio/historia_2.html.
- Ilmatieteen laitos. 2007a. Ilmatieteen laitoksen www-sivut. (Viitattu 24.8.2007.)
http://www.fmi.fi/saa/havainto_2.html.
- Ilmatieteen laitos. 2007b. Ilmatieteen laitos – Organisaatio – Talous (verkkodokumentti). (Viitattu 6.6.2007.)
<http://www.ilmatieteenlaitos.fi/organisaatio/talous.html>.
- Ilmavoimat. 2006. Suomen Ilmavoimien Internet-sivut. (Viitattu 13.12.2006.)
<http://www.ilmavoimat.fi>.
- Kansanterveyslaitos. 2006. Kansallinen uhritutkimus 2006. (Viitattu 3.3.2007.)
http://www.ktl.fi/portal/suomi/yhteistyoprojektit/tapaturmat/kansallinen_uhritutkimus/.
- Kempe, C. 1990. An estimation of the value of special weather forecasts in a pilot project for road authorities in Sweden. Proceedings of the WMO Technical Conference, WMO, Geneva. S. 198–203.

Kite-Powell, H. L. & Colgan, C. S. 2001. The Potential Economic Benefits of Coastal Ocean Observing Systems: The Gulf of Maine. National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce. A Joint Publication of National Oceanic and Atmospheric Administration Office of Naval Research Woods Hole Oceanographic Institution.

Kite-Powell, H. L., Hauke, L., Jin, D. & Farrow, S. 1997. Expected Safety Benefits of Electronic Charts and Integrated Navigation Systems. *Journal of Transport Economics and Policy*, 31(2), s. 147–196.

Kite-Powell, H. L., Colgan, C. & Weiher, R. 2002. Economics of a US Integrated Ocean Observing System. Background document for Ocean US Workshop: Implementation Plan for the U.S. Ocean Observing System, USA. (Viitattu 1.5.2006.) 11 s. http://www.ocean.us/documents/docs/BAKDOC9_Economics.doc.

Kite-Powell, H. L., Colgan, C. S., Wellman, K. F., Pelsoci, T., Wieand, K., Pendleton, L., Kaiser, M. J., Pulsipher, A. G. & Luger, M. 2005. Estimating the economic benefits of regional ocean observing systems. Woods Hole Oceanographic Institution Technical Report WHOI-2005-03.

Kokki, P. & Mäkelä, H. 1980. Talvirakentaminen. Lämpösuojaus ja energian käyttö. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy. 110 s.

Korhonen, P. 2003. Lentokonehankintojen suorien vastakauppatöiden valinnan ja kannattavuuden arvioinnin periaatteet. Pro gradu -tutkielma. Tampere: Tampereen yliopisto, tietojenkäsittelytieteiden laitos. 58 s. http://www.cs.uta.fi/research/thesis/masters/Korhonen_Pertti.pdf.

Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta annetun lain muuttamisesta (Vihko 98). 2005. (Viitattu 10.9.2007.) <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2005/20050098.pdf>.

Latorella, K. A. & Chamberlain, J. P. 2002. Graphical Weather Information System Evaluation: Usability, Perceived Utility, and Preferences from General Aviation Pilots. Paper Number 2002-01-1521 (NASA).

Latorella, K., Lane, S. & Garland, D. 2002. General Aviation Pilots' Perceived Usage and Valuation of Aviation Weather Information Sources. NASA / TM 2002-211443.

Lawrence, D. B. 1999. The Economic Value of Information. New York: Springer.

Layard, R. & Glaister, S. 1994. Cost-Benefit Analysis. 2. painos. Cambridge: Cambridge University Press.

Lehtinen, J. 2000. EKAPRO: Logistisen toimintaympäristön muutos sähköisen kaupankäynnin yhteydessä. Osio 5: Tuotteiden soveltuvuus. Tutkimusraportti 572/2000. Espoo: VTT.

Leigh, R. J. 1995. Economic benefits of terminal aerodrome forecasts at Sydney Airport, Australia. *Meteorol. Appl.*, 2, s. 239–247.

Levo, J., Lähesmaa, J., Hautala, R. & Pajunen, K. 2004. Rautatieliikenteen häiriönhallinnan toimintamalli (Operation model for railway incident management). FITS julkaisuja: 46. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 92 s. http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/fits46_2004.pdf.

LVM. 2003. Liikenneväylähankkeiden arvioinnin yleisohje. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 34/2003. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 53 s. + liitt. 20 s. <http://www.mintc.fi/www/sivut/dokumentit/julkaisu/julkaisusarja/2003/a342003.pdf>.

LVM. 2004. Ilmatieteen laitoksen tulostavoitteet vuodelle 2005. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö 23.11.2004, 1670/21/2004. http://www.fmi.fi/kuvat/tulostavoitteet_05.pdf.

LVM. 2006. Logistiikkaselvitys 2006. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 35/2006. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. ISBN 952-201-566-0 (painotuote), 952-201-565-2 (verkkajulkaisu). http://www.mintc.fi/oliver/upl287-Julkaisuja%2035_2006.pdf.

Merenkulkulaitos. 2006a. Merenkulku tilastot. (Verkkodokumentti.) (Viitattu 28.4.2006.) http://www.fma.fi/palvelut/tilastot/ont/ont_meri.htm.

Merenkulkulaitos. 2006b. Suomen kauppalaivasto 2006. Helsinki: Merenkulkulaitos. ISBN 951 49-0818-X.

Mishan, E. J. 1972. Cost-benefit analysis. London: George Allen & Unwin Ltd.

Molarius, R., Porthin, M. & Wessberg, N. 2007. Luonnononnettomuuksien varoitusjärjestelmän (LUOVA) mahdollisuudet. Tutkimusraportti VTT-R-03356-07. Espoo: VTT. 31 s. + liitt. 21 s.

Myllylä, M., Aarnikko, H., Kempainen, M. & Ruonakoski, A. 2006. Jalankulun turvallisuuden parantaminen. Kunnossapidon kehittämissuunnitelma 2006–2010. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 25/2006. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 76 s. ISBN 952-201-548-2 (painotuote), 952-201-549-0 (verkkojulkaisu). http://www.mintc.fi/oliver/upl142_Julkaisu%2025_2006.pdf.

Nilsson, G. 2004. Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety. Doctoral Thesis. Lund University Bulletin 221. (Codex: LUTVG/(TVTT-1030)1-118/2004.) Lund: Lund University. 121 s. ISSN 1404-272X. http://www.lub.lu.se/luft/diss/tec_733/tec_733.pdf.

NOMIS. 2006. The 2005 NoMIS Report – Norwegian Marine Insurance Statistics. Oslo, Norge: The Central Union of Marine Underwriters Norway. (Viitattu 3.5.2006.) <http://www.cefor.no/statistics/documents/2005%20CEFOR%20The%20NoMIS%20report.ppt>.

Pearce, D. W. 1983. Cost-Benefit Analysis. 2nd edition. London: Macmillan. 112 s.

Pearce, D. W. & Nash, C. A. 1989. The Social Appraisal of Projects. Teoksessa: Pearce, D. W. (toim.) Cost-Benefit Analysis. London: Macmillan.

Penttinen, M., Nygård, M., Harjula, V. & Eskelinen, M. 1999. Jalankulkijoiden liukastumiset, vaikeimmat kelit ja niiden ennustaminen sekä tiedottamiskokeilu pääkaupunkiseudulla. VTT – Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1998. Espoo: VTT. 51 s. + liitt. 9 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1998.pdf>.

Pihlaja, M. 2000. Jalankulkijan ja pyöräilijöiden kaatumistapaturmat Pohjoismaissa. Kirjallisuusselvitys. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusviraston kaatosaston selvityksiä 2000:12.

Pingoud, K., Mälkki, H., Wihersaari, M., Hongisto, M., Siitonen, S., Lehtilä, A., Johansson, M., Pirilä, P. & Otterström, T. 1999. Externe National Implementation Finland. VTT Publications 381. Espoo: VTT. 119 s. + liitt. 131 s. ISBN 951-38-5368-3; 951-38-5369-1. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1999/P381.pdf>.

PlaneCrashInfo. 2006. PlaneCrashInfo.com, Accident statistics. (Viitattu 22.9.2006.) <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>. Ylläpitäjä Richard Kebabjian.

Poikonen, J. & Kiiras, J. 1989. Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy. 102. s

RAKLI. 2002. Kiinteistö ja rakennuskluusterin visio 2010. Helsinki: RAKLI, Rakennusteollisuuden keskusliitto, Rakennustuoteteollisuus RTT, SKOL, LVI-keskusliitto, Suomen Kiinteistöliitto, Tekes.

<http://www.visio2010.fi/attachements/2005-11-23T11-04-5445.pdf>.

Redfern, M. S. & Rhoades, T. P. 1996. Fall prevention in industry using slip resistance testing. Teoksessa: Bhattacharya, A. & McGlothlin, J. (toim.) Occupational Ergonomics: Theory & Applications. New York: Marcel Dekker, Inc.

Reunanen, M. & Jalonen, R. 1997. Suomen merikuljetusten turvallisuus. Onnettomuusriskien kartoitus. VAL A V5SUO1429/1. Espoo: VTT.

Ruuhela, R., Ruotsalainen, J., Kangas, M., Aschan, C., Rajamäki, E., Hirvonen, M. & Mannelin, T. 2005. Kelimallin kehittäminen talvijalankulun turvallisuuden parantamiseksi. Helsinki: Ilmatieteen laitos. ISSN 782-6079, ISBN 951-697-591-7.

Salonen, R. & Pennanen, A. 2006. Pienhiukkasten vaikutus terveyteen – Tuloksia ja päätelmiä teknologiaohjelmasta FINE Pienhiukkaset. Teoksessa: Paukku, T. (toim.) Teknologia, ympäristö ja terveys. Helsinki: Tekes.

http://www.tekes.fi/julkaisut/Fine_Terveys.pdf.

Schirokoff, A., Rämä, P. & Tuominen, A. 2005. Vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittainen käyttö Suomessa. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 89/2005. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 47 s. ISBN 952-201-475-3 (painotuote), 952-201-476-1 (verkkojulkaisu). <http://www.mintc.fi/scripts/cgiip.exe/WService=lvm/cm/pub/showdoc.p?docid=1971&menuid=97&channelitemid=12649>.

Sener. 2002. Suomen sähkönjakelujärjestelmien toimivuus epänormaaleissa luonnonolosuhteissa. Otso Kuusisto, 23.1.2002. Sähköenergialiitto ry (Sener).

Silvast, A., Heine, P., Lehtonen, M., Kivikko, K., Mäkinen, A. & Järventausta, P. 2005. Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta. Helsinki ja Tampere: Teknillinen korkeakoulu ja Tampereen teknillinen yliopisto. 175 s. http://powersystems.tkk.fi/KAH-loppuraportti_951-22-8032-9.pdf.

Šišák, L. & Pulkrab, K. 2002. Estimate of economic impacts of climate change upon Czech Forestry. Journal of Forest Science, 48(11), s. 499–507.

Sisäasiainministeriö. 2004. Kuolemaan johtaneet veneilyonnettomuudet vuosina 2000–2002. Poliisin veneonnettomuuksien tutkijalautakuntien tutkima. Sisäinen turvallisuus 2004. Sisäasiainministeriön julkaisu 11/2004. Helsinki: Sisäasiainministeriö. 52 s. ISBN 951-734-664-6 (painotuote), 951-734-665-4 (verkkajulkaisu). [http://www.intermin.fi/intermin/biblio.nsf/03D54ADCAB90AB34C2256E45004D05A2/\\$file/11-2004.pdf](http://www.intermin.fi/intermin/biblio.nsf/03D54ADCAB90AB34C2256E45004D05A2/$file/11-2004.pdf).

Smith, K. 1990. Weather sensitivity of rail transport. Proceedings of the WMO Technical Conference, WMO, Geneva. S. 236–244.

Suomen Rakennusteollisuusliitto Oy. 1990. Talvirakentaminen. Helsinki: Suomen Rakennusteollisuusliitto Oy, Rakentajain Kustannus Oy. 104 s.

Sähköenergialiitto ry. 2004. Keskeytystilasto 2003. Tilastosarja 1, Tuotenumero 7002. Helsinki: Sähköenergialiitto ry ja Energia-alan keskusliitto ry. 27 s. ISSN 0782-6966. <http://www.energia.fi/fi/tilastot/keskeytystilastot/keskeytystilastot2003.pdf>.

Tapio, J., Lehtinen, J., Sirkiä, A., Peltola, H. & Hautala, R. 2005. Tavaraliikenteen kuljetusten liikenneturvallisuusvastuu. Liikenneturvallisuusjohtaminen tavarankuljetuksissa. Lintu- julkaisuja 2/2005. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 83 s. ISBN 951-723-752-9 (painotuote), 951-723-753-7 (verkkajulkaisu). <http://www.lintu.info/julkaisut.htm>.

Tervonen, J., Ristikartano, J. & Penttinen, M.-M. 2005. Tieliikenteen ajokustannusten määrittäminen – Taustaraportti 2005. Sisäisiä julkaisuja 48/2005. TIEH 4000485. Helsinki: Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. 54 s. ISSN 1457-991X. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/4000485-vtielik_ajokust_yksikkoa.pdf.

Thornes, J. E. 1990. The development and status of road weather information systems in Europe and North America. Proceedings of the WMO Technical Conference, WMO, Geneva. S. 204–214.

Thornes, J. E. & Davis, B. W. 2002. Mitigating the impact of weather and climate on railway operations in the UK. Proceedings of the 2002 ASME/IEEE Joint Rail Conference, Washington DC, April 23–25, 2002. S. 29–38.

Tiehallinto. 2001. Teiden talvihoito. Menetelmätieto. TIEH 2230006-01. Helsinki: Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. 51 s. + liitt. ISBN 951-726-798-3. (Vii-tattu 23.11.2006.) <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2230006-01i.pdf>.

Tiehallinto. 2006a. Liikennehankkeiden kannattavuuslaskelmien yksikköarvot. Tiehallinnon kirje 705/2005/20/1, 20.12.2005.

Tiehallinto. 2006b. Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005. TIEH 2100039-05. Helsinki: Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. 15 s. ISBN 951-803-606-3 (painotuote), 951-803-607-1 (verkkojulkaisu).
http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100039-v-05tieliikent_ajokustann.pdf.

Tiehallinto. 2006c. Liikenneonnettomuudet maanteillä 2005. Tiehallinnon tilastoja 3/2006. Helsinki: Tiehallinto, Tiedonhallinta- ja tiestötietopalvelut. 74 s. ISSN 1459-3149, ISBN 951-803-745-0. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3300011-v-06liikenneonnett_maant_2006.pdf.

Tiehallinto. 2006d. Tiefakta 2006. (Verkkodokumentti, viitattu 26.10.2006.) <http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/11904.PDF>.

Tielaitos. 1999. Tieliikenteen ajokustannukset: Onnettomuuskustannukset Suomessa ja Ruotsissa. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 36/1999, TIEL 4000216. Helsinki: Tielaitos.

Tilastokeskus. 2005. Suomen tilastollinen vuosikirja 2005. Helsinki: Tilastokeskus. 720 s. ISSN 0081-5063, ISBN 952-467-483-1.

Tilastokeskus. 2006a. Liikennetilastollinen vuosikirja 2006. (Suomen virallinen tilasto, Liikenne ja matkailu 2006.) Helsinki: Tilastokeskus. 230 s. ISBN 952-467-629-X (painotuote), 952-467-630-3 (verkkojulkaisu).

Tilastokeskus. 2006b. Tieliikenneonnettomuudet 2006. (Suomen virallinen tilasto.) Helsinki: Tilastokeskus. 68 s. (Viitattu 23.11.2006.) ISBN 952-467-592-7 (painotuote), 952-467-593-5 (verkkojulkaisu). http://www.liikenneturva.fi/fi/tilastot/liitetiedostot/Tieliikenneonnettomuudet_2005.pdf.

Treinish, L. A. & Praino, A. P. 2004. The potential role for cloud-scale numerical weather prediction for terminal area planning scheduling. New York: IBM.

Wass, S. 1990. Benefits of weather services for highway authorities. 733 – Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services. Proceedings of the Technical Conference, Geneva, 26–30 March 1990.

WHO. 1994. Update and revision of the air quality guidelines for Europe. WHO, Regional Office for Europe. Meeting of the Working Group "Classical" Air Pollutants, Bilthoven, The Netherlands, 11–14 October 1994.

Williamson, R.W. 1982. Presenting Information Economics to Students. The Accounting Review, 57(2), s. 414–419.

WMO. 1990. World Meteorological Organization 42nd Session of the Executive Council: Abridged Report with Resolutions. WMO-No 739. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization. 121 s.

WMO. 2007. The Social, Economic and Environmental Effects of High-Impact Weather, 1998–2005, compiled by Christopher Guyondet/SPLA, March 2006. Luettu WMO:n Internet-sivuilta 24. syyskuuta 2007, www.wmo.ch.

VR. 2005. Vuosikertomus 2004. Helsinki: VR-Yhtymä Oy. 70 s. http://192.49.229.156/attachments/5gppd2hrk/5gprXylrs/Files/CurrentFile/vsk_fin2004.pdf.

VR. 2006. Vuosikertomus 2005. Helsinki: VR-Yhtymä Oy. 65 s. http://192.49.229.156/attachments/5gppd2hrk/5gprQst4m/Files/CurrentFile/vsk_fin2005.pdf.

Vuoriainen, T., Helenius, M., Heikkilä, J. & Olkkonen, S. 2000. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kaatumistapaturmat, Espoo, Helsinki, Jyväskylä ja Oulu. Tielaitoksen selvityksiä 48/2000. TIEL 320063. Helsinki: Tielaitos, Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka. 86. + liitt. 21 s. ISSN 0788-3722, ISBN 951-726-691-X. Saatavissa sähköisenä ilman liitekarttoja: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200634.pdf>.

Öörni, R., Hautala, R., Kulmala, R., Räsänen, J. & Sihvola, N. 2007. Tie- ja kaatuverkon tietojärjestelmä Digiroadin arviointi. VTT Working Papers 79. Espoo: VTT. 40 s. + liitt. 5 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2007/W79.pdf>.

HAASTATTELUT

Aaltonen, Ismo, koulutuspäällikkö, Suomen Lentopelastusseura SLPS ry, Onnettomuustutkintakeskus, asiantuntijahaastattelu 12.9.2006.

Aarikka, Ilari, kalustopäällikkö, DHL Oy, 6.6.2006.

Bernström, Riitta, yhteyspäällikkö, Ilmatieteen laitos, 17.10.2006.

Bruun-Riegels, Niklas von, merikapteeni, Finstaship, ja merikapteeni Atso Uusiaho, Finstaship Varustamoliikelaitos, jäänmurtopalvelut, asiantuntijahaastattelu 10.11.2006.

Erkkilä, Antti, logistiikkapäällikkö, Metso Automation, 29.5.2006.

Fagerström, Håkan, merikapteeni, Marine Manager, Silja Oy Ab, Fleet Management, asiantuntijahaastattelu 28.4.2006.

Haapakoski, Juha, ohjausalueen päällikkö, VR Osakeyhtiö (Pohjois-Suomi), asiantuntijahaastattelu 31.10.2006.

Haapala, Mauno, liikennepäällikkö, VR Osakeyhtiö, asiantuntijahaastattelu 19.10.2006.

Haapasaari, Heli, ylitarkastaja, Suomen ympäristökeskus (SYKE), asiantuntijahaastattelu 11.5.2006.

Halonen, Hannu, lentokapteeni, Blue1, asiantuntijahaastattelu 23.11.2006.

Hanén, Tom, komentajakapteeni, Rajavartiolaitoksen esikunta, Meripelastus- ja meriturvallisuusyksikkö, ja komentajakapteeni Petteri Leppänen, Rajavartiolaitoksen esikunta, Meripelastus- ja meriturvallisuusyksikkö, asiantuntijahaastattelu 20.4.2006.

Heikkilä, Jari, dipl.ins., NCC, 8.1.2007.

Holmberg, Sirkka-Leena, T&K-koordinaattori, VR Osakeyhtiö, asiantuntijahaastattelu 29.5.2007.

Huotari, Arja, laatupäällikkö, DHL Oy, 6.6.2006.

Johansson, Peter, palopäällikkö (kemikaalionnettomuudet ja päästöjen leviäminen), Porvoon kaupungin pelastuspäällikkö, 9.10.2006.

Juntti, Heikki, lento- ja sotilassääpalveluyksikön päällikkö, Ilmatieteenlaitos, asiantuntijahaastattelu 20.10.2006.

Kauppinen, Heikki, päämeteorologi, Ilmavoimat, asiantuntijahaastattelu 13.12.2006.

Kulmala, Risto, liikenteen telematiikan tutkimusprofessori, VTT, asiantuntijahaastattelut 1.9.2006, 1.11.2006, 22.3.2007 ja 28.9.2007.

Kääriäinen, Tuomo, toimitusjohtaja, Uudenmaan pikakuljetus Oy, 25.4.2006.

Laine, Timo, Ilmatieteen laitos, haastattelu 19.6.2006 (Evaserve-hankkeelle tehty palvelukuvaus) ja 9.11.2006.

Lallukka, Harri, uittopäällikkö, Järvi-Suomen Uittoyhdistys, asiantuntijahaastattelu 31.8.2006.

Liuska, Samuli, aluejohtaja, Lujapalvelut Oy, 13.12.2006.

Maiche, Leila, yhteyspäällikkö, Ilmatieteen laitos, 17.10.2006.

Makkonen, Lasse, erikoistutkija, VTT, useita tapaamisia.

Matikainen, Lassi, kunnossapitoliiketoiminnan johtaja, VR-Rata Oy, asiantuntijahaastattelu 19.10.2006.

Mylläri, Jarmo, tuotantojohtaja, ATT, 30.12.2006.

Niskanen, Jorma, logistiikkapäällikkö, Keslog Oy, 7.4.2006.

Ny, Pertti, Kelpo Kuljetus Oy, 23.5.2006.

Nyrönen, Timo, tutkimuspäällikkö, VAPO, 21.9.2006.

Ojala, Veli-Matti, johtaja, Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto ry (VAKES), asiantuntijahaastattelu 27.3.2006.

Pahkin, Arto, käyttöpäällikkö, Fingrid, 14.9.2006.

Palomäki, Antti, logistiikkajohtaja, Kesko Oyj, 26.5.2006.

Peltonen, Kim, kuljetuspäällikkö, DHL Oy, 6.6.2006.

Penttilä, Vesa, merikapteeni, Neste Oil, TC Fleet & Performance, asiantuntijahaastattelu 28.4.2006.

Pilli-Sihvola, Yrjö, suunnittelupäällikkö, Tiehallinto, asiantuntijahaastattelu sähköpostin välityksellä 30.3.2007.

Pirttijärvi, Jouko, tarkastaja, Suomen ympäristökeskus (SYKE), ympäristöva-hinkoyksikkö, asiantuntijahaastattelu 14.6.2006.

Puranen, Jari, rakennusmestari, Finavia, asiantuntijahaastattelu 15.6.2006.

Putus, Tapani, merikapteeni, Finnlines Oy, merikapteeni Juha Suominen, Finnlines Oy, ja Vice President Tom Waselius, Finnlines Plc, Sourcing, Bunker, Contract Administration, asiantuntijahaastattelu 24.4.2006.

Pyykönen, Mauri, liikennekeskuspäällikkö, Tiehallinto, asiantuntijahaastattelu puhelimitse 4.7.2007.

Radetic, Nino, DHMZ, Kroatia, 6.11.2006.

Ranta, Jorma, kunnossapitopäällikkö, Vantaan kaupunki, Kuntatekniikan keskus, Kadunpito, asiantuntijahaastattelu 31.1.2007.

Rusanen, Mauri, kehityskoordinaattori, Destia (ent. Tieliikelaitos), asiantuntijahaastattelut 24.10.2006 ja 25.1.2007.

Ruuska, Rami, ylitarkastaja (ESCAPE-leviämismalli), sisäasiainministeriön pelastusosasto, 26.10.2006.

Räsänen, Jukka, erikoistutkija, VTT, useita tapaamisia.

Sjöblom, Klaus ja Lauri Rantala, Loviisan ydinvoimala, 15.9.2006.

Sorjamaa, Eija, toimitusjohtaja, Raahen Rakennuskolmio Oy, 27.12.2006.

Soronen-Ojanen, Mirja, merikapteeni, Vahinkovakuutusyhtiö Pohjola, asiantuntijahaastattelu 12.4.2006.

Suominen, Juha, Tom Waselius ja Raimo Virtanen, Finnlines Oyj, 24.4.2006; Sanna Sonninen, VTT.

Tujula, Pirjo, projektinjohtaja, Helsingin kaupunki, Helsinki kaikille -projekti, asiantuntijahaastattelu 30.1.2007.

Turunen, Tuukka, logistiikkapäällikkö, Inex Oyj, 29.5.2006.

Wiljander, Mats, kehittämisspäällikkö, Ilmatieteen laitos, 17.10.2006.

Voutilainen, Jari, myyntipäällikkö, TNT Oy, 23.5.2006.

TAUSTATIETOA

IL-työpaja VTT:ssä 19.–20.6.2006.

Kroatia 7.11.2006, Nino Radetic, Davor Nolic.

Useiden eri sähkö- ja lämpöyhtiöiden (Fortum, Helsingin Energia, Kainuun Energia, Pohjois-Karjalan Sähkö) päälliköiden haastattelut ja sähköpostiviestit, syksy 2006.

VTT 13.10.2006, Mats Wiljander.

VTT 19.–20.6.2006, Mats Wiljander, Nino Radetic (DHMZ), Jarkko Lehtinen.

Liite A: Tämän tutkimuksen kirjallisuusselvityksessä tarkemmin analysoidut julkaisut

Julkaisut on jaettu tutkijoiden omaan tulkintaan perustuen seuraaviin aihepiireihin:

- tieliikenne ja sää
- rautatieliikenne ja sää
- vesiliikenne ja sää
- lentoliikenne ja sää
- säätietopalveluiden arvo ja hyöty
- muut tietopalvelut sekä kannattavuus- ja arvoanalyysit.

Julkaisut esitetään aihepiireittäin niiden käsittelyjärjestyksessä.

Tieliikenne ja sää

Benefit/Cost Study of RWIS and Anti-icing Technologies

Tekijät: *Boselly, E. S.; Weather Solutions Group Chesterfield, Missouri*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: [http://www.sicop.net/NCHRP20-7\(117\).pdf](http://www.sicop.net/NCHRP20-7(117).pdf)

Yleinen kuvaus

Raportissa on kuvattu RWIS (road weather information system)- ja jäänehkäisyteknologioiden käyttöä Yhdysvalloissa sekä arvioitu teknologioihin liittyviä hyötyjä ja kustannuksia tarkoituksena lisätä kyseisten teknologioiden käyttöä USA:ssa.

Tutkimus perustuu ajatukseen, että yhdistämällä RWIS-teknologia jäänehkäisyteknologian kanssa voidaan tehdä reaaliaikaisia päätöksiä siitä, milloin jäänehkäisykemikaaleja käytetään. Nykyään kemikaaleja käytetään usein liian myöhään, jolloin tien reunoille on jo ehtinyt kasaantua paljon lunta. Tällöin myös joudutaan käyttämään kemikaaleja enemmän verrattuna siihen, kun niitä käytetään enemmän ennalta ehkäisevästi.

Tutkimuksessa on tutkittu hyöty-kustannusanalyysillä kyseisen teknologiayhdistelmän vaikutuksia.

Menetelmä

Tiedonkeruumenetelmää ei ole kuvattu yksityiskohtaisesti. Artikkelin kuitenkin antaa ymmärtää, että tietoa on kerätty eri puolelta Pohjois-Amerikkaa kyselemällä paikallisilta toimijoilta RWIS- ja jäänehkäisyteknologioiden tuomista etuuksista. Eri toimijoiden listaamat etuudet olivat laatuun perustuvia, eivät kvantitatiivisia.

Kyselyssä on pyydetty kommentoimaan erikseen RWIS-teknologian ja jäänehkäisyteknologian tuomia etuja.

Hyöty-kustannusmallissa on huomioitu kustannuksiksi RWIS-kalusto-, sääpalvelu-, tien ylläpito-, työvoima-, muut kalusto- sekä materiaalikulut. Raportissa ei ole mainintaa siitä, miten hyödyt on muutettu kvalitatiivisiksi arvoiksi ja miten suhdeluku on oikeastaan laskettu.

Tulokset

Toimijat ovat korostaneet vastauksissaan (molempien) teknologioiden vaikuttavan seuraaviin asioihin:

- palvelutaso
- kustannussäästöt (eivät kuitenkaan pystyneet määrittämään itse tarkkoja kustannussäästöjä)
- kunnossapito
- ympäristö
- muita vaikutuksia (matalammat onnettomuusluvut, vähemmän poissaoloja töistä, nopeampi matkanteko...).

Laskelmien mukaan RWIS-teknologian hyödyntämisen hyöty-kustannussuhde voi nousta jopa 5,0:aan. Artikkelin toisessa esimerkissä suhdeluku oli kuitenkin vain 1,1.

Idaho Storm Warning System Operational Test – Final Report

Tekijät: *Kyte, M. et al.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot:

<http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/3E759773E190D96885256A100070DD4A?OpenDocument&Query=Bapp>

Yleinen kuvaus

Työssä on tutkittu kehittyneen säätarkkailusysteemin toteutettavuutta tuottaa varoituksia Idahon Transportation Unitille ja moottoripyöräilijöille sekä arvioida, miten kuljettajien käyttäytyminen muuttuu VMS-näyttöjen myötä.

Menetelmä

Operatiivisessa testissä käytettiin systeemejä, jotka mittasivat liikenteen määrää, maantien pintaa sekä säätietoja. Tiedot lähetettiin keskitetysti Cotterellin kontrollikeskukseen. Raportti kuvaa yksityiskohtaisesti eri laitteistojen ja näyttöjen fyysisen sijainnin. Operatiivinen testi on toteutettu kahdessa vaiheessa vuosina 1993–2000. Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin eri tekniikoilla/sensoreilla saatuja tuloksia toisiinsa, jotta pystyttiin määrittelemään, mikä tekniikka antaa luotettavimman tuloksen näkyvyydestä. Dataa kerättiin vuosina 1995–1996. Toisessa vaiheessa käytettiin dataa, joka kerättiin vuosina 1997–2000. Toisen vaiheen tavoitteena oli luoda ideaalinen ajoprofiili (huomioiden sääolosuhteet). Tämän jälkeen tutkimuksessa tarkkailtiin ajonopeuksia erilaisissa olosuhteissa pyrkimyksenä selvittää kuljettajan käyttäytymistä ilman, että kuljettaja saa tarkempaa tietoa olosuhteista, ja tämän jälkeen siten, että kuljettajaa infotaan VMS-kylttien avulla erilaisista olosuhteista.

Tulokset

Raportissa on kuvattu yksityiskohtaisesti, kuinka nopeudet putoavat eri olosuhteiden vuoksi sekä tapauksissa, joissa kuljettajaa opastetaan säätämään nopeuttaan näyttöjen avulla.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että kuljettajat laskivat ajonopeuksiaan huonon näkyvyyden, korkean tuulen ja esimerkiksi rankan sateen vuoksi ilmankin VMS-kylttien antamaa tietoa. Mutta huomattavaa kuitenkin oli, että nopeudet putosivat entisestään (jopa 32,2 km/h) VMS-kylttien ansiosta.

Raportissa mainittiin, että analyysi ei perustunut kovinkaan kontrolloituihin olosuhteisiin, minkä vuoksi tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina.

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli myös selvittää säätarkkailusysteemin toteutettavuutta, mikä toteutettiin tutkimuksen ensimmäisen vaiheen aikana. Tuloksena oli, että SSI-WIVIS-sensori ei ollut niin tarkka kuin Handar-Belfort- tai SSI-Belfort-sensorit.

Evaluation of Rural ITS Information Systems along U.S. 395, Spokane, Washington

Tekijät: *Battelle Memorial Institute Meyer, Mohaddes Associates, Inc. January 8, 2004*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/JPODOCS/REPTS_TE//13955.html

Yleinen kuvaus

The U.S. Federal Highway Administration (FHWA), Washington State Department of Transportation (WSDOT)

Tutkimuksessa on evaluoitu, kuinka ITS-tietojärjestelmät parantavat turvallisuutta, liikkuvuutta ja tuottavuutta USA:ssa, Spokaneessa. Tällä hetkellä alueella ei ole kattavaa järjestelmää, joka tiedottaisi onnettomuuksista, tietöistä, säätiedoista ja mm. tulvista.

Tutkimuksessa on määritelty neljä hypoteesia arvioitavaksi:

ITS-järjestelmien synnyttämä tieto:

- tehostaa WSDOTin operaatioiden ja kunnossapidon tehokkuutta (tehokkuus)
- auttaa matkaan liittyvässä päätöksenteossa sekä parantaa kaupallisten operaattoreiden valmiutta (kuljettajakäyttäytyminen)
- lisää tietoisuutta matkustajainformaation olemassaolosta sekä tiedon käyttöä sekä lisää normaalien kulkijoiden tyytyväisyyttä (kuljettajakäyttäytyminen)
- parantaa turvallisuutta (turvallisuus)

Edellä mainittujen lisäksi evaluoinnissa on arvioitu yleisesti ottaen systeemin toimivuutta sekä sen mahdollisuutta integroitua Eastern Washington Transportation Management -keskukseen (TMC) (tekninen toimivuus).

Evaluointi kohdistuu seuraaviin ryhmiin: WSDOT Operations and Maintenance (O&M) -henkilökunta, kaupalliset ajoneuvo-operaattorit sekä normaalit kulkijat.

Menetelmä

Kutakin hypoteesia arvioitiin eri menetelmin:

- Henkilökuntaa pyydettiin merkitsemään tietokantaan (event log, yht. 32 kpl) talvikauden aikana jokainen kerta, jolloin sää vaikutti merkittävästi tien kuntoon. Lisäksi henkilökuntaa haastateltiin (lukumäärä epäselvä) ennen kuin "event log" otettiin käyttöön, niiden aikana sekä jälkeen.
- Kaupallisille ajoneuvo-operaattoreille tehtiin ennen ja jälkeen puhelinhaastatteluja (yhteensä 40 toimijalle).
- "Normaalit" kulkijat täyttivät webbi-pohjaisen kyselyn (237 vastaajaa) liittyen matkustajainformaatioon sekä säätietoon liittyen talvikautena 2002–2003 sen jälkeen, kun uusi palvelu oli ollut toiminnassa jo muutaman kuukauden.
- Kerättiin onnettomuusdataa vuosilta 1992–2002 (1997–1998 puuttuvat) ja verrattiin dataa vuoden 2002–2003 talvikauden onnettomuuslukuihin sekä kyseltiin käyttäjiltä webbi-kyselyn (ilmeisesti 40 operaattoria ja 237 muuta vastaajaa) avulla.
- Data "loggauksien" ja haastatteluiden (ei sanottu, kuinka monelle) avulla.

Tulokset

Kunkin hypoteesin arviointi tuotti seuraavia tuloksia:

Tehokkuus:

- WSDOT uskoo, että järjestelmien ansiosta säästettiin aikaa sekä resursseja (ei kvantitatiivisia arvoja).
- Maanteiden kuntoon liittyvien julkisten kyselyiden määrä väheni (ei kvantitatiivisia arvoja).
- Jäänestoaineiden ja hiekan käyttö vähentyi merkittävästi (hiekan käyttö puoliintui).
- Henkilökunnan työtehokkuus on parantunut.

Kaupallisten ajoneuvo-operaattoreiden käyttäytyminen

- Noin 1/3 vastanneista (yht. 40 haastateltua) ilmoitti vaihtavansa reittiä esim. huonosta kelistä tehdyn ilmoituksen pohjalta, mutta useimmat eivät kuitenkaan tienneet, mikä reitti olisi parempi.
- 46 % ilmoitti käyttävänsä Internet-palvelua (säätiöpalvelu), kun samainen luku oli 2 vuotta aikaisemmin 29 %.

”Normaalien” kulkijoiden käyttäytyminen

- 93 % vastaajista ilmoitti käyttävänsä webbi-palvelua säännöllisesti.
- Vastajat ilmoittivat, että huoli säästä on tärkein syy, miksi palvelua käytetään.
- Palvelua käytetään enimmäkseen vapaa-ajan matkoja suunniteltaessa.
- Kamerakuvia ja säätiötaietoja ilmoitti käyttävänsä noin 95 % vastaajista.
- 56 % vastaajista ilmoitti, että tiedon saanti vaikuttaa välttämään viivästymisiä, 22 % vastaajista uskoi tähän hyvin vahvasti ja 20 % ei osannut vastata.

Turvallisuus

- 88 % webbi-kyselyn vastaajista sanoi, että uskoo tiedon parantavan heidän turvallisuuttaan liikenteessä.
- 41 % kaupallisista ajoneuvo-operaattoreista uskoi, että informaation saanti parantaa turvallisuutta.

Systeemin toimivuus

Tutkimuksessa arvioitiin viiden eri systeemin toimivuutta yksityiskohtaisesti. Integraatio TMC:hen näytti toimivan hyvin. Paikallinen poliisi uskoo, että tiedon saanti on lisännyt turvallisuutta.

Assessment Of M25 Automatic Fog-Warning System – Final Report

Tekijät: *Cooper, B. R. & Sawyer, H. E.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot:

<http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/D3B79214FEBFFEF88525708C0049AF9F?OpenDocument&Query=Bapp>

Yleinen kuvaus

Tutkimuksessa on arvioitu sumuvaroitussjärjestelmän vaikutuksia; järjestelmän tehokkuutta (mitä tulee ajonopeuksien muutoksiin). Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, putoavatko ajonopeudet tilastollisesti merkittävästi sumuvaroitussjärjestelmän (dynamic message signs, DMS) ansiosta.

Tutkimus on suoritettu Lontoossa, jossa järjestelmä on otettu käyttöön vuonna 1990.

Menetelmä

Tutkimukseen valittiin 12 DMS:ää, joiden avulla arviointi suoritettiin. Merkit valittiin siten, että ne eivät sijaitse aivan ruuhkakaukoissa. Arviointi suoritettiin marraskuun 1990 ja maaliskuun 1992 välillä, jolloin kerättiin 240 datatiedostoa, joista jokainen piti sisällään 20 000 ajoneuvoa (yhteensä siis 240 x 20 000 = 4,8 milj. auton nopeudet tarkastelun kohteena).

Nopeuden muutoksien vertailu tapahtui vertaamalla ennen varoitusmerkin syttymistä ja varoitusmerkin jälkeisiä nopeuksia toisiinsa. Tarkkailuajat vaihtelivat 1:stä 10 minuuttiin. Sama toistettiin myös varoitusmerkkien sammuttamisen jälkeen (ennen-jälkeen). Nopeuksia verrattiin vielä muiden ei-sumuisten päivien nopeuksiin.

Tulokset

Keskinopeus laski keskimäärin 1,8 mph (n. 3 km/h) varoituskylttien aktivoitumisen myötä. Nopeudet laskivat enemmän moottoritien nopeilla kaistoilla kuin hitaammilla kaistoilla. Nopeudet nousivat varoitusmerkkien sammussa.

Tutkimus osoitti, että varoitusmerkit laskevat todellisuudessa ajonopeuksia ja lisäävät siten turvallisuutta maanteillä.

Effects of weather-controlled message signing on driver behaviour

Tekijät: *Rämä, P.*

Viitetiedot: *VTT Publications 447*

Saatavuustiedot: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P447.pdf>

Sisältää seuraavien listalla olevien artikkelien analyysin:

- Effects of variable speed limit signs on speed behaviour and recall of signs (Juha Luoma and Pirkko Rämä)
- Effects of variable message signs for slippery road conditions on driving speed and headways (Rämä, Kulmala)
- Driver acceptance of weather-controlled road signs and displays (Rämä, Luoma)

- Effects of weather-controlled Variable Speed Limits and Warning Signs on Driver Behaviour (Rämä)
- Effects of variable message signs for slippery road conditions on reported driver behaviour (Luoma, Rämä, Penttinen, Anttila)

Yleinen kuvaus

Rämän väitöskirjatutkimus pohjautuu kuuteen aiheesta kirjoitettuun julkaisuun. Tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää paikallisen, usein päivittyvän, huonoista sääkeleistä kerätyn tiedon vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen. Aineisto on kerätty kenttäolosuhteissa.

Tutkimuksessa on laadittu viisi hypoteesia:

- Muuttuvat, liukkaasta tiestä varoittavat merkit ja välimatkakyltit laskevat ajonopeutta sekä lyhentävät ajoetäisyyksiä.
- Muuttuvien nopeusrajoitusten VMS-systeemit lisäävät turvallisuutta enemmän kuin yksittäiset varoittavat sekä informatiiviset VMS-kyltit.
- VMS-varoitusten vaikutukset ovat lyhytkestoisia.
- Kuituoptiset VMS-näytöt ovat tehokkaampia kuin perinteiset merkit, mitä tulee merkin muistamiseen ja ajonopeuksiin, mutta samalla ovat kuitenkin enemmän häiriöksi kuljettajille.
- Tyhjä VMS-näyttö ei vaikuta kuljettajan käyttäytymiseen turvallisuutta vaarantaen.

Menetelmä

Edellä olevien hypoteesien tutkimiseen käytettiin seuraavia menetelmiä:

Tienvieriin asetettiin nopeusnäyttöjä sekä autojen välimatkaetäisyysskylttejä. Ajonopeuksia ja välimatkoja mitattiin ennen kuin kuljettaja näki kyltin sekä kyltin näkemisen jälkeen. Tuloksia verrattiin keskenään. Saatu data luokiteltiin sään ja keliolosuhteiden sekä merkkien käytön mukaan. Hypoteesin tutkimisessa on lisäksi käytetty menetelmänä tien vieressä tehtyjä sekä puhelinhaastatteluita tarkoituksena selvittää mm. kuljettajan kykyä muistaa kylttejä.

Tienvarsiiin aseteltiin muuttuvia nopeusnäyttöjä 14 km:n matkalle. Nopeuksia säädeltiin kahdelta sääasemalta automaattisesti. Lisäksi tienvarsilla oli varoituskylttejä (liukkaat tiet, ilman ja maantien lämpötilat). Nopeusanalyysit perustuivat eri ajo- ja sääolosuhteisiin koe- ja kontrollitiellä (kontrollitien nopeusnäytöt olivat muuttumattomia). Vaikutuksia arvioitiin vertaamalla koe- ja kontrollitien ääriolosuhteita toisiinsa. Dataa kerättiin magneettisen ilmaisimen (loop detector) avulla. Datan keräys aloitettiin maaliskuussa 1995. Lisäksi sattunaisia kuljettajia haastateltiin (yht. 590 kuljettajaa). Tutkimuksen luotettavuutta arvioitiin tekemällä samanaikaisesti ”manuaalisia” havaintoja sää- ja keliolosuhteista sekä suorittamalla kitkamittauksia. Yhteensä 139 tilannetta analysoitiin.

Tutkimukseen otettiin mukaan neljänlaisia näyttöjä: kuituoptisia, elektromeekaanisia ja kiinteitä nopeusnäyttöjä sekä yleinen varoituskyltti. Näyttöjen paikkoja vaihdettiin systemaattisesti keskenään (esim. yhdessä tutkimuksessa kuljettaja havaitsi ainoastaan kuituoptisen tai elektromeekaanisen näytön). Nopeusdataa kerättiin magneettisen ilmaisimen avulla (loop detector). Kuljettajia otettiin sattumanvaraisesti kyselyyn, jossa selvitettiin, miten

kuljettajat muistavat ohittamiaan kylttejä. Dataa kerättiin aina tiistain ja torstain välisenä aikana hyvissä sää- ja keliolosuhteissa.

Tuloksia

Hypoteesien tutkimisessa syntyi seuraavia tuloksia:

Turvallisuus

Liukkaasta tiestä varoittava kyltti laski ajonopeuksia keskimäärin 1,2 km/h. Näytön vilkkuessa nopeudet laskivat vielä enemmän: 2,1 km/h. Kylttien ollessa pois päältä nopeudet eivät muuttuneet. Vaikutukset olivat huomattavampia yöaikaan.

Välimatkat kasvoivat huomattavasti merkkien ansiosta. Ennen tutkimusta välimatkojen mitattiin olevan 1,5–2 sekuntia, kun varoitusmerkkien jälkeen etäisyydet olivat kasvaneet 2–3 sekuntiin. Välimatkat lyhenivät, kun merkkiin lisättiin maininta ”suositus”.

89 % haastateltavista kertoi, että liukkaan kelin varoitusmerkeillä oli heihin vaikutusta: nopeudet laskivat, huomiokyky muuttui ja kuljettajat alkoivat testata tien liukkautta.

98 % haastateltavista kertoi, että välimatkasta varoittava merkki vaikutti heihin jollain tavalla: muutti huomiokykyä, herätti keskustelua viestin merkityksestä tai tarkoituksenmukaisuudesta ja kuljettajat alkoivat testata tien liukkautta.

Talvella nopeuden pudottaminen 100 km:stä/h 80 km:iin/h alensi keskinopeuksia 3,4 km/h. Kuivalla mutta muuten huonolla kelillä nopeudet alenivat edellisestä vielä 2 km/h enemmän. Myös nopeuksien keskihajonta väheni muuttuvien nopeusrajoitusten myötä. Liukkaan kelin merkin lisääminen alensi nopeuksia entisestään, mutta vaikutus nopeuksien alenemiseen oli kuitenkin vähäisempi. Kesällä nopeuden pudottaminen 120 km:stä/h 100 km:iin/h alensi keskinopeuksia 5,1 km/h. Nopeuksien keskihajonta alentui 2,1 km/h. Väitöskirjassa on taulukoitu tarkemmin nopeuden muutoksia eri tilanteissa.

70 %:ssa tapauksista arvioitiin, että nopeus- ja liukkaan kelin näytöt olivat olosuhteiden mukaisia. Noin 26 %:ssa tapauksista kuitenkin arvioitiin, että esim. nopeus ei ollut olosuhteiden mukainen.

91 % haastatelluista muisti nopeusrajoituksen ja 81 % vastanneista ilmoitti, että nopeusrajoitus oli asianmukainen. 95 % vastanneista on sitä mieltä, että ajo-olosuhteiden mukaan muuttuvat nopeusrajoitukset ovat hyödyllisiä (lisäävät turvallisuutta ja parantavat liikenteen virtausta). 66 % vastanneista muisti jälkeensä liukkaan kelin varoitusmerkin ja 34 % lämpötilanäytön.

Vaikuttavuus

Nopeusnäytöt laskivat ajonopeuksia seuraavasti: kuituoptynen näyttö 21,3 km/h, elektromekaaninen näyttö 17,5 km/h ja kiinteä nopeusnäyttö 15,8 km/h.

Tutkimuksessa haastateltiin yhteensä 1257 kuljettajaa. 91 % (82,5 %) kuljettajista muisti jälkeensä nopeusnäytön, mikäli se oli kuituoptynen, mutta ainoastaan 71,6 % (67,2 %) kuljettajista muisti elektromekaanisen kyltin nopeuden. Suluissa olevat luvut kertovat osuudet vuoden kuluttua.

Yleisiä koko väitöskirjaa koskevia tuloksia:

Yleisesti ottaen nopeuden lasku sekä ajonopeuksien hajonnan pienentyminen vaikuttavat onnettomuuksien vähentymiseen. Kirjallisuuden mukaan muuttuvien nopeusrajoitusten tuoma ajonopeuksien lasku vähentää kolareita noin 8 %.

Liukkaan kelin varoitusmerkki ja autojen välimatkasta huomauttava merkki eivät vaikuttaneet merkittävästi ajonopeuksien hajonnan pienentymiseen.

Muuttuvien nopeusnäyttöjen vaikutus ajonopeuksiin oli merkittävämpi kuin varoitusmerkkien vaikutus. Yleensäkin ottaen muuttuvat nopeusmerkit vaikuttivat nopeuksien hajonnan pienentymiseen ja ajonopeuksien laskuun tehokkaammin kuin varoitusmerkit.

Hypoteesista poiketen tutkimukset antoivat ymmärtää, että VMS-varoituksilla onkin pitkäaikaisia vaikutuksia

Kuituoptisella merkillä oli enemmän vaikutusta keskinopeuksiin kuin perinteisen näköisillä kylteillä, ja ne myös muistettiin paremmin jälkeensä.

Lämpötiloista informoituja kylttejä ei muistettu jälkeensä kovinkaan hyvin, joten niitä ei pidetä kovinkaan tehokkaina pitkällä aikavälillä.

Merkkien tehokkuus lisääntyisi, mikäli kuljettajat tietäisivät, että kyseessä on muuttuva näyttö, joka perustuu reaaliaikaiseen tietoon.

Väitöskirjan teoriaosassa muutamia esiin tuotuja muiden tutkimusten tuloksia:

- 69–80 % kuskeista muistaa nopeusrajoituksen (Häkkinen 1965, Johansson and Rumar 1966, Johansson and Backlund 1970).
- VMS-systeemi, joka varoittaa sumusta, laskee keskinopeuksia 8–10 km/h (Hogema and van der Horst 1997).

Evaluation of the Road Weather Service

Tekijät: *Schirokoff, A. & Tuominen, A.*

Viitetiedot: *11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Tutkimuksessa arvioitiin tiesääpalvelua talvikautena 2002–2003. Tutkittavina kohteina olivat: Minkälainen sää oli kaikkein riskialtimpina päivinä ja minkälaisia säävaroituksia tuolloin oli annettu? Vaihtelivatko eri organisaatioiden antamat sääennusteet keskenään? Oliko organisaation sisällä alueellisia eroja? Kuinka hyvin uusi sää- ja ajokeliennusteprosessi toimi?

Menetelmä

Tutkimuksessa käytettiin seuraavia tietokantoja:

- Ilmatieteen laitoksen tietokanta
- tietokanta, joka sisälsi ylläpito-operaattoreiden sekä liikenteen ohjauskeskuksen (traffic management centre) tietoa

- tietokanta, joka piti sisällään tiedon vakuutusyhtiöille raportoiduista liikenneonnettomuuksista
- Tiehallinnon tietokanta, joka sisältää tietoa poliisin raportoimista loukkaantumisonnettomuuksista.

Päivät jaettiin kolmeen kategoriaan riippuen onnettomuuksien lukumäärästä (alle keskiarvon, koholla oleva ja hyvin korkea). Palvelun onnistuneisuutta tutkittiin arvioimalla sääti-dotuksessa annettuja ennusteita (normaali, huono, vaarallinen) ja niiden päivien sää- ja keliennusteita, jolloin onnettomuusluvut olivat olleet korkeita. Palveluprosessin onnistuneisuutta arvioitiin puolestaan vertaamalla eri organisaatioiden antamia ennusteita eri maakunnille. Lisäksi tutkimuksessa haastateltiin prosessissa mukana olleita ihmisiä (julkaisussa ei sanottu, kuinka monta henkeä on haastateltu). Arviointi tehtiin talvikaudella 2002–2003.

Tulokset

Tutkimuskauden aikana ajokeli luokiteltiin 70 % normaaliksi, 26 % huonoksi ja 2 % vaaralliseksi. Kuukausien välisiä eroja oli. Onnettomuuksista 63 % tapahtui ajokelin ollessa hyvä, 32 % ajokelin ollessa huono ja 4 % ajokelin ollessa vaarallinen.

Kunnossapito-operaattoreiden ja liikenteen ohjauskeskuksen tekemät ennusteet vastasivat toisiaan 83–96 % eli suurimman osaa aikaa.

Haastatteluiden mukaan nykyinen palveluprosessi on monimutkainen sekä osittain myös tuntematon joillekin osapuolille.

Vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittainen käyttö Suomessa

Tekijät: *Schirokoff, A., Rämä, P. & Tuomainen, A.*

Viitetiedot: *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 89/2005*

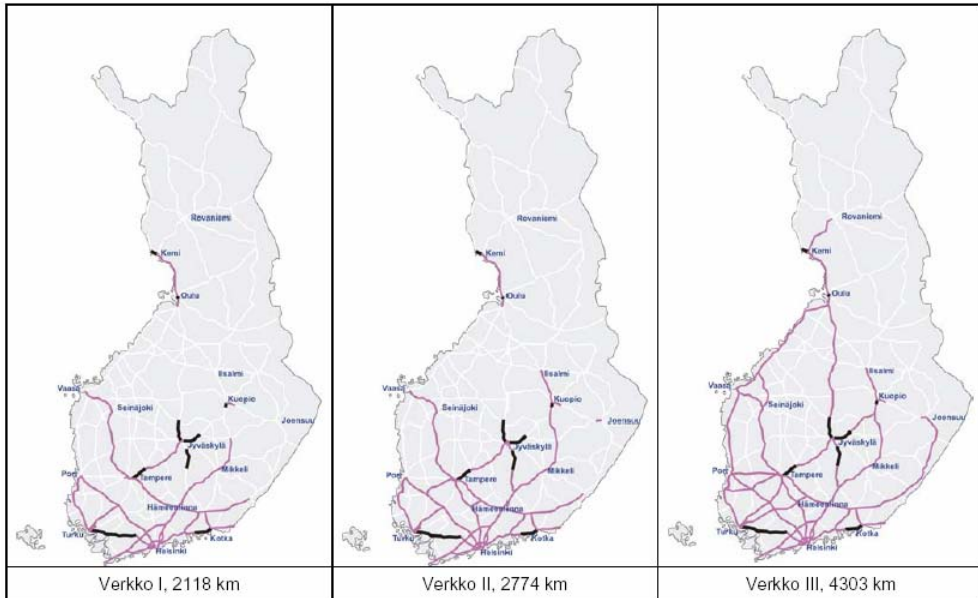
Saatavuustiedot: http://www.mintc.fi/oliver/upl102-Julkaisuja%2089_2005.pdf

Yleinen kuvaus

Työn tavoitteena on ollut luoda arvio siitä, millaisia vaikutuksia päätieverkoston tai sen merkittävän osan kattavilla, sään ja kelin mukaan vaihtuvilla nopeusrajoituksilla olisi liikenneturvallisuuteen ja mitä järjestelmän rakentaminen ja ylläpito edellyttäisi ja maksaisi (sää- ja keliohjauksisen järjestelmän kannattavuus).

Työn lähtökohdaksi on valittu korkealaatuiset ja muut vilkkaat ja tärkeät päätiet, joita liikenne- ja viestintäministeriön ja Tiehallinnon uusimpien suunnitelmien mukaan pyritään kehittämään.

Tutkittava tieverkko on jaettu kolmeen erilaajuiseen verkkoon: Verkko I 2118 km, Verkko II 2774 km ja Verkko III 4303 km.



Menetelmä

Tutkimuksessa käytettiin aikaisemmissa vaikutusarvioinneissa saatuja tietoja, joita täydennettiin kahden viimeisen vuoden osalta. Aineistona on käytetty mm. ”Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus” -tutkimuksen tietoja (vuosilta 1990–2002). Kaiken kaikkiaan tutkimuksessa on siis käytetty aineistoa vuosilta 1990–2004.

Turvallisuusvaikutusten tilastollisen merkitsevyyden tarkastelemisessa käytettiin log-lineaarista mallia (jakaumaoletus Poisson). Tulokset eivät ole kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä, koska aineistoa ei ollut riittävästi.

Raportissa on tehty *hyöty-kustannustarkastelu* 20 vuoden käytölle huomioiden liikennemäärien oletettu 2 % vuosittainen kasvu ja oletettu 5 % vähenemä henkilövahinkonnettomuuksissa. Laskelmissa vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän rakentamiskustannukset ja vuotuiset ylläpitokustannukset arvioitiin vuoden 2004 hintatasolla. Niiden arvioitiin olevan kaksiajorataisilla teillä noin 80 000 €/km ja yksiajorataisilla noin 36 000 €/km. Taulukossa on määritetty järjestelmän rakentamiskustannukset.

Taulukko 10. Keskimääräiset toteuttamiskustannukset, 20 vuoden ylläpitokustannukset ja kustannusosuudet rakentamiskustannuksista.

Tietyt tyyppi	Rakentaminen (€/km)	Ylläpito sisältäen korvaus-investoinnit (€/km/vuosi)	Osuus rakentamiskustannuksista (%)		
			Opasteet	Kaapelointi	Seuranta-järjestelmä (LAM ja kamerat)
Moottori- ja kaksiajorataiset tiet	80 000	3 500	31	60	9
Yksiajorataiset tiet	36 000	1 000	44	50	6

Taulukko 11. Vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän rakentamiskustannukset ja vuotuiset ylläpitokustannukset vuoden 2004 hintatasolla.

Kustannuslaji		Verkon laajuus	M€
Investointi	Järjestelmä	Verkko I	101,7
		Verkko II	129,0
		Verkko III	181,4
	Liikennekeskusten tekniset järjestelmät	ei merkitystä	1,7
Käyttö, hoito ja ylläpito	Järjestelmä	Verkko I	7,0
		Verkko II	8,9
		Verkko III	12,1
	Liikennekeskusten tekniset järjestelmät	ei merkitystä	0,4
	Henkilötyökustannukset liikennekeskuksissa	ei merkitystä	1,2

Hankkeesta saatavat välittömät hyödyt laskettiin 20 vuoden ajalta (2008–2027). Käytön aikaiset vuotuiset hyödyt ja kustannukset muutettiin vastaamaan nykyarvoa diskonttaamalla tulevat hyödyt perusvuoteen 2006, joka on investoinnin toteuttamisen aloitusvuosi. Diskonttokorkona käytettiin 5:tä prosenttia. Diskonttaus tehtiin jokaiselta tarkastelujakson vuodelta. Vuotuiset käyttökustannukset diskontattiin investoinnin perusvuoteen 2006. Investointien kokonaishintaa ei diskontattu eri vuosilta.

Tulokset

Raporttiin oli kerätty aikaisemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia liittyen *kuljettajan käyttäytymiseen*, mutta vaikutuksia ei jatkojalostettu eteenpäin. (Ks. seuraava kohta ”Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus”.)

Myös turvallisuusvaikutusten osalta aikaisempaa tutkimusaineistoa oli hyödynnetty. Aineistoa täydennettiin kahden talvi- ja kahden kesäkauden aineistoilla (vrt. seuraava kohta ”Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus”). Kaikissa E18-tien kohteissa (puolessa tutkimuskohteita) järjestelmä näytti pienentävän henkilövahinko-onnettomuusriskiä. Keskimäärin järjestelmät vähensivät henkilövahinko-onnettomuusriskiä kesällä 11 ja talvella 10 prosenttia. Nämä luvut ovat tieosuuksien liikennesuoritteilla painotettuja onnettomuusastekeskiarvoja. Mallin suuntaa antavat tulokset olivat kesälle –6 % ja talvelle –14 % onnettomuusvähenemät.

Hyöty-kustannuslaskelmissa saatiin seuraavia tuloksia: 20 vuoden aikana sää- ja keliohjauksen ansiosta laajimmalla verkolla vältetään 107 liikennekuolemaa ja 964 loukkaantumista. Verkko I:n osuus näistä luvuista on 65 ja 591 henkilöä. Verkko I:n 20 vuoden kustannusten arvioitiin olevan 185 M€, Verkko II:n 234 M€ ja Verkko III:n 325 M€. Sää- ja keliohjatun järjestelmän osuuksien kustannuksista arvioitiin olevan vastaavasti 118 M€, 149 M€ ja 203 M€. Käytetyin laskentaperustein sää- ja keliohjatun järjestelmän välittömien hyötyjen perusteella laskettu hyöty-kustannussuhde on 1,2–1,4. Hyöty-kustannussuhde oli noin 1,4 skenaariossa, jonka arvioitiin parhaiten vastaavan nykykäytäntöä eli jossa ylintä sallittua nopeusrajoitusta (100 km/h) käytetään noin 20 % ajasta, alimpia rajoituksia (70 ja 60 km/h) 6 % ajasta ja oletettu turvallisuushyöty talvella oli 10 %.

Tutkimuksessa on arvioitu eri Verkkojen kustannushyötyjä käytetyn aineiston pohjalta seuraavasti: Verkko I 16,7 milj. euroa, Verkko II 20,5 milj. euroa ja Verkko III 26,9 milj. euroa.

Taulukko 9. Vaihtuvan nopeusrajoitusjärjestelmän vuotuiset matka-aika- ja turvallisuusvaikutukset vuoden 2004 tilanteeseen verrattuna.

	Verkko	Matka-aika				Henkilövahingot		Kuolleet	
		Kevyet		Raskaat		kpl	milj. euroa	kpl	milj. euroa
		h*10 ³	milj. euroa	h*10 ³	milj. euroa				
Talvi	Verkko I	27,0	0,3	3,4	0,1	-28	-6,9	-3	-5,9
	Verkko II	38,7	0,4	5,0	0,1	-35	-8,7	-4	-7,3
	Verkko III	60,0	0,7	5,9	0,2	-45	-11,2	-4	-9,7
Kesä	Verkko I	76,3	0,8	2,5	0,1	-11	-2,8	-1	-2,4
	Verkko II	112,6	1,2	3,2	0,1	-14	-3,5	-1	-2,9
	Verkko III	138,8	1,5	4,7	0,1	-18	-4,5	-2	-3,9
Talvi + kesä	Verkko I	103,2	1,1	5,9	0,2	-39	-9,6	-4	-8,3
	Verkko II	151,2	1,7	8,1	0,2	-49	-12,1	-5	-10,2
	Verkko III	198,8	2,2	10,7	0,3	-63	-15,7	-6	-13,6

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus

Tekijät: Rämä, P., Schirokoff, A. & Rajamäki, R.

Viitetiedot: *Helsinki 2003. Tiehallinto, Palvelujen suunnittelu. Tiehallinnon selvityksiä 54/2003. 46 s. + liitt. 8 s.*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten sään ja kelin mukaan muutettavat nopeusrajoitukset vaikuttavat liikenneturvallisuuteen. Työssä on lisäksi esitelty kesään 2003 mennessä Suomessa toteutetut järjestelmät.

Tutkimusta on käytetty pohjana myös raportissa "Vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittainen käyttö Suomessa" (ks. edellinen kohta).

Menetelmä

Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien vaikutuksia liikenneturvallisuuteen selvitettiin vertaamalla henkilövahinko-onnettomuusriskiä kohteissa ennen ja jälkeen järjestelmien rakentamisen. Tulos on suhteutettu yleiseen liikenneturvallisuuden muuttumiseen vertaamalla sitä onnettomuusriskin muuttumiseen vastaavana ajankohtana vastaavantasoisilla teillä, joille järjestelmiä ei ollut rakennettu. Tarkastelu on tehty erikseen kesä- ja talvikausilla. Tarkasteltu ajanjakso oli kesästä 1990 talvikauteen 2001–2002.

Tutkimuskohteena oli kahdeksan tiepätkää, joissa liikenneturvallisuusmuutosten tarkastelu oli mahdollista. Vertailuaineistona on käytetty vuosina 1990–2002 ennallaan pysyneitä yksiajorataisia valtateitä, joilla ei ole muuttuvia nopeusrajoituksia. Koeteiden liikennemäärätiedot perustuivat yhteen tai kahteen LAM-pisteeseen ja yleisiin liikennelaskentoihin. Vertailuaineiston tieto liikennesuoritteesta perustuu tierekisteriin tallennettuihin liikennemäärätietoihin.

Tulosten tilastollisen merkitsevyyden testaamiseen on käytetty loglineaarista mallia:

Mallin muoto: $E(HVJO) = SUOR e^{a+bx}$, jossa

HVJO = henkilövahinko-onnettomuuksien määrä vuodessa

SUOR = liikennesuorite miljoonaa ajoneuvokilometriä

Muuttujat x

x1 = kohde

x2 = kausi: talvi tai kesä

x3 = ennen-jälkeen: muuttuva nopeusrajoitus

x4 = ln(vuotuinen trendi), jossa vuotuinen trendi = VUOS-1989 eli 1990=1, 1991=2 jne., VUOS= vuosi käyttöönotosta

jakaumaoletus: Poisson

Tutkimus on rajattu henkilövahinko-onnettomuuksiin.

Tutkimusaineiston satunnaisvaihtelu oli suuri, joten tulokset eivät olleet tilastollisesti merkittäviä.

Tulokset

Kaikkien kahdeksan kohteen kehitystä tarkastelemalla tuloksena oli, että henkilövahinko-onnettomuusriski kasvoi muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksesta kesällä 9 % ja pieneni talvella 4 %. Mutta kun tuloksia tarkasteltiin tiekohtaisesti, näytti siltä, että E18-tiellä riski pieneni sekä kesällä (2 %) että talvella (13 %). Toisaalta valtateillä 4 ja 9 riski kasvoi kesällä 21 % ja talvella 8 %.

Kotka–Hamina sääohjatun tien yhteiskuntataloudellisuus. Tieliikenteen telematiikka – E18-kokeilualue

Tekijät: *Lähesmaa, J.*

Viitetiedot: 1997. *Tielaitos, Tiehallinto, Helsinki. 45 s. + liitt. 5 s. Tielaitoksen selvityksiä 36*
Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Työssä on selvitetty Kotkan ja Haminan välillä käytössä olevan sääohjausjärjestelmän yhteiskuntataloudellisuus sekä esitetty, miten eri kustannustekijöiden muutokset vaikuttavat tuottavuuteen.

Menetelmä

Hankkeen tuottavuus ja kannattavuus on laskettu vertaamalla järjestelmän yhteiskuntataloudellisia vaikutuksia järjestelmän investointi- ja ylläpitokustannuksiin. Laskelmien tekemiseksi tehtyjen arvioiden epävarmuuden vaikutusta on tarkasteltu herkkyysoanalyysissä.

Yhteiskuntataloudelliseksi kustannustekijöiksi on laskettu onnettomuus-, aika-, ajoneuvo-, päästö-, melu- ja päällystekustannukset.

Investointikustannukset ovat syntyneet järjestelmää toteutettaessa 1993–1994.

Taulukko 1. Kotka-Hamina säätien investointikustannukset. Investoinnin vuosisuorite on laskettu annuiteettimenetelmällä.

	Investointi- kustannukset (1 000 mk)	investoinnin vuosisuorite (1 000 mk)
suunnittelu	388	34
putkitus ja kaapelointi	3 165	276
opasteet	2 780	448
havaintolaitteisto	265	40
atk-laitteet	430	102
ohjelmistot	470	48
käyttöönotto	110	18
muut kustannukset	560	49
yhteensä	8 168	1 014

Investoinnin vuosisuorite on laskettu annuiteettimenetelmällä, jossa korkona on käytetty 6:ta prosenttia. Työssä tehtiin arvioitiin, että hanke voitaisiin toteuttaa vuoden 1997 kustannuksilla noin 2,2 miljoonaa (markkaa) pienemmällä kustannuksilla.

Ylläpitokustannuksiksi on arvioitu 330 000 markkaa.

Taulukko 3. Vuotuiset ylläpitokustannukset.

	kustannus (1000mk/vuosi)
sähkö	40
tietoliikenne	75
tienvarren laitteiden vaihdet- tavat osat ja huolto	80
atk-laitteiden ja ohjelmien ylläpito	35
valvonta ja käyttö	100
yhteensä	330

Asiantuntija-arvioiden mukaan investointikustannukset säätielle, mikäli se rakennettaisiin toimimaan langattomalla tiedonsiirrolla (-97), olisivat 4 767 000 markkaa. Langattoman tiedonsiirron ylläpitokustannuksilla ei olisi suurta eroa kaapelitekniikkaan verrattuna.

Kustannusvaikutuksia laskettiin seuraavalla periaatteella:

$$\boxed{\text{säähjauksen
kustannusvaikutus}} = \boxed{\text{kustannukset sää-
ohjatulla tiellä}} - \boxed{\text{kustannukset, jos ei
käytettäisi säähjausta}}$$

Investoinnin tuottavuutta mitattiin vuotuisella hyöty-kustannussuhteella:

$$\frac{\text{säähjatun tien vuotuiset yhteiskuntataloudelliset kokonaissäästöt}}{\text{investoinnin vuosisuorite} + \text{ylläpidosta johtuvat vuosikustannukset}}$$

Kannattavuutta mitattiin sijoitetun pääoman tuottoasteella:

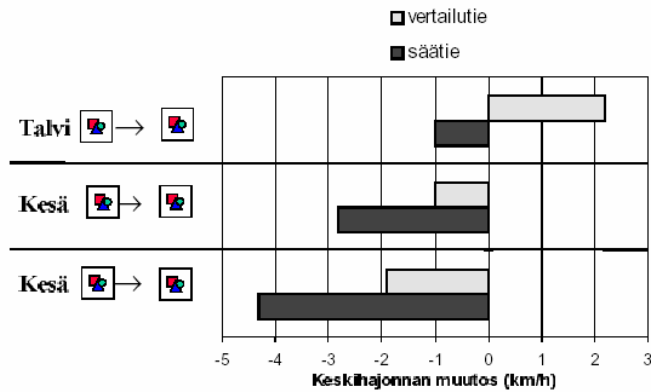
$$\frac{[(\text{vuotuiset kokonaissäästöt}) - (\text{ylläpidon vuosikustannukset})] / \text{investointikustannukset}}{\text{pääoma}}$$

Hyvä tuottoaste pääomalle olisi 15–20 %.

Tulokset

Muuttuvien opasteiden vaikutuksesta keskinopeudet laskivat 0,9 %. Tulokset nopeusvai-
kutuksista perustuivat niin suureen aineistoon, että niitä voidaan pitää tilastollisesti riittävän
luotettavina.

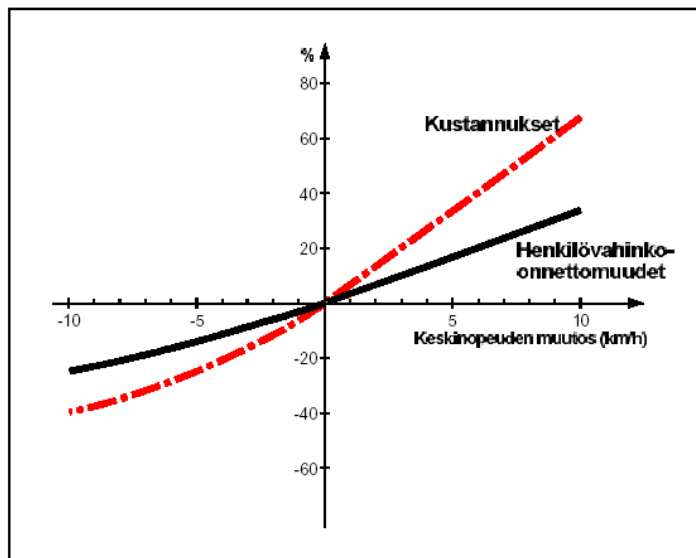
Nopeuksien keskihajonnat muuttuivat kuvan mukaisesti. Vertailutienä käytettiin Porvoon
moottoriteitä. Keskihajonnan pienenemisen vaikutus turvallisuuteen on kuitenkin paljon
pienempi kuin keskinopeuden muutoksen vaikutus.



Kuva 4. Nopeuksien keskihajonnan muutokset.

Talviajan riskin arvioitiin olevan 1,3-kertainen normaaliin aikaan verrattuna.

Raportissa on käsitelty nopeuden muutoksen vaikutuksia heva-onnettomuuksiin ja niistä syntyviin kustannuksiin (taulukko).



Kuva 5. Keskinopeuden muutoksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksiin ja niistä syntyviin kustannuksiin suurilla nopeuksilla. (Ranta & Kallberg 1996)

Sääohjatun tien laskettiin alentavan yhteiskuntataloudellisia kustannuksia noin 680 000 markkaa vuodessa. Keskihajonnan lisävaikutuksesta kustannukset pienensivät 45 000–170 000 markkaa.

Hyöty-kustannussuhteeksi saatiin noin 0,5, eli yhteiskuntataloudelliset hyödyt eivät riitä kattamaan kustannuksia.

Pääoman tuottoasteeksi saatiin 4 % (ei riittävä).

Mikäli investointikustannukset olisi tehty vuoden 1997 mukaan, hyöty-kustannussuhde olisi 0,6 ja tuottoaste 6 %. Langattomalla vaihtoehdolla laskettuna luvut olisivat 0,7 ja 7 %.

Herkkyyksianalyysin tulokset:

- Investointikustannusten tulisi laskea n. 55 %, jotta tuottavuusraja saavutettaisiin.
- Ylläpitokustannusten vaikutus kannattavuuteen oli melko pieni.
- Hankkeen tuottavuus heikkenisi nopeasti, mikäli pitoajat olisivat määriteltyä lyhyemmät.
- Tuottavuusraja ylittettäisiin hieman yli 20 000 ajoneuvon vuorokausiliikenteellä.
- Laskelmien mukaan todettiin, että sääohjatulla tiellä oli saatu lähes suurin mahdollinen hyöty nopeuksien laskemisesta.
- Onnettomuuskustannuksiin vaikuttamalla voitaisiin muuttaa hyöty-kustannussuhdetta nopeasti.

Muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuuden tarkastelu kaksikaistaisella tiellä. Esimerkitapaus valtatie 7 (E18) Kotka–Pyhtää

Tekijät: Nokkala, M. & Schirokoff, A.

Viitetiedot: *Tiehallinnon selvityksiä 52/2001*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Raportissa on kuvattu Kotka–Pyhtää-tien muuttuvia nopeusrajoituksia tapaustutkimuksen pohjalta. Tutkimuksessa on selvitetty sääohjatun tien yhteiskunnallista kannattavuutta.

Menetelmä

Perinteisen hyöty-kustannusanalyysiin perustuvan tarkastelun lisäksi on otettu huomioon analyysiin liittyviä ongelmakohtia sekä uusia vaihtoehtoisia menetelmiä.

Hyöty-kustannustarkastelussa osakustannustekijöinä olivat onnettomuus-, aika-, ajoneuvo-, melu-, päästö- ja asfalttipäällysteen kustannukset. Säästöjä pienentää laskeneista nopeuksista johtuva matka-ajan kasvu. Suurimmat säästöt syntyvät onnettomuuskustannusten alenemisesta.

Kustannusvaikutuksia laskettiin samalla periaatteella kuin Lähesmaa (1997):

$$\boxed{\text{sääohjauksen kustannusvaikutus}} = \boxed{\text{kustannukset sääohjatulla tiellä}} - \boxed{\text{kustannukset, jos ei käytettäisi sääohjausta}}$$

Investoinnin tuottavuutta mitattiin vuotuisella hyötykustannussuhteella:

$$\frac{\text{sääohjatun tien vuotuiset yhteiskuntataloudelliset kokonaissäästöt}}{\text{investoinnin vuosisuorite} + \text{ylläpidosta johtuvat vuosikustannukset}}$$

Kannattavuutta mitattiin sijoitetun pääoman tuottoasteella. Hyvä tuottoaste pääomalle olisi 15–20 %.

Sääohjatun tien kannattavuutta on tarkasteltu myös herkkyyksianalyysin ja langattoman tiedonsiirron vaihtoehdon pohjalta. Luvut on laskettu sekä vuoden 1997 että vuoden 2001 lukujen mukaan. Investointikustannukset vuonna 1997 olisivat olleet 4 767 000 markkaa. Kustannusarviot ovat Telen asiantuntijoiden arvioita. Ylläpitokustannusten (tiedon siirtoa lukuun ottamatta) on oletettu olevan samat kuin kiinteällä kaapelilla. Vuoden 2001 mukaan investointikustannukset olisivat 4 400 000 markkaa.

Perinteisen hyötykustannustarkastelun lisäksi on sovellettu Capital Asset Pricing Modelia (CAPM).

Lisäksi on käsitelty lyhyesti monikriteerianalyysiä ja analyyttistä hierarkiaprosessia eitaloudelliseen tarkasteluun pohjautuvana hankearviointimenetelmänä. Menetelmän ei kuitenkaan uskottu tuovan lisäarvoa tarkasteluun.

Selvityksessä tarkasteltiin sekaliikenne- ja moottoriliikennetien itään päin suuntautuvaa liikennetilannetta ennen ja jälkeen uuden järjestelmän käyttöönoton. Liikennetietoja on kerätty tielaitoksen kahdelta kiinteältä mittausasemalta (no. 501 ja no. 583). Vertailutietoa kerättiin asemalta no. 577. Aineisto on ajoneuvokohtaista. Tiedonkeruuvaiheet ja aikataulu olivat seuraavat:

- ennen-jakso, maaliskuu 1997 – marraskuu 1997
- jälkeen-jakso, joulukuu 1997 – lokakuu 1998
- jälkeen-jakso, lokakuu 1998 – maaliskuu 1999.

Säätien investointikustannukset olivat 5 900 000 markkaa ja ylläpitokustannukset 120 000 markkaa.

Tulokset

Nopeudet

- Moottoriliikennetiellä nopeudet eivät muuttuneet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksesta (keskinopeus 91 km/h).
- Sekaliikennetiellä keskinopeus laski 83,5 km:stä/h 82 km:iin/h.
- Tulokset nopeusvaikutuksista perustuvat niin suureen aineistoon, että niitä voidaan pitää tilastollisesti luotettavina.

Onnettomuudet

Talviajan riskin on arvioitu olevan 1,3-kertainen normaaliin aikaan verrattuna. Hyvällä talvikelillä on n. 0,05 onnettomuutta/milj. km ja huonolla kelillä 0,25.

Heva-onnettomuuskustannusten arvioitiin laskevan 5 % hyvällä ja kohtalaisella kelillä ja 20 % huonolla kelillä. Onnettomuusaste laskee 0,08 → 0,07.

Raportissa on arvioitu (ei kovin luotettavasti), että talvella huonolla kelillä heva-onnettomuusaste laskisi 1–5 %. Epävarmuuden vuoksi lukua ei ole huomioitu tutkimuksessa.

Kannattavuus

Sääohjatun tien oletetaan alentavan yhteiskuntataloudellisia kustannuksia noin 600 000 markkaa vuodessa vuotuisten kokonaisresurssien ollessa n. 900 miljoonaa markkaa. Merkittävin säästö syntyy onnettomuuskustannusten alenemisesta. Aikakustannusten kasvusta johtuen onnettomuuskustannusten säästöstä menetetään noin 20 %. Muiden kustannusten muutokset ovat pieniä. (Vuoden 1996 lukujen mukaan) hyöty-kustannussuhteeksi pitoajan ollessa 9 vuotta on laskettu 0,67. Sijoitetun pääoman tuottoaste on 8,1 % (melko hyvä).

Pitoaika 15 vuotta: hyöty-kustannussuhde 0,91 ja tuottoaste 6,3 % (ei kannattava)

Vuoden 2000 kustannustietojen mukaan yhteiskuntataloudelliset säästöt kasvaisivat 300 000 markkaa vuodessa johtuen onnettomuuskustannusten muutoksesta verrattuna vuoden 1996 tilanteeseen. Tällöin yhteiskuntataloudelliset säästöt olisivat 850 000–900 000 markkaa kustannusten ollessa 900 000 markkaa. Hyöty-kustannussuhde olisi n. 1 eli kannattavan projektin alaraja.

Herkkyysanalyysin tulokset (graafeja raportissa):

- Investointikustannusten tulisi laskea n. 55 %, jotta tuottavuusraja saavutettaisiin.
- Ylläpitokustannusten vaikutus kannattavuuteen oli melko pieni.
- Hankkeen tuottavuus heikkenisi nopeasti, mikäli pitoajat olisivat määriteltyä lyhyemmät.
- Tuottavuusraja ylittäisiin 7 500 ajoneuvon vuorokausiliikenteellä.
- Laskelmien mukaan todettiin, että sääohjatulla tiellä oli saatu lähes suurin mahdollinen hyöty nopeuksien laskemisesta.
- Onnettomuuskustannuksiin vaikuttamalla voitaisiin muuttaa hyöty-kustannussuhdetta nopeasti.
- Hankkeen tuottavuus pienenee nopeasti, mikäli keliolosuhteiden aiheuttama suhteellisen riskin kasvu on oletettua pienempi.
- Tuottavuus paranisi, mikäli korkeamman riskin aikaa olisi enemmän.

Langattomaan tiedonsiirtoon perustuvilla vuoden 1997 investointikustannuksilla laskettuna on saatu seuraavat tunnusluvut:

- hyöty-kustannussuhde 0,55
- sijoitetun pääoman tuottoaste 5,7 %.

Langattomaan tiedonsiirtoon perustuvilla vuoden 2001 investointikustannuksilla laskettuna on saatu seuraavat tunnusluvut:

- hyöty-kustannussuhde 1
- sijoitetun pääoman tuottoaste 10,9 %.

CAPM-mallilla laskettaessa hyöty-kustannussuhde parani huomattavasti verrattuna aikaisempiin laskelmiin: se nousi 0,85:een

Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7

Tekijät: Rämä, P., Raitio, J., Harjula, V. & Schirokoff, A.

Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 44/1999*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Työn tavoitteena on ollut arvioida sääohjatun nopeusrajoitus- ja opastejärjestelmän vaikutuksia kuljettajan käyttäytymiseen yksiajorataisella sekaliikennetiellä ja moottoriliikennetiellä valtatie nro 7 sääohjatulla tieosuudella Pyhtään Siltakylän ja Kotkan Otsolan välillä.

Menetelmä

- Tietoa kerättiin yhdestä sekaliikennetien ja yhdestä moottoriliikennetien mittauspisteestä. Vertailuaineisto kerättiin samalta tieltä koeosuuden länsipuolelta.
- Liikenneaineisto kerättiin kolmesta mittauspisteestä tiehen asennetuilla silmukkamaisimilla.
- Tiesäätietoja kerättiin tiesääasemilta.
- Liikennemerkkien loki tallennettiin Kouvolan liikennekeskuksessa.
- Kotkan tiemestaripiirin henkilöstö keräsi käsisäätietoja.
- Tutkimuksessa käytettiin ennen–jälkeen-asetelmaa.

Kuljettajia haastateltiin sekaliikennetieosuudella lähellä Pyhtäätä. Haastattelujen aikana esitettiin vaihtuvien nopeusrajoitusten lisäksi kaksi erilaista muuttuvaa opastetta: varoitusmerkki ”muu vaara” ja tekstiviesti ”puuskainen tuuli” sekä tekstiviesti ”muista turvaväli” ilman varoitusmerkkiä. Aineisto sisälsi 327 suomenkielistä kuljettajaa. Haastattelutulosten tilastollinen merkitsevyys testattiin χ^2 -testillä.

Tiedonkeruun vaiheet ja aikataulu olivat seuraavat:

- ennen-jakso, 1.3.1997–30.11.1997
- jälkeen-jakso, 4.12.1997–28.10.1998
- jälkeen-jakso, 30.10.1998–31.3.1999.

Vaikutusten arvioinnissa on käytetty seuraavia menetelmiä:

- Nopeuksien ja aikavälien jakaumat ja tunnusluvut: Jakaumia tarkasteltu tilastollisten tunnuslukujen ja histogrammien avulla. Tarkasteltuja tunnuslukuja olivat nopeuden osalta
 - keskiarvo
 - hajonta
 - prosenttipisteet 15 (v15) ja 85 (v85)sekä aikavälien osalta
 - jakauman keskimäinen
 - prosenttipisteet 25 ja 75.
- Nopeuksien ja aikavälien tilastolliset mallit.

Tulokset

Talvi:

Nopeusrajoituksen nostaminen talvella 80 km:stä/h 100 km:iin/h nosti keskinopeutta hyvällä kelillä 3,9 km/h, kohtalaisella kelillä 5,4 km/h ja huonolla kelillä 7,3 km/h. Entisen 80 km/h nopeusrajoituksen säilyttäminen mutta esittäminen kuituoptyisella merkillä alensi keskinopeutta hyvissä kelioloissa 3,2 km/h ja nosti nopeutta huonoissa ja kohtalaisissa kelioloissa noin 1 km/h. Muuttuva liukkaan ajoradan varoitusmerkki alensi keskinopeutta huonolla kelillä 2,5 km/h ja kohtalaisella kelillä 1 km/h. Muuttuva liukkaan ajoradan varoitusmerkki vähensi pienten, alle sekunnin, aikavälien osuutta jonoissa noin 25 %. Muuttuva 80 km/h rajoitus ilman liukkaan ajoradan merkkiä vähensi pienten aikavälien osuutta noin 10 %. Muuttuva 100 km/h rajoitus ei vaikuttanut pienten aikavälien osuuteen merkittävästi hyvällä kelillä mutta lisäsi pienten aikavälien osuutta normaalilla kelillä 31 %.

Kesä:

Nopeusrajoituksen alentaminen 100 km:stä/h 80 km:iin/h alensi keskinopeutta huonon kelin aikana 3,0 km/h, kohtalaisella kelillä 3,2 km/h ja hyvällä kelillä 2,4 km/h. Muuttuva nopeusrajoitus 100 km/h kuituoptyisella merkillä osoitettuna nosti keskinopeutta kesällä hyvällä kelillä 1,3 km/h, kohtalaisella kelillä 1,2 km/h ja huonolla kelillä 0,6 km/h. Vertailutilanteena olivat keskinopeudet ennen järjestelmän rakentamista, kun rajoitus oli kiinteä 100 km/h.

Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin arvon muisti 95 % kuljettajista. Muu vaara -varoitusmerkin muisti 73 % kuljettajista ja muuttuvan opasteen tekstiviestin "puuskainen tuuli" 77 % kuljettajista. "Muista turvaväli" -tekstiviestin muisti 47 % kuljettajista. "Puuskainen tuuli" -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista 57 % ilmoitti, että merkki olisi vaikuttanut heidän ajokäyttäytymiseensä, kun vastaavasti "muista turvaväli" -tekstiviestin ohittaneista kuljettajista vastaava osuus oli 45 %. Kuljettajista 70 % tiesi, että sää ja keli vaikuttivat näytettävän nopeusrajoituksen suuruuteen. Edelleen 56 % tiesi ohjauksen perustuvan ajantasaiseen sää- ja kelitietoon. Kuljettajista 96 % piti sää- ja keliolosuhteiden mukaan muuttuvia nopeusrajoituksia hyödyllisinä. Useimmiten mainitut järjestelmän edut olivat liikenneturvallisuuden parantuminen, sujuvuuden parantuminen ja nopeusrajoitusten parempi noudattaminen. Kuljettajista 52 % vastasi, ettei järjestelmällä ollut heidän mielestään mitään haittoja. 24 % mainitsi, että nopeusrajoitukset eivät heidän mielestään olleet aina oikein asetettuja. Kuljettajista 67 % sanoi järjestelmän olevan luotettava aina tai useimmiten.

Johtopäätöksenä on, että järjestelmä oikein käytettynä vaikuttaa sille asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Toisaalta virheelliset käyttötilanteet nostivat keskinopeutta kohtuuttomasti ja lyhensivät aikavälejä merkittävästi ja heikentävät siten liikenneturvallisuutta.

Road Weather Service System in Finland and Savings in Driving Costs

Tekijät: *Pilli-Sihvola, Y. et al.*

Viitetiedot: *Transportation Research Record 1387*

Saatavuustiedot:

<http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/375CAFD2AC3437D8852569610051E2B0?OpenDocument&Query=Bapp>

Yleinen kuvaus

Kyseessä ei ollut kokonainen raportti vaan ainoastaan nettisivuilla oleva yhteenveto julkaisusta. Julkaisussa on arvioitu Suomessa käytössä olevaa sääpalvelusysteemiä, jonka tarkoituksena on valvoa maanteiden sääolosuhteita kunnossapidon näkökulmasta. Systemi lähettää automaattisesti todellista sekä ennustedataa tien kunnossapitäjille. Systemi koostuu 11 keskusasemasta, 200 työasemasta ja n. 150 havainnointiasemasta.

Menetelmä

Yhteenvedossa ei ole kuvattu, miten tutkimus on tehty.

Tulokset

Liukkaan kelin keston on arvioitu lyhenevän 10–30 minuuttia, mikä vähentää liukkaan kelin aiheuttamia onnettomuuksia huomattavasti (3–17 % riippuen alueesta ja talvesta). Paremmat ajo-olosuhteet näkyvät myös lyhyempinä ajoaikoina (23 minuutin aikasäästöt / jäänpoisto), vähempänä polttoaineen kulutuksena sekä ympäristön rasiituksena. Vuositaitaiset onnettomuuskustannussäästöt olivat \$900 000, aikakustannussäästöt \$60 000 ja ajoneuvon kustannussäästöt \$20 000 (yhteensä \$980 000 vuodessa). Kymin alueella cost-benefit-suhde on "1 to 5" eli hyöty-kustannussuhde on 5.

Final Report of the Evaluation of the FORETELL Consortium Operational Test: Weather Information for Surface Transportation

Tekijät: *Skarpness, B., Kitchener, F., Boselly, E. and Thomas, A.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/JPODOCS/REPTS_TE/13833.html

Yleinen kuvaus

Raportissa on kuvattu Amerikassa pilottivaiheessa oleva FORETELL-järjestelmä, jonka ideana on koota yhteen paikkaan reaaliaikaista säätietoa eri käyttäjäryhmille (pilottivaiheessa Internetin kautta Iowan, Missourin ja Wisconsinin kaupungeista). Systemin käyttäjäryhmiksi on määritelty kunnossapidon operaattorit, kaupalliset liikennöitsijät, maantiepoliisi, koulun hallintohenkilökunta, kuljetusoperaattorit ja liikennepäälliköt.

Arvioinnin tarkoituksena oli selvittää, kuinka hyvin FORETELL saavutti sille asetetut tavoitteet, selvittää systemin toteutettavuus sekä mahdollisuus laajempaan käyttöön. Lisäksi arvioinnissa pyrittiin selvittämään, miten systemi toi lisäarvoa käyttäjälle ja miten se vaikutti käyttäytymiseen.

Menetelmä

Tutkimukseen otettiin mukaan 6 käyttäjäryhmää, jotka on lueteltu edellä. Tutkimus toteutettiin kolmen talven aikana lähtien vuodesta 2000–2001, jolloin tutkimuksessa oli mukana vain yksi käyttäjäryhmä, kunnossapidon operaattorit. Vuonna 1999 syksyllä kunnossapidon operaattorit tekivät arvion senhetkisistä säätietopalveluun liittyvistä toimistaan ennen FORETELL-systeemin käynnistämistä ja toisen arvioinnin FORETELL-systeemin käyttöönoton jälkeen. Toisena systeemin käyttövuonna myös muille viidelle käyttäjäryhmälle annettiin oikeudet nettisivustolle ja niille tehtiin kysely talven 2001–2002 jälkeen.

- Talvi 1998–1999: Kehittää arviointisuunnitelma ja yksittäiset testisuunnitelmat. Kerätä perusdataa.
- Talvi 1999–2000: FORETELL otettu käyttöön. Ensimmäiset arviointiin liittyvät datat kerätty.
- Talvi 2000–2001: Toinen arviointidatan keräysvaihe.
- Talvi 2001–2002: Kolmas arviointidatan keräysvaihe.
- Kesä ja syksy 2002: Raportointi ja tiedonjako.

Table 2.2 User Group Evaluation Participation and Data Collection Approach

User Group	Participation Years	Number of Participants	Data Collection Approach
Highway Maintenance Operators	Fall of 1999(baseline)	66	Survey & Activity/Weather Logs
	Winter of 2000-2001	87	Survey & Activity/Weather Logs
	Winter of 2001-2002	47	Survey & Activity/Weather Logs
Other			
Commercial Vehicle Operator Personnel	Winter of 2001-2002	15	Telephone Interview
Highway Patrol Personnel	Winter of 2001-2002	16	Telephone Interview
School Administrators	Winter of 2001-2002	5	Survey & Activity/Weather Logs
Transit Operators	Winter of 2001-2002	3	Survey
Traffic Managers	Winter of 2001-2002	1	Telephone Interview

Tulokset

Tiedonsaantia nettisivuston kautta pidettiin yleisesti ottaen hyvänä tapana. N. 30–40 % kunnossapidon operaattoreista ilmoitti, että he muuttivat päätöstään FORETELL-järjestelmän tiedon pohjalta, ja yli 50 % käyttäjistä ilmoitti, että he ovat halukkaita käyttämään järjestelmää myös jatkossa. Kuitenkin alle 20 % oli halukkaita maksamaan palvelusta.

Tarkemmin kunnossapidon operaattoreiden vastauksista (eniten vastaajia muihin käyttäjäryhmiin verrattuna):

- 30–60 % vastaajista käytti FORETELL-tietoa.
- Suurempi osa piti tietoa hyödyllisenä kuin hyödyttömänä.
- Suurin osa, 50–90 %, piti FORETELL-tietoa ymmärrettävänä, käytettävänä, helposti saatavilla olevana, tarkkana ja hyödyllisenä.

- Noin 30–40 % kunnossapidon operaattoreista piti FORETELL-tietoa arvoa lisäävänä ja työtään helpottavana.
- Noin 30–40 % ilmoitti muuttaneensa päätöstään FORETELL-tiedon perusteella.
- Yli 50 % vastaajista ilmoitti haluavansa käyttää FORETELL-tietoa myös jatkossa.
- Vain alle 20 % oli halukkaita maksamaan palvelusta.
- Muiden käyttäjäryhmien tuloksia on myös koottu raporttiin.

Benefits of weather services for highway authorities

Tekijät: *Wass, S.*

Viitetiedot: *733 – Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on kuvattu Isossa-Britanniassa käyttöön otetun sääpalvelujärjestelmän (Open Road) vaikutuksia teiden suoламiseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin. Vuonna 1986 suoламisen aiheuttavat suorat kulut olivat 100 miljoonaa puntaa (25 % raaka-ainekuluja, 25 % kuljetus- ja kunnossapitokuluja ja 50 % työvoimasta aiheutuvia kuluja).

Ennen uuden sääpalvelujärjestelmän käyttöönottoa maanteiden lämpötilojen varoitukset olivat 0,6 todennäköisyydellä oikein. "Numeerisen mallin" (uusi järjestelmä) avulla pystyttiin alkamaan lukea ilman ja tien lämpötiloja sekä tuulennopeuksia reaaliaikaisesti, minkä jälkeen huonojen kelien ennustettavuus parani 0,9:ään.

Menetelmä

Julkaisussa ei ole kuvattu, miten uuden sääpalvelujärjestelmän vaikutuksia kustannusten muodostumiseen on laskettu. Julkaisussa ei sanota tarkemmin, mihin aineistoon kustannuslaskelmat perustuvat.

Tulokset

Thornes (1989) on arvioinut, että vuosina 1983–1988 materiaalin käyttö vähentyi 30 % → 15 %. On arvioitu, että kokonaiskustannukset talven osalta pienentyivät 5–30 %.

On arvioitu, että suolan käytön vähentyminen 30 % vastaa kustannuksissa noin 90 000 punnan säästöjä.

The development and status of road weather information systems in Europe and North America

Tekijät: *Thornes, J. E.*

Viitetiedot: 733 – *Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Raportti keskittyy arvioimaan Yhdistyneessä kuningaskunnassa käyttöön otetun RWIS (road weather information system) -järjestelmän suorituskykyä ja kustannus-hyötysuhdetta. Kyseessä on Open Road -järjestelmä (vrt. julkaisu "Benefits of weather services for highway authorities", jossa on myös arvioitu systeemien tuomia kustannussäästöjä).

Menetelmä

RWIS:n suorituskykyä ja ennusteiden tarkkuutta on arvioitu käyttämällä systeemiä 23 yönä ja vertaamalla systeemin antamia ennusteita teillä olevien sensoreiden antamiin tietoihin. Järjestelmän on oletettu tekevän kahdentyyppisiä virheitä ennusteissaan: ylioptimisia, jolloin ennustettiin jäätyviä teitä, vaikka niitä ei ollut, ja pessimistisiä, jolloin teiden ei ennusteta jäätyvän, vaikka ne jäätyvätkin.

Kustannus-hyötysuhteen arvioinnissa on käytetty apuna indeksiä (Winter Index), joka kuvaa talven ankaruutta. Tutkimuksessa on verrattu suolan käyttöä teillä viisi vuotta ennen RWIS-järjestelmän käyttöönottoa vertaamalla suolan käyttölukuja edellisten talvien indeksiin. Tämän pohjalta on voitu tehdä arvioita tulevien vuosien suolankäytöstä käyttämällä lineaarista regressiomallia. Tämän jälkeen vertaamalla todellisia suolan käyttömääriä ennusteisiin (RWIS:n käyttöönoton jälkeen) voidaan arvioida järjestelmän tuoma hyöty. Järjestelmä on otettu käyttöön -87–88.

Tuloksia

Huomioimalla molemmat virhemahdollisuudet Open Road -järjestelmän ennusteiden tarkkuudeksi voidaan arvioida 90,5 %.

Kustannus-hyötylaskelmissa tuloksiksi saatiin, että RWIS:n ansiosta vuosina -87–88 todellinen suolan käyttömäärä oli 20 % alhaisempi, kuin indeksin pohjalta tehty arvio, ja vuosina -88–89 käyttömäärä oli 25 % alhaisempi. Rahaksi muutettuna tämä tarkoittaa noin £68 000 säästöä vuodessa (£20/tonni).

Seasonally changing speed limits: Effects on speed and accidents

Tekijät: *Peltola, H.*

Viitetiedot: *Transportation Research Record 1734, pp. 46–51*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on esitetty vuosina 1987–1989 tehtyä tutkimusta talvinopeusrajoitusten alentamiseen Suomessa liittyen sekä tämän varsinaisen tutkimuksen jälkeen tehtyä seuranta-tutkimusta (1989–1996). Nopeuksia muutettiin vuodenajan mukaan. Seurantatutkimuk-

nessa alennetun nopeusrajoituksen käyttöä talvisaikaan laajennettiin koskemaan myös muita tieosuuksia.

Kerätty data koski nopeuksia, onnettomuuksia ja kuljettajien mielipiteitä.

Menetelmä

Vuodenajan mukaan vaihtuvan nopeusrajoituksen vaikutuksia on arvioitu tutkimalla samanlaisia tieosuuksia keskenään toisen toimiessa kokeellisena tienä (nopeuden muutokset 100 km/h -> 80 km/h) ja toisen kontrollitienä (ei muutoksia, nopeus 100 km/h). Toisen tutkimusvuoden aikana kokeellinen ja kontrollitie vaihtuivat toisin päin. Dataa kerättiin sekä ennen että jälkeen nopeusrajoitusmuutosten. Nopeusrajoitukset olivat voimassa neljä kuukautta vuodessa.

Tutkimukseen otettiin mukaan 4 000 km 100 km/h -nopeuksista tietä.

Nopeuksien seuranta (data): Nopeuksia mitattiin tutkalla 24 mittauspisteessä jokaisena kuukautena tutkimuksen aikana. Kaiken kaikkiaan 140 000 ajoneuvon nopeudet mitattiin. Mittaukset aloitettiin kuukausi ennen kuin matalampi nopeusrajoitus otettiin käyttöön ja mittauksia jatkettiin 2 vuotta. Mittaukset tehtiin aina samana viikonpäivänä ja samaan aikaan. Erillisiä mittauksia tehtiin 567 (N), joista kussakin mitattiin vähintään 100 auton nopeudet.

Onnettomuudet (data): Onnettomuustietoja saatiin poliisilta (N = 6228). Ainakin 640 onnettomuutta kirjattiin (140 tapausta, joissa vammoja) tapahtuneeksi joka talvi. Säätietoja saatiin Ilmatieteen laitokselta.

Kuljettajien haastattelut (data): Molempina talvina ja molemmilla tieosuuksilla tehtiin kuljettajien haastatteluita. Yli 1600 kuljettajaa haastateltiin (valittiin satunnaisesti) kahdeksalla eri paikalla. Haastattelun suoritti Tiehallinnon henkilökunta.

Tutkimuksessa on tehty t-testi.

Seurantatutkimus: Varsinaisen tutkimuksen jälkeen matalampien nopeusrajoitusten käyttöä laajennettiin koskemaan laajempaa tieverkostoa (vuonna 1989 lisäys 2000 km ja vuonna 1991 lisäys 5000 km). Seurantatutkimuksessa ei ollut kuitenkaan enää käytössä yhtä päteviä tutkimusjärjestelyitä kuin kahden vuoden (-87-89) tutkimuksissa. Dataa kerättiin 200 automaattiselta mittauspisteeltä.

Tulokset

Vaikutukset nopeuksiin: Kontrollitien nopeudet laskivat talvella keskimäärin 3,3 km/h, vaikka siis rajoituksia ei laskettu. Kokeellisella tiellä, jossa nopeuksia laskettiin, keskimääräiset ajonopeudet laskivat 3,8 km/h. Nopeuksien lasku vaikutti ennen kaikkea suurimpiin nopeuksiin (5,7 km/h), jolloin ero matalimman ja korkeimman nopeuden välillä saatiin pienennettyä. Matalimmat nopeudet laskivat keskimäärin 2,2 km/h. Lisäksi havaittiin, että nopeusrajoitusten lisäksi liukkaiden kelien vuoksi nopeudet laskivat 2,5 km/h. Lumi tai kova sade laskivat nopeuksia 1 km/h. Tutkimuksen aikana keskinopeudet muuten nousivat 1 km/h.

Vaikutukset onnettomuuksiin: Kokeellisella tiellä onnettomuuksien määrä oli vähäisempi kuin kontrollitiellä. Tutkimuksessa arvioitiin, että rajoitusten lasku 100 km/h -> 80 km/h

vähensi onnettomuuksia 14 %. Onnettomuuksien, joissa tapahtui loukkaantumisia, määrässä ei nähty tilastollisesti merkittävää vaikutusta. Yleensä ottaen onnettomuuksien määrä laski enemmän niillä teillä, jotka olivat hyvässä kunnossa. Onnettomuusriskin haettiin enemmän kuin kaksinkertaistuvan, mikäli mäkien määrä kasvoi 1:stä 35 m:iin kilometrin matkalla. Onnettomuusriski kasvoi yli 50 % silloin, kun epäsuotuisten keliön määrä kuukaudessa kasvoi 2:sta 31 päivään. Tiheään liikennöidyillä teillä (yli 3000 autoa päivässä) talvinopeuden lasku pienensi onnettomuusriskiä 20 %:lla. Vähemmän liikennöidyillä teillä tulokset eivät olleet tilastollisesti merkittäviä.

Kuljettajien mielipiteet: Kolme neljästä vastanneesta (75 %) puolsi vuodenajan mukaan vaihtuvia nopeusrajoituksia. Yli neljä viidestä muisti, mikä kyseisen tien nopeusrajoitus oli. Kuljettajat ovat selvästi valmiita laskemaan nopeuksia, mikäli he tietävät ja ymmärtävät, miksi näin tehdään.

Seurantatutkimus: Tutkimuksen mukaan matalammat nopeusrajoitukset vaikuttivat yhä edelleen kahden vuoden testikäytön jälkeenkin. Nopeusrajoitukset vaikuttivat myös rajoitusalueen ulkopuolelle, mikä näkyi nopeuksien laskuna myös muilla tieosuuksilla. Vuonna 1991 onnettomuusriski laski selvästi kokeellisella tiellä, mutta kasvoi hieman kontrollitiellä. Oli siis havaittavissa, että seurantakauden aikana turvallisuusvaikutukset ovat olleet merkittävämpiä kuin varsinaisen kokeen aikana.

Tehostetun kelinseurantajärjestelmän kokeilu. Tieliikenteen telematiikan E18-kokeilualue

Tekijät: *Malmivuo, M. & Pajunen, K.*

Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 5/1999*

Saatavuustiedot:

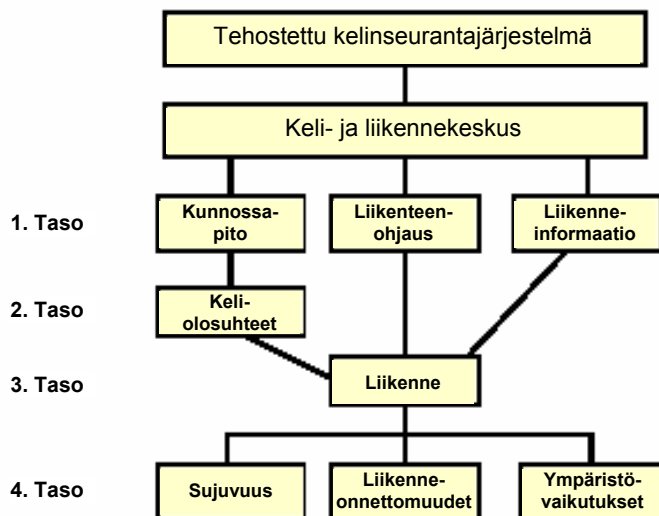
Yleinen kuvaus

Tutkimuksessa on selvitetty, miten keli- ja liikennekeskuksen toiminta muuttuu tehostetun kelinseurantajärjestelmän eli tihennetyn tiesääasema- ja kelikameraverkon käyttöönoton myötä. Tutkimus keskittyi selvittämään erityisesti vaikutuksia kelin ennustamiseen sekä kelikeskuksen tuottamaan tietoon. Tutkimuksessa on analysoitu neljää eri osa-aluetta: järjestelmän vaikutusta kelipäivystäjien työhön ja liikenteen ohjaukseen, koealueella tehtyjä kitkamittauksia sekä muuttuvien opasteiden automaattista ohjausta.

Menetelmä

Tutkimus kohdistuu Valtatielle numero 1 välillä Lohjanharju–Salo. Syksyllä 1996 tehostettiin kyseisen välin kelinseurantajärjestelmää mm. lisäämällä tiesääasemia, kelikameroita, muuttuvia nopeusmerkkejä ja tiedotusmerkkejä välille.

Tehostetun kelinseurantajärjestelmän vaikutukset voidaan ajatella useampitasoisena (kuva).



Kuva 2. Tehostetun kelinseurantajärjestelmän vaikutukset.

Kelikeskuksen toimintaan liittyvien vaikutusten analysointi:

- Kelipäivystäjiä haastateltiin Uudenmaan ja Turun kelikeskuksissa sekä talven 1996–1997 että 1997–1998 aikana. Haastatteluilla kartoitettiin järjestelmän tarpeellisuutta, vaikutusta päivystystyöhön, teknistä toimivuutta ja kehittämistarpeita. Haastateltavien lukumäärä vaihteli 3:sta 9:ään.
- Tarkkailtiin kelipäivystäjien toimintaa tilanteissa, joissa keli on muuttumassa huomommaksi ulkopuolisen tarkkailijan voimin.
- Vertailukoe, jossa kaksi kelipäivystäjää työskenteli samanaikaisesti tilanteessa, jossa keli on huononemassa. Toisella oli käytössä nykyiset tietolähteet ja toisella vanhat.
- Liikenteen ohjaukseen ja liikenneinformaatioon liittyvien vaikutusten analysointi.
- Liikennepäivystäjien haastattelu talvena 1997–1998.
- Haastatteluin ja liikennepäivystäjien päiväkirjamerkinnoin ja merkkien ohjausdataa tutkimalla selvitettiin liikennepäivystäjien kokemuksia kevään 1998 aikana.
- Paikan päällä tehdyt kitkamittaukset.
- Anturien käyttäytymistä analysointiin talvella 1997–1998 merkkien ohjausalgoritmien perusteella.

Tulokset

Kelipäivystäjien oma arviointi: Kelipäivystäjien asenne muuttui haastattelutalvien välillä huomattavasti myönteisemmäksi.

Kelipäivystäjien toiminnan seuranta: Kokeilu osoitti, että tiesääasemien arvojen tarkkailu oli loppujen lopuksi aika vähäistä.

Kelipäivystäjien toiminnan vertailukoe: Tuloksista ei voitu vetää kovinkaan pitkälle meneviä johtopäätöksiä johtuen kokeen riippumattoman toteuttamisen hankaluuden ja vertailukertojen vähäisyyden vuoksi.

Liikennepäivystäjien oma arviointi: Liikennepäivystäjien mielestä muuttuvien nopeusrajoitusmerkkien automaattiohjaus on tukea antava järjestelmä mutta ei vielä riittävän luonteva, jotta merkkien ohjaus voitaisiin jättää yksin sen varaan.

Vaikutuksia liikenteen ohjaukseen: Tihennetyin tiesääasemaverkon pääasiallinen merkitys on ollut muuttuvien nopeusrajoitusten ohjauksessa. Asemien lisääminen on siis ollut välttämättömämpää liikenteen ohjauksen kannalta kuin kelipäivystyksen näkökulmasta.

Kitkamittaus: Kitkamittauksissa ei havaittu samalla mittauskerralla merkittäviä kitkan muutoksia eri tiesääasemien välillä.

Adverse Weather Traffic Signal Timing

Tekijät: *Maki, P. J.*

Viitetiedot: *Short Elliot Hendrickson Inc. for the Minnesota Departments of Transportation*

Saatavuustiedot: <http://trafficware.infopop.cc/downloads/00005.pdf>

Yleinen kuvaus

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut arvioida mahdollisuutta ja toteutettavuutta aikatauluttaa uudelleen liikennevaloja. Uudelleen aikatauluttamalla pyritään sujuvoittamaan liikenteen kulkua huonolla kelillä. Tutkimus on tehty Minnesotassa vuonna 1999. Tutkimuskohteena on kolmen mailin pituinen moottoritie, jossa on viidet liikennevalot.

Menetelmä

Data: Säädata on kerätty sekä tienpäältä että säätietojärjestelmän (RWIS) avulla. Liikenne-dataa on kerätty sekä tienpäältä että Mn/DOT:n järjestelmästä. Kumpaakin dataa on kerätty sekä normaalin että huonon kelin ruuhka-aikoina.

Analyysoinnin tueksi on rakennettu Synchro-softan avulla malli moottoritiestä. Synchron avulla voidaan optimoida ja mallintaa liikennevaloja. Mallia on täydennetty kerätyn datan pohjalta, jotta se muistuttaisi mahdollisimman hyvin tutkimuskohteena olevaa moottoritietä. Mallia käytetään optimoimaan liikennevalojen käyttöä.

Tulokset

Synchrolla suoritettiin optimointiajo tavoitteena tutkia, voidaanko uudella liikennevalojen aikataulutuksella parantaa liikenteen kulkua huonon kelin aikaan. Tuloksena oli, että uuden ajoituksen myötä parannusta tapahtui 6 %. Parannus näkyi liikennevalojen aiheuttamien viiveiden lyhentymisenä sekä pysähtymisten vähentymisenä.

Rautatieliikenne ja sää

Mitigating the impact of weather and climate on railway operations in the UK

Tekijät: *Thornes, J. E. & Davis, B. W.*

Viitetiedot: *Proceedings of the 2002 ASME/IEEE Joint Rail Conference Washington, DC, April 23–25, 2002*

Saatavuustiedot:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7845/21587/01000089.pdf?isnumber=21587&prod=CNF&arnumber=1000089&arSt=+29&ared=+38&arAuthor=Thornes%2C+J.E.%3B+Davis%2C+B.W.>

Yleinen kuvaus

Tutkimusten mukaan sää ja keli voivat aiheuttaa noin 20 % Yhdistyneessä kuningaskunnassa tapahtuvista junien myöhästymisistä. Julkaisussa on tuotu esiin konkreettisia sään vaikutuksia rautatieliikenteeseen sekä kaksi tapaa, joilla sään vaikutuksia on pyritty vähentämään. Rautatieliikenteessä käytössä olevat sääennustepalvelut ovat arviolta n. 30 vuotta kehitystä jäljessä verrattuna maanteiden sääennustepalveluihin.

Julkaisussa ei ole tehty mitään varsinaista vaikutusten arviointia (ei ole menetelmää), mutta julkaisuun on listattu, mitä sää voi aiheuttaa rautatieliikenteessä.

Menetelmä

Sään ja kelin negatiivisia vaikutuksia on pyritty vähentämään kahden menetelmän avulla. Menetelmät on kuvattu julkaisussa, mutta niiden vaikutusten arviointi on hyvin pintapuolista.

Ilmajohdon jäätyminen: Tavoitteena on pystyä mittaamaan sekä ennustamaan jään muodostuminen. Testipaikka sijaitsi Pohjois-Englannissa. Testivälineistö raportoi ilmajohdon pinnan statusta. Sen lisäksi otettiin digitaalisia kuvia johdon pinnasta jotta voidaan varmistaa raporttien luotettavuus. Johtoja tarkkailtiin 3327 tuntia marraskuusta 1998 maaliskuuhun 1999. Digikuvia otettiin joulukuussa 1998. Testijakson aikana esiintyi monenlaisia säätyyppejä. Apuna tutkimuksessa käytettiin tilastollista menetelmää, joka ennustaa eri meteorologisia parametreja itsenäisesti perustuen viimeisiin 24 tunnin havaintoihin.

Tuulenpuuskavaroittimet: Tuulenpuuskat voivat aiheuttaa ilmajohdon liikkumista tuhoisin seurauksin. Tutkimuksessa tehtiin tuuliprofilointi käyttämällä tietokoneohjelmointia sekä tekemällä tutkimuspaikalla kyselyitä (ei tarkemmin kuvattu, minkälaisia).

Tulokset

Julkaukseen on kerätty sään ja kelin konkreettisia vaikutuksia rautatieliikenteeseen:

- Lämpötila: Diesel jähmettyy (waxes) alle -18 asteessa. Alle -3 asteessa hiilen lastaaminen on vaarallista, ja yleensäkin pakkaselle mentäessä junat voivat jäätyä. Toisaalta liian kuuma ilma voi myös aiheuttaa raiteiden taipumista (vuonna -95 kuuman ilman seurauksena sattui 133 raiteiden taipumistapausta, joista kunkin korjaaminen maksoi £1 miljoonaa).
- Lumi: Märkä lumi voi jäätyä ilmajohdoin, minkä seurauksena voi olla sähkökatkos. Kuiva lumi voi puolestaan mennä junan moottoreihin ja aiheuttaa ongelmia moottoreissa (445 dieseljunan korjaaminen maksoi noin £20 miljoonaa vuonna -91).

- Jää: Sähkökatkosten vaara (ilmajohtojen jäätyminen). Jääpuikot voivat olla vaaraksi esim. tunneleissa.
- Tuuli: Mikäli tuuli ylittää yli 34 solmun nopeuden, ilmajohdot voivat vaurioitua. Syksyisin keskimääräisesti myöhästymiset lisääntyvät 10 %:lla johtuen radan päällä olevista lehdistä.
- Sade: Kovat sateet voivat aiheuttaa maan vyörymiä ja mm. siltojen tuhoutumisia. Kovat ukkosmyrskyt puolestaan voivat rikkoa sähkökaapeleita ja aiheuttaa sähkökatkoja.
- Sumu: Sumu voi aiheuttaa henkilökunnan myöhästymistä töistä. Junan kuljettajalta voi jäädä myös jokin liikennemerkki havaitsematta sumun vuoksi.
- Kosteus: Junan moottorit eivät välttämättä käynnisty korkean kosteuden vuoksi. Toisaalta kuivalla ilmalla junan moottoreiden vesimäärää tulee tarkkailla, koska se laskee hyvin nopeasti.
- Ilmajohdon jäätyminen: Testi osoitti, että järjestelmä pystyi ennustamaan ”jäakelin” 85,6 % tapauksissa. Tuloksen vaikuttavuutta ei kuitenkaan arvioitu pitemmälle.
- Tuulenpuuskavaroitin: Systemin ansiosta junia voidaan varoittaa todellisista tuulenpuuskista. Aikaisemmin tuulista varoitettiin varmuuden varalta, jolloin junat joutuivat laskemaan nopeuksia turhaan (turhia viiveitä).

Weather sensitivity of rail transport

Tekijät: *Smith, K.*

Viitetiedot: 733 – *Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Artikkeli ei koskenut sää tiedon vaikutustutkimusta, vaan siinä tehtiin nykytilan analysointia liittyen siihen, miten talvi ja huonot säät yleensäkin vaikuttavat junien täsmällisyyteen ja onnettomuuksiin. Mutta koska kyseessä ei ollut mitenkään sää tiedon vaikuttavuuteen liittyvä tutkimus, artikkeli jätettiin pois tarkastelusta.

Vuonna 1987 lumi ja jää aiheuttivat Isossa-Britanniassa £10–20 miljoonan menetykset rautateille yhden viikon aikana. Talvella junien täsmällisyys oli 6–7 % huonompi kuin muina vuodenaikoina.

Vesiliikenne ja sää

An assessment of environmental data for a computerised ship weather routeing system

Tekijät: *Motte, R., Calvert, S., Wojdylak, H., Fazal R. & Epshteyn, M.*

Viitetiedot: *The Royal Meteorological Society: Vol. 1 No. 2 – June 1994*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Tutkimuksessa on selvitetty, miten eri aikaväleille tehdyt sääennusteet vaikuttavat laivan reittiin ja reitin valintaan. Optimaalista reittiä haettaessa vaikuttavina tekijöinä ovat aika, polttoaine sekä kertyvät kustannukset. Tiedetään, että säätiedot (ja muut ympäristötiedot) vaikuttavat reitityksen tarkkuuteen.

Reitityksessä käytetty tieto on jaettu seuraavasti:

- lyhyen aikavälin data (0–3 päivää tai $0 < x < 72$ tuntia)
- keskipitkän aikaväli data (3–10 päivää tai $72 < x < 240$ tuntia)
- pitkän aikavälin data (yli 10 päivää tai yli 240 tuntia).

Menetelmä

Tutkimus toteutettiin kesäkuukausina vuonna 1993.

Ennusteiden luotettavuutta arvioitiin vertaamalla ennusteita tehtyjen analyysien kanssa sekä vertaamalla ennusteita tehtyihin havaintoihin.

Arvioinnissa koettiin seuraavia riskejä/ongelmia:

- ”Pojuraporttien” määrä oli suht. alhainen (aaltotietoa), mikä rajoittaa mallin antamien ennusteiden ja todellisten tapahtumien vertailua.
- Havainnot perustuvat nopeisiin, yksittäisiin havaintoihin, kun taas mallin antamat tulokset ovat keskiarvoja.
- Inhimilliset virheet.
- Numeerisiin analyyseihin liittyy virheitä, koska ne perustuvat aikaisemmin tehtyihin lyhyen ajan ennusteisiin. Ennustedataan on lisätty vielä havaintodataa, jolloin datan luotettavuus kärsii entisestään.
- Vertailun luotettavuuden parantamiseksi tutkimuksessa on käytetty tiettyä mallia (?) analyysin teossa.

Tulokset

Tutkimuksen mukaan virheiden riski on suurempi, mikäli reititys perustuu lyhyen aikavälin dataan – entä jos se perustuisi keskipitkään tai pitkän aikavälin dataan? Tämä pätee erityisesti talvikuukausina. Virhettä voidaan pienentää käyttämällä vähintään keskipitkän aikavälin dataa. Toki virheitä voi esiintyä keskipitkän ja pitkän aikavälin datoissakin, mutta lyhyen aikavälin datan käytöllä on kuitenkin vielä suuremmat mahdollisuudet virheiden tekoon.

Artikkelista oli erittäin vaikea poimia konkreettista esimerkkiä siitä, miten matka-aika voi vaihdella eri aikavälin tietoja käytettäessä.

Lentoliikenne ja sää

Graphical Weather Information System Evaluation: Usability, Perceived Utility, and Preferences from General Aviation Pilots

Tekijät: *Latorella, A. K. & Chamberlain, P. J.*

Viitetiedot: *U.S. Government, Paper Number 2002-01-1521*

Saatavuustiedot: <http://techreports.larc.nasa.gov/ltrs/PDF/2002/mtg/NASA-2002-sae-kal.pdf>

Yleinen kuvaus

Julkaisussa kuvattiin graafisen säätietojärjestelmän käytön arviointia lentoliikenteen apuna ja nimenomaan pieniä lentokoneita koskien. Tällä hetkellä koneissa ei ole käytössä graafisia järjestelmiä, vaan sääennusteet saadaan lähinnä radioista. Tiedon saanti on siis hyvin rajoitettua. Suurissa koneissa on omia säänseurantajärjestelmiä, mutta ne puuttuvat pienkoneista. Tavoitteena on selvittää pääasiallisesti, vaikuttaako graafinen säätietojärjestelmä lentäjien päätöksentekokykyyn, sekä tuoda esiin järjestelmän kehittämiskohteita.

Menetelmä

Tutkimukseen valittiin 12 lentäjää paikallisista lentoyhtiöistä sekä mainostamalla tutkimuksesta. Tutkimukseen osallistuvien lentäjien oli täytynyt lentää tietty määrä, jotta he pystyivät osallistumaan. Osallistujista muodostettiin neljä kolmen hengen joukkuetta, jotka kukin koostuivat eri kokemustaustan omaavista lentäjistä.

Tutkimuksessa kukin osallistujista lensi kolme kertaa. Kullakin kerralla oli käytössä eri menetelmiä tuottaa säätietoa. Yksi kolmesta lentäjästä sai käyttää graafista järjestelmää, ja hän sai tietoa säätilasta myös kuulemalla siitä radion välityksellä. Yksi lentäjästä sai tiedon säätilasta ainoastaan kuulemalla siitä ja yksi kuulemalla sekä näkemällä säätilan ikkunasta.

Lentäjille tehtiin kyselyitä tutkimuksen eri vaiheissa: ennen sitä ja useampaan otteeseen sen aikana. Lisäksi pidettiin keskustelutilaisuus lentojen jälkeen. Eri kyselyiden sisällöstä on kerrottu tarkemmin julkaisussa. Niiden pääasiallinen tarkoitus oli selvittää lentäjien tietoisuutta säätilasta sekä päätöksistä, joita he tekivät saamansa tiedon pohjalta. Lentäjiä myös opastettiin käyttämään järjestelmää ennen lentoja.

Tuloksia analysoitiin myös t-testin avulla.

Tulokset

Samaista aihetta on tutkittu myös aiemmin. Tällöin tuloksena oli, että vaikka graafiset järjestelmät näyttivät lisäävän tietoisuutta säätilasta, ne eivät kuitenkaan vaikuttaneet merkittävästi lentäjien päätöksentekoon. Järjestelmän käyttö lisäsi myös hieman lentäjien työtä. Vaikka simuloinnin yhteydessä järjestelmän käyttö tuntui pelkästään positiiviselta kokemukselta, todellisuudessa se ei kuitenkaan parantanut merkittävästi päätöksentekoprosessia.

Tämän tutkimuksen tulokset olivat yleisesti ottaen positiivisempia verrattuna aiemmin tehtyihin tutkimuksiin. Lentäjät arvioivat graafisen järjestelmän käytön ja toimivuuden kohdullisen hyväksi kaiken kaikkiaan. Systeemiä oli helppo käyttää, mikä oli tärkeä seikka.

Julkaisuun on kerätty systeemin teknisestä arvioinnista paljon yksityiskohtaista tietoa, jota ei ole tarpeen tuoda mukaan tarkasteluun.

Lentäjistä muutamat ilmoittivat, etteivät he lentäisi enää ilman graafista järjestelmää. Järjestelmän avulla lentäjät tunsivat yleensä ottaen olonsa turvallisemmaksi lentäessään matalilla korkeuksilla sekä pilvissä näkyvyyden ollessa heikko. Lentäjät kuitenkin arvostelivat sitä, että järjestelmästä saatu tieto ei ollut aina kovinkaan reaaliaikaista, mikä vaikutti heidän päätöksentekokykyynsä.

Graafisen järjestelmän käyttö vaikuttaa myös siihen, miten muita säätietojärjestelmiä käytetään. Luonnollisesti muiden järjestelmien käytön tarve tällöin vähenee. Lentäjät ilmoittivat, että he luottavat järjestelmän antamaan tietoon etäisyyksistä, mutta luottavat kuitenkin näköhavaintoon, mitä tulee säätilan voimakkuuteen.

The Potential Role for Cloud-Scale Numerical Weather Prediction for Terminal Area Planning and Scheduling

Tekijät: *Treinish, L. A. & Praino, A. P.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: http://www.research.ibm.com/weather/IIPS_9.4.pdf

Yleinen kuvaus

Suuri määrä ilmailuteollisuuden toiminnoista, erityisesti terminaalitoiminnot, on herkkiä lyhyen aikavälin säämuutoksille (3–18 tuntia). Air Transportation Associationin mukaan sään aiheuttamista viivästymisistä aiheutuu lentoyhtiöille n. \$4,2 miljardin kustannukset, joista arvioilta \$1,3 mrd. olisi vältettävissä. Sääennusteiden laadun parannuksilla sekä reaaliaikaisuudella voitaisiin parantaa sekä turvallisuutta että tehokkuutta lentokentillä.

Julkaisussa on esitetty uudentyyppinen sääennustesysteemi (pilotti), jota verrataan käytössä oleviin muihin ennustesysteemeihin. Tutkimuskysymyksenä on, voidaanko turhia sääriippuvaisia myöhästymisiä välttää uudella systeemillä.

Menetelmä

Tutkimus on tehty vuosien 2002 ja 2003 mukaan. Ajanjaksolta on poimittu tutkimukseen mukaan ne päivät, jolloin sää on aiheuttanut USA:n lentokentillä (EWR, JFK ja LGA) paljon viivästymisiä. Sen jälkeen on tutkittu, minkälaisia sääennusteet ovat olleet kyseisille päiville. Lisäksi tutkimukseen on poimittu niitä päiviä, jolloin on ennustettu huonoa säätä, mutta huonot kelit eivät toteutuneetkaan. Tällöin lentoja on voitu siirtää turhaan.

Tulokset

Uusi pilottisysteemi ennusti sumun 15 tapauksessa 20:stä. Sumu on suurin viivästymisten aiheuttaja (19/20). Käytössä olevat systeemit ennustivat sumun ainoastaan 8 tapauksessa.

Säätietopalveluiden arvo ja hyöty

How to judge the quality and value of weather forecast products

Tekijät: *Thornes, J. E. & Stephenson, D. B.*

Viitetiedot: *Meteorol. Appl. 8, 307–314 (2001)*

Saatavuustiedot: <http://www.met.rdg.ac.uk/cag/publications/ma2001.pdf>

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on esitelty eri tilastollisia menetelmiä arvioida sääennusteiden laatua ja arvoa. Menetelmiä on esitelty laskemalla tilastollisia arvoja Ison-Britannian moottoritiepätkälle välillä Leeds ja Hull talven 1995–1996 tietojen pohjalta.

Yleensä ottaen ennusteisiin voi liittyä kahdentyyppisiä virheitä:

- Tyyppi 1: Ennustetaan, että esim. lämpötila ei laske alle 0 astetta, vaikka se oikeasti laskeekin.
- Tyyppi 2: Ennustetaan, että esim. lämpötila laskee alle 0 astetta, vaikka se ei oikeasti laskekaan.

Julkaisussa sääennusteen laatua arvioidaan kolmen tekijän avulla: luotettavuus, tarkkuus ja ammattitaito.

Menetelmä

Laskut perustuvat seuraavan taulukon tietoihin:

Ennusteen *luotettavuutta* arvioidaan ”mittaamalla” ennakkoluuloja/käsityksiä. Ennakkoluulot on laskettu seuraavalla kaavalla:

$$B = \frac{a + b}{a + c}$$

Kun $B = 1$, ennuste on täysin luotettava.

Tarkkuutta voidaan mitata useammalla eri tavalla. Miss Rate (M) kuvaa, kuinka paljon havaituista sääilmiöistä ei sisällynyt ennusteisiin. M saadaan kaavalla

$$M = \frac{c}{a + c}$$

M:n pitäisi olla mahdollisimman lähellä 0:aa.

Toinen *tarkkuutta* mittaava menetelmä False Alarm Rate (F) kuvaa niitä tapauksia, jolloin ennustettiin jonkin sääilmiön tapahtumista, vaikka se ei tapahtunutkaan:

$$F = \frac{b}{b + d}$$

Mitä pienempi F, sitä parempi.

Ammattitaitoa voidaan mitata Peirce Skill Scorella:

$$PSS = 1 - M - F$$

Mitä lähempänä arvo on 1:tä, sitä parempi.

Toinen *ammattitaitoa* mittaava menetelmä oli Odds Ratio (OR):

$$OR = \frac{ad}{bc}$$

Ennusteen arvo (V) perustuu kustannus/menetyk-suhteeseen (C/L). Arvoindeksi, joka ottaa huomioon virhetyypit 1 ja 2 sekä C/L-suhteen:

$$V = \frac{E(\text{without forecast}) - E(\text{forecast})}{E(\text{without forecast}) - E(\text{perfect})}$$

Indeksi on nolla, mikäli ennuste on täydellinen, ja 1, mikäli sääennuste ei ole sen parempi kuin aikaisempien vuosien keskiarvoihin perustuvat luvut.

Tulokset

- Luotettavuus B = 1,06 -> ennustetaan hieman ylivoimaisesti (tyypin 2 virhe)
- Tarkkuus M = 0,12; F = 0,14
- Ammattitaito: PSS = 0,74; OR = 45,9
- Arvo: V = 0,23

Julkaisussa laskettiin **kuvitteellisilla** arvoilla esimerkki, miten säätiedon tarkkuus näkyy ennusteen arvossa.

- Mikäli sääennusteet olisivat täydellisiä, syntyisi kustannuksia kaupungille £0,66 miljoonaa.
- Mikäli sääennusteet olisivat 87 % oikein, kulut olisivat £1,34 miljoonaa.
- Mikäli teitä suolattaisiin joka yö, kun olisi pienikin mahdollisuus jäätymiseen (ei ennusteita lainkaan), kuluja syntyisi £1,54 miljoonaa.
- Mikäli teitä ei suolattaisi koskaan, kuluja syntyisi £5,28 miljoonaa (onnettomuuskuluja).

Assessing the economic value of weather forecasts

Tekijät: *Murphy, A. H.*

Viitetiedot: *The Royal Meteorological Society: Vol. 1 No. 1 – March 1994*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Artikkelissa on käyty läpi sääennusteiden taloudellisen arvon määrittämiseen liittyvää problematiikkaa. Julkaisuun on listattu menetelmiä tehdä taloudellista arviointia. Julkaisussa viitataan usein Katzin ja Murphyn, 1994, kirjoittamaan kirjaan, josta saa tarkempia tietoja. Julkaisussa ei ole esitetty konkreettisia tuloksia lukuarvoina.

Menetelmä

Arviointimetodin valinta perustuu siihen, kuka on säätiedon käyttäjä. Usein käytettyjä menetelmiä ovat haastattelut ja kyselyt, joiden pohjalta tehdään kvantitatiivisia arvioita.

Käytetyt menetelmät voivat olla joko preskriptiivisiä (esim. metodologia, joka perustuu ylijäämään) tai deskriptiivisiä (esim. caset, haastatteluja ja kyselyitä). Lähestymistapoja voidaan käyttää sekä yksittäisen henkilön että suuremman ryhmän kohdalla. Useimmat tehdyt arvioinnit on tehty yksittäisen käyttäjän tasolla.

Tulokset

Julkaisussa mainittiin muutamia yksittäisiä tehtyjä tutkimuksia karkeine tuloksineen:

- Laven (1963) ja Babcockin (1990) tekemien tutkimusten mukaan sääennusteiden parantaminen ei lisännyt kuitenkaan tiedon arvoa.
- Brownin ja Murphyn (1987) tekemän tutkimuksen mukaan öljyteollisuus kokee sääennusteiden arvon positiivisena.
- Katzin ja Murphyn (1994) caset on esitelty tarkemmin.
- Sääennusteiden laadun ja arvon välinen yhteys on mielenkiintoinen. Tarkempi sääennuste ei välttämättä ole arvokkaampi.

Value of improved long-range weather information

Tekijät: *Adams, R. M., Bryant, K. J., Mccarl, B., Legler, D. M., O'Brien, J., Solow, A. & Weiher, R.*

Viitetiedot: *Contemporary Economic Policy; July 1995; 13, 3*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on määritetty pitkän aikavälin sääennusteiden (täydellisen ja parannetun) arvo Kaakkois-USA:n maataloudelle. Mukana tarkastelussa on kolme erityyppistä sääjaksoa: El Nino, El Viejo sekä normaali kausi. Kyseessä on arvonmääritystutkimus.

Menetelmä

Pitkän aikavälin sääennusteen arvon määrittämisessä on käytetty Bayesian päätösteoriaa. Arvo on määritetty mittaamalla oletettu taloudellisten hyötyjen kasvu, joka seuraa sääennusteita hyödyntämällä päätöksenteon tukena.

Arvonmääritys perustuu kolmeen vaiheeseen:

- Arvioidaan kunkin eri sääjakson keskilämpötilat Kaakkois-USA:n 13 alueen tietojen pohjalta. Tällöin nähdään, miten ilmasto vaihtelee eri sääjaksojen aikana. Aikajaksona on 1948–1987 ja data on peräisin Historical Climatology Networkista.
- Arvioidaan eri sääjaksojen vaikuttavuus satoon käyttämällä biofysikaalista simulointimallia.
- Satojen vaihtelut yhdistetään päätöksentekomalliin tarkoituksena määrittää ennusteiden arvo matemaattisen mallin avulla (tarkemmin julkaisussa). Ensinnäkin on arvioitu täydellisen sääennusteen arvo ja sitten ei-täydellisen, mutta parannetun sääennusteen arvo maataloudelle. Tällä hetkellä ennusteen on arvioitu olevan 0,6 todennäköisyydellä

oikein. Jälkimmäisissä arvioinneissa sääennusteen oletetaan olevan 0,8 todennäköisyydellä oikein.

Tulokset

Täydellisen pitkän aikavälin sääennusteen arvo Kaakkois-USA:n maataloudelle on \$265 miljoonaa vuodessa ja ei-täydellisen, mutta 33 % parannetun sääennusteen arvo \$130 miljoonaa vuodessa. Arvot perustuvat vuoden 1990 dollarin kurssiin. Voidaan siis sanoa, että sääennusteen tarkkuuden lisäämisellä on taloudellisia seurauksia.

Edellä olevat arvot perustuvat oletukseen, että maatilat ovat mukana "Farm Program Provisionissa" (ei selitetty tarkemmin, mitä se oikeastaan tarkoittaa). Mikäli maatila ei ole mukana ohjelmassa (free market), täydellisen sääennusteen arvo on \$144,5 miljoonaa ja ei-täydellisen, mutta 33 % paremman ennusteen arvo on \$96 miljoonaa.

The economic value of meteorology

Tekijät: *Beysson, J.*

Viitetiedot: *World Meteorological Organization Bull. (1997) 46 (3), 237–241*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on pohdittu yleisluontoisesti sääennusteiden ja -palveluiden taloudellista merkitystä eri aloilla.

Menetelmä

Julkaisussa ei ole käytetty mitään erityistä arviointimenetelmää, vaan julkaisu keskittyy tuomaan esiin yksittäisiä tutkimustuloksia ilman tulosten taustojen kertomista. Julkaisussa on korostettu sitä, että sääpalvelun arvon määrittämisessä tulee huomioida erityisesti myös palvelusta aiheutuvat korkeat kustannukset.

Tulokset

Julkaisussa esiin tuotuja tuloksia:

- Brittiläisen tutkimuksen mukaan sääennusteiden arvo on noin £540 miljoonaa vuodessa.
- Ranskan sääpalvelun (Meteo-France) kaupalliset tulot vuonna -96 olivat 210 milj. Ranskan frangia.
- USA:n sääpalvelu on tehnyt arvion, että vuonna 2005 lyhyen tähtäimen sääennusteet ja varoitukset hyödyttävät kansaa 7 miljardia US-dollaria.
- Isossa-Britanniassa tehdyn tutkimuksen mukaan meteorologisten varoitusten arvoksi on määritetty £150 miljoonaa vuodessa.

Economic issues relating to meteorological services provision

Tekijät: *Gunasekera, D.*

Viitetiedot: *BMRC Research Report 102*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Raportissa on neljä erillistä artikkelia, joista yksi (toinen) koskee Evaserveä eniten ja on otettu ainoastaan käsittelyyn. Julkaisussa on kuvattu eri menetelmiä määrittellä säätiedon arvoa. *Kyseessä on arvonmäärittystutkimus.* Julkaisussa korostettiin, että vaikutusarvioita voidaan käyttää arvonmäärittämisessä apuna, mutta todellista arvoa ei voida kuitenkaan määrittää pelkästään niiden avulla.

Arvon määrittäystä voidaan tehdä seuraaviin menetelmiin pohjautuen:

- markkinoihin perustuva lähtökohta
- normatiivinen tai preskriptiivinen (ohjaileva) päätöksentekomalli (säätieto osana päätöksentekoprosessia)
- deskriptiivinen käyttäytymiseen perustuva malli (säätieto osana päätöksentekoprosessia)
- kontingentti arvonmäärittäysmalli (lähinnä julkisten säätietojen arvon määrittämiseen)
- ”conjoint”-analyysi (käytetty erityisesti liikennetutkimuksessa; apuna surveyt)
- ”economy-wide”-analyysi (käytetään arvioimaan säätietoa huomioiden tiedon positiiviset ja negatiiviset vaikutukset).

Tarkemmat kuvaukset menetelmistä esitetään julkaisussa (jätetty tästä pois, koska kyseessä ei siis vaikutustutkimus). Julkaisussa on käsitelty viisi casea, joissa säätiedolle on määritetty arvo edellä olevien menetelmien avulla.

Menetelmä

Case 1: Casessa on arvioitu parantuneen sääennusteen arvo Kaakkois-Amerikan maataloudelle. Menetelmänä on käytetty normatiivista tai preskriptiivistä metodologiaa. Sääennusteen arvo on määritetty mittaamalla taloudellisen hyödyn lisääntyminen säätiedon käyttämisestä osana päätöksentekoa. Data on peräisin 13 eri Kaakkois-USA:n seudulta. Ilmastotietoa on kerätty vuosilta 1948–1987.

Case 2: Casessa on arvioitu parantuneen sääennusteen arvo Yhdysvaltojen maataloudelle. Menetelmänä on käytetty normatiivista tai preskriptiivistä metodologiaa. Arvio on tehty pohjautuen vuosien 1947–1986 tietoihin.

Case 3: Casessa selvitettiin julkisen sääpalvelun taloudellisia hyötyjä Australiassa, Sydneyssä. Menetelmänä on käytetty kontingenttia arvonmäärittäysmallia tekemällä puhelinhaastatteluja 524 sattumanvaraiselle taloudelle (+ pilottikysely 30 taloudelle). Kyselyn tavoitteena oli selvittää mm. sosioekonomisia asioita, mielipiteitä julkisen sääpalvelun laadusta sekä ihmisten halukkuus maksaa säätietopalvelusta. Analyysissä käytettiin myös tilastollisia menetelmiä (ei tarkemmin määritelty).

Case 4: Casen tavoitteena oli mitata meteorologisen palvelun marginaaliset hyödyt. Kohteenä olivat Kanadan Ontarion talouksien hyödyntämät julkiset sääpalvelut. Menetelmänä on käytetty kontingenttia arvonmäärittäysmallia sekä ”conjoint”-analyysiä tekemällä postitse

lähetettävä kysely 1500:lle sattumanvaraisesti valitulle taloudelle, joista 64 % vastasi kyselyyn. Ihmisiltä kysyttiin, miten ja miksi he käyttivät säätietopalveluita.

Case 5: Casen tarkoituksena on ollut auttaa määrittämään niitä hyötyjä, joita USA:n taloudet kokevat julkisen säätiedon parannuksesta. Tutkimuksessa selvitettiin säätietopalvelutarpeita, kuinka säätietoja käytetään sekä mm. mitä taloudet määrittävät säätiedon arvoksi. Tutkimuksessa on tehty kyselytutkimus, johon osallistui 381 henkeä yhdeksästä Yhdysvaltojen kaupungista. Jokaiselle kyselyyn vastanneelle maksettiin \$40. Lisäksi tehtiin henkilökohtaisia haastatteluita sekä kyselytyökaluun liittyvä pilottitutkimus.

Tulokset

Case 1: Täydellisen sääennustepalvelun arvoksi Kaakkois-USA:ssa on määritelty \$145 miljoonaa. Parantamalla sääennusteen tarkkuutta 33 % voidaan lisätä säätiedon arvoa \$130 miljoonaa vuosittain.

Case 2: Arvioitu kohtuullisen sääennusteen arvo Yhdysvaltojen maataloudelle on noin \$240 miljoonaa ja korkeatasoisen sääennusteen arvo noin \$266 miljoonaa.

Case 3: 5/8 vastanneista ilmoitti, ettei ole valmis maksamaan säätietopalvelusta mitään. Nämä henkilöt olivat yleensä vanhempia ihmisiä tai niitä, jotka eivät palvelua tarvinneet. Keskimääräinen arvo sääpalvelulle (valmius maksaa palvelusta) oli \$2 Australian dollaria kuukaudessa tai \$24 Australian dollaria vuodessa.

Case 4: Ontarion alueella (4 milj. asukasta) sääpalveluiden arvoksi määritettiin \$1,26 miljardia vuodessa. 2–5 päivän ennusteiden arvoksi määritettiin \$684 miljoonaa vuodessa ja 4–5 päivän ennusteiden arvoksi \$8 miljoonaa vuodessa.

Case 5: Vastajaat arvostivat yhden päivän sääennusteita eniten. Arvioitiin, että taloudet ovat valmiita maksamaan n. \$16 vuodessa, mikäli sääennusteiden laatu on parasta mahdollista. Päivittäisen sääennusteen laadun parantamisesta aiheutuvaksi kansalliseksi hyödyksi on arvioitu \$1,73 miljardia vuodessa. Yli 86 % vastaajista ilmoitti, että he ovat valmiita maksamaan vähintään \$10 taloutta kohden sääpalvelusta ja 80 % arvioi sääennusteiden arvoksi vähintään \$32 taloutta kohti (ei sanottu missä ajassa, mutta ilmeisesti vuotta kohti). Kaiken kaikkiaan hyöty-kustannussuhteeksi on saatu 4,4 (benefit-cost ratio of 4,4 to 1).

Economic benefits of meteorological services

Tekijät: *Freebairn, J. W. & Zillman, J. W.*

Viitetiedot: *Meteorological Applications (2002), 9: 33–44 Cambridge University Press*

Published Online 26 Mar 2002

Saatavuustiedot:

[http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=9&issueId=01# \[abstract\]](http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=9&issueId=01# [abstract])

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on tehty yleiskatsaus olemassa oleviin menetelmiin arvioida säätietopalveluiden taloudellisia hyötyjä. Läpikäytyjä menetelmiä ovat markkinahinta, normatiivinen ja preskriptiivinen (ohjaileva) päätöksentekomalli, kuvaileva käyttäytymiseen perustuva menetelmä sekä kontingentit arvonmäärittämenetelmät.

Julkaisussa ei esitetä caseja vaan kuvataan pelkästään menetelmiä, joten julkaisu on hyödyllinen Evaserven kannalta.

Markkinahinta

Markkinahintaa voidaan käyttää marginaalisten hyötyjen mittarina niille, jotka sääpalvelua käyttävät. Markkinahinnan soveltamista sääpalveluiden taloudellisten hyötyjen mittaamisessa kuitenkin rajoittaa se, että palvelu on yleensä julkisten tahojen tarjoamaa. Markkinahinnan käytön etuna kuitenkin on se, että markkinahinta paljastaa avoimesti palvelun antaman arvon sekä sen, kuinka paljon ihmiset ovat valmiita maksamaan palvelusta. Markkinahinnan käytön huonona puolena kuitenkin on se, että sen käyttö on rajattua julkisten palveluiden arvon määrittämisessä.

Normatiivinen ja preskriptiivinen päätöksentekomalli

Yleisimmin käytetty menetelmä taloudellisen hyödyn arvioimisessa on normatiivinen ja preskriptiivinen päätöksentekomalli. Ajatuksena on, että säätiöiden taloudellista arvoa määritetään sen pohjalta, miten tiedon pohjalta voidaan tehdä päätöksiä, ja sen pohjalta, miten nämä päätökset vaikuttavat taloudellisesti. Yleensä päätöksentekomallia ovat soveltaneet yksittäiset päätöksentekijät. Kustannus/menetyks-mallien ja Bayesian sääntöjen käytöt ovat yleisiä. Mallien käytössä on olennaista, että käytetyt mallit ovat realistisia.

Kuvaileva käyttäytymiseen perustuva malli

Normatiivinen ja preskriptiivinen malli ei aina toimi, koska se ei huomioi niinkään sitä, että ihminen ei aina käyttäydy optimaalisen mallin mukaan. Kuvailevassa käyttäytymiseen perustuvassa mallissa myös ihmisen käyttäytyminen huomioidaan päätöksentekoprosessissa, joten tätä mallia voidaan pitää hieman realistisempänä kuin preskriptiivistä mallia. Regressiomallia käytetään usein apuna käyttäytymiseen perustuvassa mallissa.

Kontingentit arvonmäärittämenetelmät

Menetelmässä palvelun käyttäjiltä tiedustellaan heidän halukkuuttaan maksaa säätietopalvelusta. Kysymys esitetään sattumanvaraisesti valitulle ryhmälle ja kysymykset esitetään puhelimitse, postitse tai suoraan kysymällä. Haastattelussa luodaan keinotekoinen tilanne, jossa haastateltavalle esitetään kuvitteellinen tilanne ja pyydetään arvioimaan, mitä hän olisi kyseisessä tilanteessa valmis maksamaan palvelusta. Menetelmän ongelmiana on se, että vastaajat eivät aina oikeasti tiedä, mitä he olisivat valmiita maksamaan palvelusta, jolloin vastausten luotettavuus kärsii.

Benefits of meteorological services: evidence from recent research in Australia

Tekijät: *Anaman, K. A., Lellyett, S. C., Drake, L., Leigh, R. J., Henderson-Sellers, A., Noar, P. F., Sullivan, P. J. & Thampapillai, D. J.*

Viitetiedot: *Meteorological Applications (1998), 5: 103–115 Cambridge University Press doi:10.1017/S1350482798000668. Published Online 08 Sep 2000*

Saatavuustiedot:

<http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeld=5&issuelid=02#>

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on esitetty seitsemän erillistä Australiassa tehtyä casea, joissa on arvioitu säätietopalveluita taloudellisuuden ja yhteiskunnallisuuden kannalta (paino kuitenkin taloudellisessa arvioinnissa). Caset, niissä käytetyt metodit sekä tulokset on esitetty tiiviisti.

Menetelmä(t)

Case: Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida Sydneyn alueella tarjottavaa julkista säätietopalvelua ja palvelun taloudellista arvoa tekemällä kysely alueen 524 kotitaloudelle (valittiin sattumanvaraisesti). Käyttämällä kontingenttia menetelmää kyselyyn osallistuneita pyydettiin määrittämään suurin summa, jonka he olisivat valmiita maksamaan palvelusta. Lisäksi kyselyssä selvitettiin säätietopalvelun laatua. Kysely tehtiin puhelinhaastatteluna tammi-helmikuussa 1996.

Case: Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida parannetun Cottonfieldsin (New South Wales ja Queensland) säätietopalvelua ja sen taloudellisia vaikutuksia puuvillatiloille. Haastattelut valittiin satunnaisesti. Palvelu tarjoaa tiettyä maksua vastaan viimeisintä säätietietoa, joka on julkista tietoa paljon yksityiskohtaisempaa. Arviointi perustui numeeriseen arviointiin, jolla arvioitiin tärkeimpiä laadullisia tekijöitä, jotka vaikuttavat päätöksentekoon (kuten ymmärrettävyys, tarkkuus ja käytettävyys). Kyselyhetkellä 51 % vastaajista käytti palvelua.

Case: Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten tarkemmilla sääennusteilla voidaan vähentää turhan polttoaineen käyttöä ja siten säästää kustannuksissa. Mikäli ennusteiden mukaan pääteasemalla on huono keli, polttoainetta tankataan enemmän kuin silloin, jos keli olisi ennusteen mukaan hyvä. Arviointi perustuu cost-loss-suhteen analysointiin Qantasin lentoyhtiölle.

Case: Tutkimus kohdistui samaan lentoyhtiöön kuin edellinen case, Qantasiin. Tavoitteena oli tehdä ekonometrinen analyysi siitä, kuinka sääennusteet vaikuttavat yhtiön operatiivisiin kustannuksiin. Tutkimuksessa käytettiin dataa vuosilta 1971–1994. Polttoainekulut olivat tarkkailun kohteena.

Case: Tutkimuksessa arvioitiin julkisen sääpalvelun käyttöä ja etuja kaivosteollisuudelle Queenslandissa. 85 kaivosyhtiölle lähetettiin postitse kysely maaliskuun 1996 ja syyskuun 1996 välisenä aikana. Vastauksia saapui 67 kpl eli vastausprosentti oli 79 %. Tutkimuksessa selvitettiin, kuinka paljon sääennusteet laskivat rahallisia menetyksiä kaivoksilla, sekä kontingenttia menetelmää käyttämällä, kuinka paljon kaivoyritysten johtajat olivat valmiita maksamaan enimmillään sääpalvelusta.

Case: Tutkimuksessa selvitettiin, miten hirmumyrskyt ja niiden varoitukset vaikuttavat Australian hotellien tuloihin. Data on peräisin vuosilta 1986–1993.

Case: Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Australiassa käytössä olevien pyörremyrskyvaroitimien taloudellinen arvo kansalle. Asiaa selvitettiin tekemällä kysely kotitalouksille Brisbanen, Mackayn ja Townsvillen alueilla (ei tarkemmin, kuinka monelle). Menetelmänä on käytetty kontingenttia menetelmää. Tutkimuksessa on selvitetty, 1) kuinka paljon ihmiset ovat valmiita maksamaan varoituspalvelusta (willing to pay WTP) sekä 2) mikä on se rahamäärä, jonka ihmiset hyväksyvät ollakseen ilman pyörremyrskyjen varoitussjärjestelmää (willing to accept WTA).

Tulokset

Case: Vastajaat (kotitaloudet) olivat valmiita maksamaan säätietopalvelusta keskimäärin 24 Australian dollaria vuodessa (tai 2 Australian dollaria kuukaudessa). Kuitenkin 62,5 % vastaajista ilmoitti, että ei ole valmis maksamaan palvelusta mitään. Kotitaloudet, jotka työskentelivät rakennusallalla, osoittautuivat olevan suurin ryhmä, joka käyttää palvelua hyödyksi liiketoiminnan kannalta. Hyöty-kustannussuhde olisi noin 4.

Case: Vastajaat olivat halukkaita maksamaan palvelusta (kuivakauden aikana) 223 Australian dollaria. Sadekauden aikana vastajaat olivat valmiita maksamaan palvelusta 260 Australian dollaria vuodessa. Nämä molemmat arviot ovat korkeampia kuin palvelun tarjoamisesta aiheutuvat kulut (A\$ 190). Keskimääräinen vuosittainen bruttohöydy olisi yksistään puuvillantuottajille noin A\$397 150. Hyöty-kustannussuhde puuvillantuottajille olisi 12,6.

Case: Jopa 1 % tarkkuuden parantuminen sääennusteissa vaikuttaisi yli A\$1,2 miljoonaa vuodessa kansainvälisille lentoreiteille vuoden 1993 mukaan. Palvelun arvo kokonaisuudessaan Qantasin lentoyhtiölle (vuonna 1993) ja sen kansainvälisille reiteille olisi noin A\$6,86 ja kotimaan lennot mukaan lukien A\$16 miljoonaa. Yhteiskunnallisia hyötyjä (eitäloudellisia) arvioitiin määrittämällä matkustajien aikasäästöjä. Hyöty-kustannussuhde olisi noin 2,7.

Case: Vuoden 1985 jälkeen lentokoneissa ei tarvinnut enää kuljettaa ylimääräistä polttoöljyä, mikäli se oli sääennusteiden mukaan mahdollista. Tämän ansiosta lentoyhtiöt säästivät A\$27–42 miljoonaa vuosittain. Polttoöljyn kulutuksen väheneminen näkyi lisäksi hiilidioksidipäästöjen vähentymisenä (vuodessa 304 820 tonnia vähemmän hiilidioksidipäästöjä ilmastoon). Hyöty-kustannussuhteeksi Qantasin lentoyhtiölle on arvioitu 1,8–2,8.

Case: Kaivosyhtiöt olivat valmiita maksamaan palvelusta keskimäärin A\$5346 vuodessa. Ne korostivat palvelun laadun ja yleisyyden (frekvenssi) merkitystä. Palvelun hyöty-kustannussuhteeksi kaivosteollisuuden kannalta laskettiin 17,4.

Case: Tutkimuksissa oli selkeästi nähtävillä, että myrskyillä ja varoituksilla oli selkeä yhteys hotellien tuloihin (n. A\$3 miljoonaa vuodessa). Loppujen lopuksi nimenomaan varoitusten aiheuttamat taloudelliset menetykset olivat kuitenkin suhteellisen pieniä. Casesta oli kirjoitettu artikkeliin hyvin lyhyesti, eikä tarkempia tuloksia ollut mainittu.

Case: Noin 56 % vastaajista ilmoitti, että ei ole valmis maksamaan palvelusta mitään. Keskimääräinen WTP silloin, kun näin 56 % on pois luettu, Brisbanen alueella oli A\$32 ja

muilla alueilla A\$52. Vielä suurempi määrä vastaajia oli sitä mieltä, että ei ole olemassa mitään rahamäärää, jonka he hyväksyisivät ollakseen ilman varoitusjärjestelmää. Ihmiset ajattelivat, että heillä on oikeus tulla varoitetuksi ja että on myös hallituksen tehtävä tarjota tämä palvelu ilmaiseksi. Keskimääräinen WTA oli A\$200. WTP:n mukaan hyötykustannussuhteeksi arvioitiin 10 ja WTA:n mukaan jopa 66.

Budget-Cutting and the Value of Weather Services

Tekijät: *Doswell, C. A. III & Brooks, H. E.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: http://www.cimms.ou.edu/~doswell/NWS_value/value2.html

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on tutkittu säätietopalvelun arvoa ja sen määrittämistä kvantitatiivisesti. Julkaisussa ei kuitenkaan esitellä selkeää kaavaa, miten arvo voidaan laskea, mutta julkaisu tuo esille muutamia tapoja tehdä arvioita case-esimerkkien avulla. Arvon määrittäminen on tärkeää perusteltaessa säätietopalveluiden rahoituksen saantia ja jatkuvuutta.

Menetelmä

Julkaisussa esiteltiin muuttujia, jotka pitäisi ottaa huomioon arvoa määritettäessä. Tiedon tarkkuuden ja arvon välillä on suuri ero, kun puhutaan säätietopalveluista. Vaikeaksi tarkkuuden ja arvon välisen yhteyden määrittämisen tekee kustannus/menetyksen (C/L) -suhteen määrittäminen. Mikäli esim. maanviljelijä päättää suojata kasvinsa pakkaselta sääennusteiden mukaan, hänelle syntyy päätöksestä kustannuksia. Mikäli sääennusteen tarkkuus on huono ja sääennuste ei pitänyt paikkansa, oli kasvien suojaaminen turhaa, jolloin maanviljelijälle syntyy vielä menetyksiä. Jokaiselle säätietiedon käyttäjälle voidaan määrittää C/L-suhde, joka vaihtelee eri tiedon käyttäjien kesken. Julkaisussa ei kuitenkaan jatkjalosteta enempää C/L-suhteen käyttöä.

Arvon määrittäminen on vaikea perustaa puhtaasti teoreettisiin näkökohtiin, joten tulee kehittää empiirinen pohja arvon muodostamiselle. Huomattava on, että arvoa ei voida määrittää säätietiedon tuomien tulojen kautta, vaan arvon määrittäminen tulisi perustua kustannusten ja menetysten määrittämiseen, myös siinä tapauksessa, jolloin säätietopalvelua ei ole.

Vuonna 1992 Chapman¹ teki kyselyn, jossa hän on kysynyt, mitä ihmiset ovat valmiita maksamaan säätietopalvelusta. Arvoksi hän sai 35,50 \$ vuodessa.

Arvon määrittämiseen tarvitaan kvantitatiivista tietoa puutteellisten tai epätarkkojen sääennusteiden negatiivisista vaikutuksista – kustannusten ja menetysten kirjaaminen puutteellisten ja epätarkkojen sääennusteiden yhteydessä on tärkeää.

¹ Chapman, R. E., 1992: Benefit-cost analysis for the modernization and associated restructuring of the National Weather Service. U. S. Department of Commerce, NOAA/National Weather Service, 1325 East-West Highway, Silver Spring, MD 20910, 118 p.

Seuraavassa esimerkkejä arvon määrytyksestä:

a) Vaikutusten arviointi: Leigh (1995) on arvioinut lentokentillä tehtyjen sääennusteiden vaikutuksia lentoyhtiöihin. Terminaalien antamien säätietojen pohjalta tehdään päätöksiä, kuinka paljon lentokoneita tankataan. Esim. huonolla säällä on mahdollisuus joutua laskeutumaan reitin ulkopuoliselle kentälle. Julkaisussa ei esitellä tarkemmin, miten laskelmat on oikeastaan tehty.

b) Ennen- ja jälkeen-arviointi: Säätietopalvelun arvoa voitaisiin lisäksi arvioida ennen- ja jälkeen-menetelmällä eli laskemalla syntyviä kuluja ennen palvelun olemassaoloa sekä sen jälkeen.

Julkaisussa on tutkittu säätietopalveluiden vaikutusta puuvillatuotantoon.

c) Puuttuvan ennusteen tilanne: Yhtenä tapana arvioida säätietopalvelun arvoa oli tutkia vaikutuksia siinä tapauksessa, kun palvelu puuttuu. Julkaisussa ei ollut kuitenkaan konkreettista esimerkkiä menetelmästä.

Tulokset

Edellä olevissa case-tapauksissa syntyi seuraavanlaisia tuloksia (ainoastaan kahdessa ensimmäisessä kohdassa mainittiin konkreettisia esimerkkejä):

a) Kannattavuus: Leigh arvioi, että terminaalin sääpalvelun käytön arvo yhdelle lentoyhtiölle on n. 7 miljoonaa Australian dollaria. Lisäksi hän arvioi, että mikäli säätietopalvelujen tarkkuus paransi 1 %, sen arvo lentoyhtiölle olisi yli 1 miljoonaa Australian dollaria.

b) Kannattavuus: Tutkimuksessa tehdyn kyselyn mukaan säätietopalvelu on laskenut puuvillatuotannon tuotantokustannuksia 1 %, joka vastaa noin 400 000:ta Australian dollaria.

Using willingness-to-pay to assess the economic value of weather forecasts for multiple commercial sectors

Tekijät: *Rollins, K. S. & Shaykewich, J.*

Viitetiedot: *Meteorological Applications, Volume 10, Issue 01, maaliskuu 2003, pp. 31–38*

Saatavuustiedot:

<http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=10&issueId=01>

Yleinen kuvaus

Artikkelissa kuvattiin säätiedon arvon määrytystä kysyntään pohjautuvalla menetelmällä, jossa säätiedon arvo määrytettiin selvittämällä ihmisten halukkuus maksaa säätiedosta. Säätietoa välitetään puhelinpalvelun avulla Torontossa, Kanadassa. Järjestelmän nimi on Automated Telephone Answering Device (ATAD). Tutkimuskentekohetkellä ihmiset saattoivat soittaa ilmaiseksi palveluun.

Tutkimukseen on otettu mukaan seuraavia kaupallisia sektoreita: rakentaminen, maise-masuunnittelu, TV ja filmitoiminta, vapaa-aika ja urheilu, maatalous, hotelli sekä instituutioita (kuten kouluja ja sairaaloita).

Tutkimuksessa selvitettiin ATAD:n arvo kaupallisille käyttäjille ja se, miten arvostus poikkeaa eri ryhmien välillä. Lisäksi tutkittiin, miten eri hinnat vaikuttaisivat palvelun käyttöön.

Arviolta 55 miljoonaa puhelinsoittoa tehdään yhteensä vuoden aikana palveluun, ja 25 % niistä tulee kaupallisilta sektoreilta.

Menetelmä

Arvon määrittäminen perustuu palvelun kysyntään, mikä on vähän käytetty tapa. Yleensä arvon määrittäminen perustuu kustannusten arviointiin. Menetelmässä oletetaan, että vastaajat tietävät, kuinka paljon he ovat valmiita maksamaan tiedosta.

Arvon määrittämisessä on käytetty kontingenttia arvonmäärittäystä, joka on kysyntään pohjautuva menetelmä.

Kyselylomakkeen tekemiseksi tehtiin ennakkotutkimus, jossa haastateltiin vapaaehtoisia (ei sanottu, kuinka montaa) ja pyydettiin arvioimaan kysymyksiä. Kommenttien pohjalta lomaketta parannettiin. Varsinaisen haastattelun toteutti puhelinhaastatteluita tekevä yritys, joka pyysi 1300:aa palveluun soittanutta osallistumaan haastatteluun. Haastatteluun osallistui 1117 soittajaa (vastausprosentti 85 %).

Tulosten luotettavuutta arvioitiin t-testien avulla.

Tutkimuksessa on myös arvioitu, kuinka moni nykyinen soittaja lopettaisi palvelun käytön sen muututtua maksulliseksi. Arviointi pohjautui haastattelulomakkeessa esitettyyn kysymykseen.

Tulokset

Haastattelun tuloksena saatiin, että keskimäärin ihmiset olivat valmiita maksamaan tiedosta \$1,20. Sektorikohtaisia tietoja taulukossa.

Sektori	Määrä (n)	t-testi	Halu maksaa palvelusta keskim. (\$)
Kokonaisuudessaan	1117	-1248,4082	1,20
Instituutiot	44	-30,7816	0,60
Hotelli	48	-43,6111	0,60
Rakentaminen	199	-221,0267	1,17
Maisemasuunnittelu	116	-135,6974	1,23
Vapaa-aika ja urheilu	95	-96,2366	1,38
TV ja filmi	72	-89,7667	1,59
Maatalous	86	-1113,2737	2,17

Mikäli arvioidaan, että kaupallisten tahojen tekemiä puhelinsoittoja olisi vuodessa 13 750 000, tämä tarkoittaisi \$16 500 000 vuodessa palveluntuottajalle.

Haastatteluiden mukaan palvelun käyttäjien määrä laskisi noin 40 %, mikäli palvelusta perittäisiin maksua \$1,00–2,00.

The role of social and economic components in the work of a national meteorological service in the mid-latitudes – exemplified by the tasks of the Deutscher Wetterdienst

Tekijät: *Kurz, M. & Frömming, D.*

Viitetiedot: 733 – *Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Julkaisuun on kerätty esimerkkejä siitä, kuinka sääpalvelut vaikuttavat taloudellisesti eri toimialoilla. Julkaisu ei kohdistu mihinkään tiettyyn tutkimukseen, vaan puhuu alussa yleislaajuisesti taloudellisen arvonmäärityksen merkityksestä, jonka jälkeen on esimerkein kuvattu eri toimialojen taloudellisia hyötyjä sääpalvelusta.

Menetelmä

Ei menetelmäkuvausta eikä selvitystä käytetyistä aineistoista.

Tulokset

Deutscher Wetterdienstin (Saksan sääpalvelu) tarjoamien palveluiden taloudellinen hyöty vuosittain on 1300 miljoonaa Saksan markkaa.

Joka vuosi Saksan satamissa aiheutuu tuhoa 180 miljoonan Saksan markan edestä. On arvioitu, että myrskyvaroitussysteemillä voitaisiin vähentää tuhoja 1–5 %, joka vastaa 1,8–9 miljoonaa Saksan markkaa.

On arvioitu, että jos pystyttäisiin välttämään 1 % meriliikenneonnettomuuksista meteorologisten raporttien avulla, sen arvo olisi 480 miljoonaa Saksan markkaa.

Viiden sään aiheuttaman viivästymisen välttäminen Saksan rautateillä vastaisi noin 5 miljoonan Saksan markan säästöjä. Lisäksi työvoiman parempi optimointi säätietojen pohjalta johtaisi 3 miljoonan Saksan markan säästöihin.

Meteorologisten sääpalveluiden avulla voitaisiin maantiliikenteessä säästää 30 miljoonaa Saksan markkaa.

Muut tietopalvelut sekä kannattavuus- ja arvoanalyysit

Evaluation of personal mobile traveller and traffic information service

Tekijät: *Lumiaho, A., Scholliers, J., Viitanen, P. & Ojala, T.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Konferenssijulkaisussa on esitetty PROMISE-hankkeessa (EU-hanke) arvioitua matkustajan tietopalvelua (ATIS Advanced Traveller Information Services) sen teknisiltä ominaisuuksilta sekä käyttäjien hyväksymisen, taloudellisten ja yhteiskunnallisten vaikutusten kannalta. PROMISE-palvelua tarjotaan kannettavan, autoon sisään asennetun laitteen välityksellä, tässä tapauksessa kännykkä.

Julkaisu keskittyy lähinnä metodin kuvaukseen, koska julkaisun kirjoituksen aikaan tarkempia tuloksia ei ollut vielä saatu kattavasti.

Menetelmä

PROMISE-palvelun arviointi on tehty kahdessa vaiheessa eri testiympäristöissä (Suomi, Ruotsi, Yhdistynyt kuningaskunta, Hollanti, Ranska ja Saksa). Ensimmäisenä vaiheena on varmistusvaihe (verification), jossa arvioidaan käyttäjien hyväksyntää sekä testataan palvelun ja laitteiston käytettävyyttä. Varmistusvaihe kesti elokuusta 1997 maaliskuuhun 1998. Tämän jälkeen palvelu demonstroitiin, mikä päättyi elokuussa 1998.

Testin käyttäjäryhmä koostui vapaaehtoisista työmatkalaisista, opiskelijoista, vanhemmista ihmisistä, liikuntaesteisistä, kuuroista, toimittajista ja Nokia 9000i -kommunikaattorin omistajista.

Teknistä toimivuutta arvioitiin arvoa lisäävien palvelun tuottajien (value-added service provider) "loggausdatan" perusteella (käyttöaika, paikannustieto...).

Käyttäjien hyväksyntää on arvioitu ryhmäkeskusteluiden sekä kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten käyttäjäkyselyiden avulla.

Taloudellisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia (willingness to pay, matka-ajan lyhentyminen, matkustuskäyttäytymisen muuttuminen...) on arvioitu kvalitatiivisilla ryhmäkeskusteluilla sekä kvalitatiivisten ja kvantitatiivisten kyselyiden perusteella.

Tulokset

Tulokset eivät ole vielä täysin valmiita, mutta alustavien arviointien mukaan (Suomi, Ranska ja Ruotsi) käyttäjät ovat kohtuullisen tyytyväisiä palveluun. He pitivät palvelussa erityisesti siitä, että sen antama tieto oli tarkkaa. Negatiiviseksi sen sijaan koettiin palvelun hitaus johtuen Internet-yhteyksistä.

Pääteiden parantamisratkaisut: Telematiikan sovellukset uusilla tietyypeillä

Tekijät: *Halme, K.*

Viitetiedot: *Tiehallinnon selvityksiä 38/2001*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää tieliikenteen telematiikan käyttömahdollisuuksia liikenteen hallinnan ja liikennetiedotuksen apuvälineenä pääteiden uusien poikkileikkausratkaisujen yhteydessä. Tutkimuksen pääpaino on ollut selvittää tarkasteltavien tietyyppien (yksiajorataisia: perinteinen kaksikaistainen, ohituskaistatie, keskikaiteellinen ohituskaistatie ja leveäkaistainen tie; kaksiajorataisia: kapea nelikaistainen tie keskikaiteella varustettuna) ongelmatilanteita sekä antaa suosituksia telemaattisten ratkaisuiden käytöstä kyseisillä teillä. Kutakin tietyyppiä on lisäksi arvioitu seuraavilta osin:

- kannattavuuslaskelma
- vaikutusten analyysi
- hankkeen toteutettavuus.

Raportissa on esitelty vaikutusten arviointimenetelmistä ”Liikennetelematiikkahankkeiden arviointiohjeita” sekä ”Ohjeita nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnissa” ja näihin liittyen telematiikkahankkeiden arviointikehikkoa, vaikutusindikaattoreita, yhteiskuntataloudellisia analyysejä, muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioimista sekä simulointia ja mallinnusta vaikutusten tulkinnaissa.

Menetelmä

Raportissa on kuvattu kukin tietyyppi erikseen ja kullekin niistä on tehty kannattavuuslaskelmia eri telematiikkaratkaisuille. Ajoneuvokustannusten säästöt ja ylläpitokustannukset on diskontattu tarkastelujakson alkuun. Keskimääräinen pitoaika on ollut 10 vuotta ja diskonttauskorko 5 %. Kustannustieto on pohjautunut ”Liikenteen hallinta tienpidon tuotteenä” -selvitykseen ja Tiehallinnon intranetissä olevaan liikenteen hallinnan toimintokortistoon sekä asiantuntijoiden arvioihin investointi- ja ylläpitokustannuksista.

Hyöty-kustannussuhde on laskettu seuraavasti:

Investoinnin tuottavuudelle lasketaan hyöty-kustannussuhde [HK].

$$HK = \frac{(AK - YK)}{IK}$$

jossa

- HK = hyöty-kustannussuhde
- AK = ajokustannusten säästöt (yhteensä tarkastelujakson alussa)
- IK = investointikustannus
- YK = ylläpitokustannukset (yhteensä tarkastelujakson alussa)

Tulokset

Kullekin tietyypille on tehty laskelmia eri telematiikkalaskelmiin liittyen. Koska julkaisussa oli kuvattu kaikkiaan neljälle eri tiepätkälle tehtyjä laskelmia hyvin laajasti, tähän tarkaste-

luun on otettu mukaan ainoastaan yhden tiepätkän kaikki tulokset liittyen kannattavuuslaskelmiin.

Seuraavassa siis kannattavuuslukuja kaksiajorataisen tien, VT 6, Lappeenranta–Imatratäällä (taulukot 7–13).

Taulukko 7. *Hirvivaroitussjärjestelmän rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma*

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Varoitusmerkit	0,2	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-0
Tiedonsiirto	0,1	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	450 000
Tunnistimet	0,3	Ylläpitokustannukset / 10 v	200 000
		Jäännösarvo	30 000
YHTEENSÄ	0,6		H/K 0,5

Taulukko 8. *Tieosan Muukko - Vesivalo muuttuvien nopeusrajoitusten rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma.*

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Varoitusmerkit	0,9	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-6 000 000
Tiedonsiirto	2,1	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	6 900 000
Sääasemat	0,3	Ylläpitokustannukset / 10 v	2 000 000
LAM- pisteet	0,2	Jäännösarvo	300 000
Infotaulut	1,8		
YHTEENSÄ	5,3		H/K Negatiivinen

Taulukko 9. *Muuttuvat nopeusrajoitukset Muukon tasoliittymässä, rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma.*

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Liikennemerkkit	0,07	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-500 000
Tiedonsiirto	0,02	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	230 000
Ilmaisimet	0,06	Ylläpitokustannukset / 10 v	80 000
		Jäännösarvo	10 000
YHTEENSÄ	0,15		H/K Negatiivinen

Taulukko 10. *Muuttuvat nopeusrajoitukset Saimaan kanavan sillalla, rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma.*

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Liikennemerkkit	0,06	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-50 000
Tiedonsiirto	0,01	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	150 000
Ilmaisimet	0,08	Ylläpitokustannukset / 10 v	80 000
		Jäännösarvo	10 000
YHTEENSÄ	0,15		H / K 0,20

Taulukko 11. *Vaarasta varoittaminen Saimaan kanavan sillalla, rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma.*

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Varoitusmerkit	0,14	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-0
Tiedonsiirto	0,01	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	110 000
Ilmaisimet	0,08	Ylläpitokustannukset / 10 v	115 000
		Jäännösarvo	10 000
YHTEENSÄ	0,23		H / K 0,02

Taulukko 12. Muuttuvat nopeusrajoitukset tieosalla, rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma.

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Rajoitusmerkit	1,85	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-3 550 000
Tiedonsiirto	2,35	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	6 950 000
Sääasemat	0,4	Ylläpitokustannukset / 10 v	1 400 000
		Jäännösarvo	230 000
YHTEENSÄ	4,6	H / K	0,45

Taulukko 13. Kelistä varoittaminen tieosalla, rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Varoitusmerkit	0,7	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	-250 000
Tiedonsiirto	0,05	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	700 000
Ilmaisimet	0,2	Ylläpitokustannukset / 10 v	540 000
		Jäännösarvo	50 000
YHTEENSÄ	0,95	H / K	Negatiivinen

Kaikki neljä casea ja niiden eri telematiikkaratkaisut huomioiden ainoastaan yhden ratkaisun H/K oli >1 eli kannattava. Kyseessä oli kaksikaistainen tie, VT 4, välillä Haurukylä–Haaransilta.

Taulukko 17. Muuttuvat nopeusrajoitukset tieosalla, rakentamiskustannukset ja kannattavuuslaskelma

KUSTANNUKSET	Mmk	SÄÄSTÖT	Mk
Rajoitusmerkit	0,42	Aika- ja ajoneuvokustannussäästö	480 000
Tiedonsiirto	0,55	Onnettomuuskustannussäästö/ 10v.	1 100 000
Sääasemat	0,1	Ylläpitokustannukset / 10 v	330 000
		Jäännösarvo	50 000
YHTEENSÄ	1,07	H / K	1,2

Kaikkia caseja koskien julkaisussa päädyttiin seuraaviin yleisiin johtopäätöksiin: Vaikutusten arvioinnissa ja ennen kaikkea investointilaskelmissa on monia epävarmuustekijöitä. Tienkäyttäjille tuotettavaa palvelua on usein vaikea arvottaa ja eduista on vaikea tehdä tarkkoja yhteiskuntataloudellisia laskelmia.

Usein telematiikkahankkeiden hyöty-kustannussuhde jää kannattamattomaksi pienten tai negatiivisten aika- ja ajoneuvokustannusten vuoksi. Myös ylläpitokustannukset ovat muuttuvana tekijänä. Vuotuiset kustannukset voivat vaihdella jopa 3...20 %:iin rakentamiskustannuksista.

Profitability comparison between ITS investments and traditional investments in infrastructure

Tekijät: *Leviäkangas, P. & Lähesmaa, J.*

Viitetiedot: *Tetra-raportti B24/99*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Raportissa on esitelty telematiikkainvestointien ja perinteisten tieinvestointien välisiä eroja neljän casen avulla, joista kaksi koskee perinteistä tieinvestointia ja kaksi telematiikkainvestointia:

1: Liittymäalue valtatie 6:lla Lappeenrannan lähellä

1a: Uuden eritasoliittymän rakentaminen

1b: Uuden liikenteen ohjausjärjestelmän rakentaminen (muuttuvat nopeus- ja viestinäytöt)

2: Tieosuus valtatie 6:lla Lappeenrannan ja Imatran välillä

2a: Nykyisen tielinjan laajennus

2b: Muuttuvan nopeusnäyttöjärjestelmän rakentaminen

Menetelmä

Investointien kannattavuutta on arvioitu neljällä tavalla: hyöty-kustannusanalyysillä (BCA), hyöty-kustannusanalyysillä, jossa on huomioitu eri tapausten taloudellinen elinikä arvioimalla riskejä, laskemalla optioarvot sekä monikriteerianalyysillä, jonka avulla on laskettu muiden tekijöiden (riskien) vaikutus kannattavuuteen.

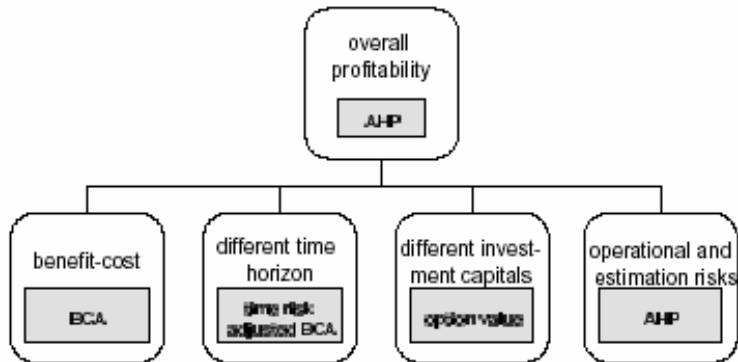


Figure 13. Methods used for the case comparisons.

Raportissa käytetty data on peräisin aikaisemmin tehdyistä tutkimuksista: Lähesmaa et al. (1998) sekä Tiehallinnon tekemistä tutkimuksista.

Tulokset

Perinteinen BCA

Table 8. Major cost drivers influencing profitability.

Case	Benefit-cost ratio	Major cost drivers
1a. New interchange	1.5	About 80% of savings from time and vehicle costs. Accident costs account for 20% of savings.
1b. Variable speed and info signs at intersection	-0.4	Both time and vehicle costs increase, which makes investment unprofitable. Accident savings have a compensating value that covers about 50% of the loss.
2a. Widened highway	1.5	Time costs account for about 85% of total savings. The share of accident savings is about 5% of the total savings.
2b. Variable speed limits on the highway	-0.8	Both time and vehicle costs increase, which makes investment unprofitable. Accident savings have a compensating value that covers about 20% of the loss.

Telematiikkainvestointien BCA on negatiivinen, koska ne laskevat keskinopeuksia ja niillä on vaikutusta yhteiskuntataloudellisiin kustannuksiin.

BCA + ajan vaikutus (riskit)

Arviointimenetelmällä ei ollut kovinkaan merkittävää vaikutusta/muutosta perinteiseen BCA-menetelmän tuloksiin nähden.

Optioarvo

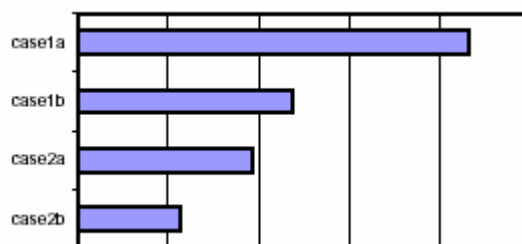
Optioarvon laskeminen vaikutti telematiikkainvestointien hyöty-kustannussuhteeseen hyvin merkittävästi.

Table 11. Benefit-cost ratios with extra option benefits.

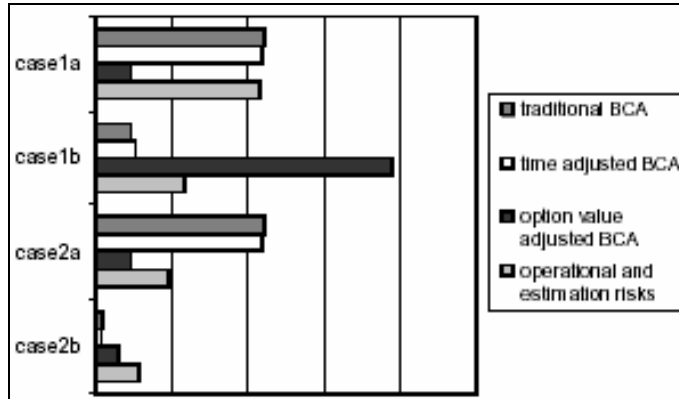
Case	Benefit-cost ratio without option benefit (6%, 10 a)	Benefit-cost ratio with option benefit added (6%, 10 a)
1b	-0.4	12.3
2b	-0.8	1.0

Monikriteerianalyysi (toiminnalliset riskit sekä epävarmuudet)

Viisi Tiehällinon asiantuntijaa arvioi caseihin liittyviä toiminnallisia riskejä ja epävarmuuksia. Asiantuntijat määrittivät tapausten tärkeysjärjestyksen parivertailun avulla. Tuloksena seuraavaa:



Eri menetelmin saatuja tuloksia on verrattu analyttisen hierarkiaprosessin (AHP) avulla. AHP:n avulla on rankattu, laitettu tärkeysjärjestykseen eri tapaukset eri menetelmillä saattujen tulosten perusteella.



Havaittavissa on, että telematiikkainvestoinnit arvioitiin tärkeydeltään huonommiksi kuin perinteiset tieinvestoinnit johtuen huonoista hyöty-kustannussuhteista, mutta tilanne oli kuitenkin toinen optioarvon huomioimisen jälkeen.

Telematiikkahankkeiden arvioinnissa pelkän perinteisen hyöty-kustannuslaskelman teko ei siis kerro aivan koko totuutta. Eri investointeja voidaan vertailla paremmin, mikäli mukaan otetaan BCA:n lisäksi myös monikriteerianalyysiä ja optioarvon laskemista.

Ohjeet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnista

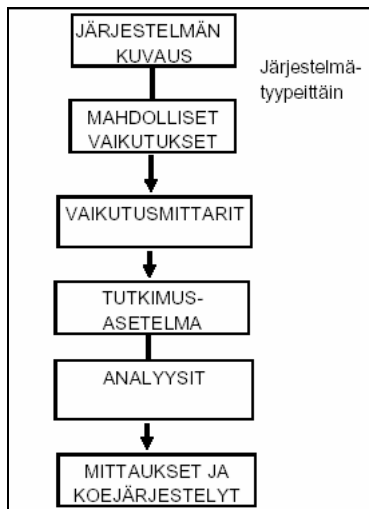
Tekijät: *Kulmala, R. & Rämä, P.*

Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 41/1998*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Arviointiohjeissa on tarkasteltu viidentyyppisiä muuttuvia nopeusrajoitusjärjestelmiä. Järjestelmätyypit olivat sään ja kelin mukaan ohjatut, nopeuksien harmonisointiin tähtäävät, häiriöiden hallintaan liittyvät, liittymistä helpottavat ja pistemäisten erityiskohteiden järjestelmät.



Kustakin järjestelmästä on esitetty järjestelmien vaikutushypoteesit eli mahdolliset vaikutukset. Hypoteesit tulee kuitenkin tarkistaa ohjeiden mukaan ja muotoilla uudestaan siten, että ne vastaavat tarkastelun kohteena olevaa järjestelmää.

Ohjeissa on esitetty tärkeimmät vaikutusmittarit eri hypoteesien tarkistamista varten.

Tärkeä osa vaikutusarviointia on tutkimusasetelman suunnittelu. Hyvä tutkimussuunnitelma antaa mahdollisuuden sille, että kaikkien muiden mittaustuloksiin oleellisesti vaikuttavien tekijöiden vaikutukset pystytään erottelamaan järjestelmän vaikutuksista. Minimivaatimus tutkimusasetelmalle on nelikenttä.

Taulukko 3. Perusasetelma muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten tutkimiseen.

	Ennen	Jälkeen 1 (väittömät vaikutukset)	Jälkeen 2 (pysyvät vaikutukset)
Vertailutulosuus			
Koetulosuus			
Koetulosuuden jatkeet			
Vaihtoehtoiset reitit koetulosuudelle			

Vaikutuksia tulisi testata vähintään keskiarvojen vertailutestillä (t-testi) ja X2-testillä. Tilastollisen merkitsevyyden testaus on keino lisätä objektiivisuutta tutkimuksessa.

Ohjeissa on annettu suosituksia siitä, mitä mittaustapoja ja mittareita kunkin järjestelmätyypin vaikutusten selvittämiseen tulisi/voisi käyttää.

Sään ja kelin mukaan ohjatut rajoitukset:

- onnettomuusvaikutuksia ajonopeuksissa havaittujen muutosten perusteella; liikenteen automaattiset mittausasemat
- matka-aikojen muutokset; liikenteen automaattiset mittauspisteet, rekisteritunnistusmenetelmä ja kelluvan auton menetelmä
- järjestelmän uskottavuus ja hyväksyttävyyys; tienvarsihaastattelu

Nopeuksien harmonisointi:

- liikennevirran tasaantuminen; kelluvan auton menetelmä instrumentoidulla autolla ja liikenteen automaattisten mittausasemien avulla

Häiriöiden hallinta:

- tien varsilla olevien TV-kameroiden välityksellä
- liikenteen häiriöalttiuden mittaaminen; liikenteen automaattisten mittausasemien käyttö
- liikennevirran tasaantumisen ja matka-aikojen muutosten selvittäminen; kelluvan auton menetelmä
- järjestelmän uskottavuus ja hyväksyttävyyys; tienvarsihaastattelu

Liittymisen helpottaminen:

- tienvarsimittaukset, joissa tarkkaillaan autoilijoiden käyttäytymistä liittymässä ja rekisteröidään paikan päällä erilaiset ongelma- ja vaaratilanteet; kuvanauhoitus
- liikennemäärät ja ajonopeudet; automaattinen laskin

- järjestelmän toimivuus, kuljettajien tarkkaavaisuuden suuntaaminen ja liittymisen helppous; tienvarsihaastattelut

Pistemäiset kohteet:

- tienvarsimittaukset
- nopeudet; tutka
- järjestelmän toimivuus ja kuljettajan tarkkaavaisuuden suuntautuminen; tienvarsihaastattelut
- koejärjestelyt: mittauspisteiden sijoittelun ei tule vinouttaa havaintoja, niiden tulee olla paikallisesti edustavia ja sijoittelun tulee mm. olla mittausten suorittamisen kannalta onnistunut. Mittausten ei tule vaikuttaa tienkäyttäjien käyttäytymiseen.

Otoksen koko:

Taulukko 6. Muuttujien ja niiden luokkien määrän vaikutus otoksen kokoon kun tavoitteena on saada jokaiseen taulukon ruutuun vähintään 5 tapausta.

		Muuttujien luokkien määrä		
		2	3	4
Muuttujien määrä taulukkoa kohden	1	10	15	20
	2	20	45	80
	3	40	135	320
	4	80	405	1280

Otoksen edustavuus ei kovin paljon parane havaintojen määrän ylittäessä tietyn rajan.

Assessment of Finnra's traffic information services – survey questionnaires and instructions

Tekijät: *Penttinen, M., Rämä, P. & Harjula, V.*

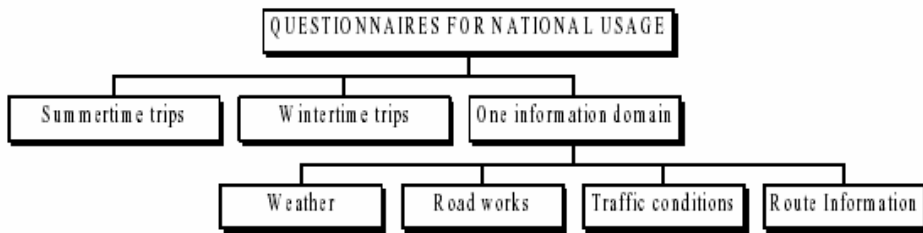
Viitetiedot: *Finnra's internal publications 40/1998*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Työssä on laadittu arviointikehikko Tiehallinnon käyttöön. Arviointikehikon avulla Tiehallinto voi arvioida tien käyttäjien tyytyväisyyttä liikenteen tietopalveluihin liittyen. Arviointikehikko pitää sisällään metodeja, kyselylomakkeita sekä ohjeita arvioinnin avuksi. Työkalu sisältää kolme erillistä ryhmää: 1) kyselylomake kansalliseen käyttöön, 2) kyselylomake paikalliseen käyttöön ja 3) lyhyitä haastatteluita koskien liikenteen tietotarpeita. Kysymykset on tarkoitettu kuljettajille. Kysymykset koskevat olemassa olevaa liikennetietoa, mielipiteitä, mieltymyksiä olemassa olevaan tietoon liittyen sekä tietotarpeita. Haastatteluiden pohjalta liikenteen tietopalveluita voidaan edelleen kehittää. Kullekin haastattelulle on lisäksi määriteltä suositeltu ajankohta toteutukseen.

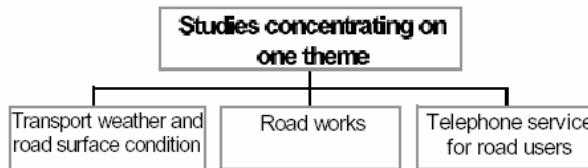
Kyselylomake kansalliseen käyttöön: Kyselylomakkeet sopivat n. puolen tunnin puhelinkaastatteluihin ja kyselyn voi tehdä noin neljän viiden vuoden välein. Käytössä on kuusi erilaista lomaketta kansallista käyttöä ajatellen (kuva). Haastatteluilla selvitetään kuljettajien tyytyväisyyttä palveluihin.



Kyselylomake paikalliseen käyttöön: Kyselylomakkeet sopivat n. 15 minuutin puhelinhaastatteluihin ja kyselyn voi tehdä noin joka toinen tai kolmas vuosi tai tarpeen mukaan. Käytössä on neljä erilaista lomaketta paikallista käyttöä ajatellen (kuva).



Kyselylomakkeita lyhyitä haastatteluita koskien: Kaksi haastattelua on suunniteltu tutkimaan liikenteen tietopalveluiden tarpeita ja käyttöä erityisiä matkoja sekä matkantekoaikajankohtia (kuten hiihtolomat) ajatellen. Yksi kyselylomake on tarkoitettu tutkimaan kuljettajien tyytyväisyyttä palvelupuhelimeen.



Raportissa on lisäksi kuvattu, miten määrittää sopiva haastattelun otos, tilanteeseen juuri sopiva metodi (kysely, haastattelu jne.) sekä eri testejä, joilla voidaan arvioida tulosten tilastollista merkittävyyttä (t-testi, varianssin analyysi...).

Ajonopeuden turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi

Tekijät: *Ranta, S. & Kallberg, V.-P.*

Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 2/1996*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Raportin alkuun on koottu yhteenvetoa maailmalla tehdyistä tutkimuksista, jotka liittyvät ajonopeuksien ja onnettomuuksien väliseen riippuvuuteen. Sen jälkeen tehtyjen tutkimusten perusteella on laskettu, miten nopeusrajoitusmuutos vaikuttaa keskinopeuteen ja sitä kautta onnettomuuksiin. Raportissa on lisäksi määritetty nopeusrajoituksen muuttamisen vaikutus onnettomuuskustannuksiin.

Raporttiin on myös kerätty eri tutkimusmenetelmiä, joita on käytetty ajonopeuksien tutkimuksissa yleensä ottaen.

Menetelmä

Tutkimusaineisto koostuu 65 nopeusrajoitusmuutoksesta vuosilta 1967–1992. Muutokset jakaantuvat 13 maahan siten, että valtaosa tutkimuksista on tehty Pohjoismaissa ja Yhdysvalloissa. Aineistoa on kerätty tutkimuksen alussa samalla periaatteella kuin Evaser vessäkin: käyty läpi eri tietokantoja, joista karsittu oman tutkimuksen kannalta tärkeitä tutkimuksia.

Nopeusrajoitusmuutosten vaikutusta keskinopeuteen on tutkittu kokoamalla yhteen aikaisempia tutkimuksia ja tekemällä niistä johtopäätöksiä. Eli tutkimuksessa ei ole itsessään käytetty mitään menetelmää aineiston kokoamisessa. Eri tutkimustulosten perusteella on laadittu lineaarinen suora kuvaamaan nopeusrajoituksen ja keskinopeuden muutoksen keskinäistä yhteyttä.

Tutkimuksessa on haettu parhaat mahdolliset tavat luoda yhteys keskinopeuden muutoksen ja onnettomuuksien välille laatimalla tutkimusaineistoa hyväksikäyttäen regressiomalleja, lineaarisovituksia ja tekemällä poikkileikkaustarkasteluja heva- ja kuolemaan johtaville onnettomuuksille. Koska lineaarimalli ei sellaisenaan ole palautuva (eli samansuuruisen edestakaisen muutoksen vaikutus on nolla), tutkimuksessa päädyttiin etsimään erillisten regressiosuorien ja koko aineiston regressiosuoran väliä kuvaajaa, jolla olisi palautuva ominaisuus.

Nopeusrajoitusten vaikutusta keskinopeuteen ja edelleen onnettomuuksiin on tutkittu myös meta-analyysin avulla käyttäen samaa aineistoa kuin aikaisemmin mainittu. Meta-analyysin teosta tarkemmin itse raportissa.

Nopeusrajoituksen muuttamisen vaikutus onnettomuuskustannuksiin: Laskelmissa on oletettu, että nopeusrajoituksen muuttaminen 20 km/h vaikuttaa keskinopeuteen 4 km/h. 80 km/h teiden keskinopeutena käytetään 81 km/h ja kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osuudeksi kaikista heva-onnettomuuksista oletetaan 10 %. Onnettomuuksien keskimääräisinä kustannuksina on käytetty seuraavia (Tielaitos 1995):

- kuolemaan johtanut onnettomuus 9,1 milj. mk (kuollut 7,8 milj. mk)
- vammautumiseen johtanut onnettomuus 0,17 milj. mk
- henkilövahinkoon johtanut onnettomuus 0,9 milj. mk.

Laskelmissa on ensin laskettu, kuinka paljon nopeusrajoituksen muuttaminen vaikuttaa onnettomuuksien lukumäärään. Tämän jälkeen on laskettu onnettomuuskustannukset ennen ja jälkeen tilanteen ja näiden lukujen erotus nopeusrajoituksen muutoksen vaikutuksesta kustannuksiin.

Käytännössä arvioitaessa nopeusrajoituksen muuttamisen vaikutusta onnettomuuskustannuksiin päästään lähelle todellisia vaikutuksia, kun arvioidaan pelkästään, kuinka paljon kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrä muuttuu.

Tulokset

Nopeusrajoitusten muuttaminen 20 km/h vaikutti liikenteen keskinopeuteen tyypillisesti 4–8 km/h (kaikki raporttiin sisällytetyt tutkimuksen mukaan lukien). Suomessa nopeusrajoituksen muuttaminen 20 km/h on muuttanut keskinopeutta tyypillisesti 3–4 km/h.

Mallien mukaan keskinopeuden aleneminen 1 km/h vähentää onnettomuuksia keskimäärin 2,5 % ja keskinopeuden kasvu 1 km/h lisää niitä 3,7 %. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien muutos on heva-onnettomuuksien muutokseen verrattuna noin kaksinkertainen.

Liikenteen keskinopeuden kasvu lisää kuolemaan johtavia onnettomuuksia noin kaksi kertaa niin paljon kuin heva-onnettomuuksia.

Nopeusrajoitusten nostaminen 80 km:stä/h 100 km:iin/h lisää Suomen heva-onnettomuuksia noin 13 %, kuolemaan johtavien onnettomuuksien määrää noin 27 % ja onnettomuuskustannuksia noin 31 %. Rajoituksen laskeminen vastaavasti vaikuttaa samassa järjestyksessä -12 %, -21 % ja -23 %. Vaikutukset perustuvat arvioon, että nopeusrajoituksen muuttaminen 20 km/h muuttaa liikenteen keskinopeutta 4 km/h. Raportissa on esitetty taulukko sivulla 68, jossa on lisää esimerkkejä nopeuden muutoksen vaikutuksista onnettomuuksiin.

Meta-analyysillä saatuja tuloksia: Nopeusrajoitusten nostaminen lisäsi kuolleiden määrää keskimäärin 29–30 % ja rajoituksen laskeminen vähensi sitä 10–49 % (sisältää erisuuruisia nopeusrajoitusmuutoksia). Tutkimuksessa tehtiin myös erillinen meta-analyysi pääteillä toteutetuille keskeisille nopeusrajoitusmuutoksille ja tulokseksi saatiin, että rajoituksen alentaminen 20 km/h vähensi vakavuudeltaan erilaisia onnettomuuksia keskimäärin 7–13 %, rajoituksen korottaminen 20 km/h lisäsi niitä 20–27 % ja rajoituksen korottaminen 16 km/h lisäsi niitä 16–30 %.

Nopeusrajoituksen muuttamisen vaikutus henkilövahinko- ja kuolemaan johtaneisiin onnettomuuksiin sekä onnettomuuskustannuksiin (taulukko):

Nopeusraj. (km/h)	Heva-onnettomuuksien muutos (%)	Kuolemaan johtaneiden onn. muutos (%)	Onnettomuuskus- tannusten muutos
80, perustilanne	–	–	–
90	6,3	12,6	14,2
100	13,4	26,8	30,9
70	-5,9	-11,2	-12,1
60	-11,8	-21,1	-22,8

Tieliikennetiedotus. Esiselvitys

Tekijät: Rämä, P., Kummala, J., Schirokoff, A. & Hiljanen, H.

Viitetiedot: FITS-julkaisuja 21/2003

Saatavuustiedot:

http://www.vtt.fi/rte/projects/fits/julkaisut/hanke2/fits21_030409_final1.pdf

Yleinen kuvaus

Raportissa on kuvattu, minkälaista tieliikenteen tiedotustoiminta nykyisellään on, mitä tiedetään toiminnan vaikuttavuudesta ja hyödyllisyydestä ja miten tiedotusta pitäisi kehittää. Työssä on tehty haastattelututkimus, jonka tarkoituksena on ollut saada kuvaus toimijoista (ei käsitellä tässä katsauksessa). Yhtenä julkaisun tavoitteena on ollut myös arvioida tiedotuksen vaikuttavuutta, johon myös tässä katsauksessa keskitytään.

(EU:n tutkimushanke GADGET [VAA ym. 1999] on tehnyt laajan kartoituksen tiedotuksen vaikuttavuustutkimuksista. Sisältää 35 tiedotuksen arvioinnin onnettomuusmääriin meta-analyyseinä.)

Menetelmä

Omaisuuksien vahingot: Onnettomuuksien määrän arvioimiseksi tarkasteltiin kolmen talvikauden (1998–1999, 1999–2000 ja 2000–2001) kokonaisonnettomuusmääriä. Tarkastelut perustuvat Liikennevakuutusyhdistyksen tilastoihin. Kolmena talvikautena tapahtui keskimäärin 217 onnettomuutta, ja mikäli kohonneen riskin päivät ja piikkipäivät rajattiin pois, onnettomuuksia oli keskimäärin 181 päivässä. Raportissa on laskettu arvio, että talvikausina huonosta kelistä tai säästä aiheutuu omaisuusvahinko-onnettomuuksia 5700 kpl (40 % maaseudulla ja taajamassa sekä 20 % heijastusvaikutusta).

Henkilövahinko-onnettomuudet: Tarkasteluajanjakso 1.11.2000–31.3.2001 (151 päivää). Heva-onnettomuuksia päätieverkossa tarkastelukautena 636 kpl (keskimäärin 3–4 päivässä), jolloin arvioitiin, että talvikaudella tapahtuu n. 100 huonosta kelistä aiheutuvaa heva-onnettomuutta. Heva-onnettomuuksia seutu- ja yhdysteillä tarkastelukautena 582 kpl (keskimäärin 3–4 päivässä), jolloin arvioitiin, että talvikaudella tapahtuu n. 60 huonosta kelistä aiheutuvaa heva-onnettomuutta.

Tiehallinto on määritellyt vuonna 2000 onnettomuuksien yksikkökustannuksia seuraavasti:

- omaisuusvahinko-onnettomuus 16 807 euroa
- heva-onnettomuus 386 555 euroa.

Tutkimuksessa haastateltiin neljää kotimaista pääkaupunkiseudun kuljetusyritystä tavoitteena selvittää liikennetiedotuksen käyttömahdollisuuksia. Jokaisessa haastattelussa oli 2 yrityksen edustajaa.

Tulokset

Ajantasaisten viestien on todettu alentavan keskinopeutta noin 2 km/h. Ja jos oletetaan, että tällöin myös onnettomuuteen johtaneiden kuljettajien keskinopeus olisi ollut 2 km/h pienempi, onnettomuuksia olisi tapahtunut 5 % vähemmän (heva-onnettomuuksia 8 % vähemmän). Lisäksi heijastusvaikutusten (varsinaisen kohteen ulkopuolisia vaikutuksia) arvioitiin vähentävän heva-onnettomuuksia 5 % ja 3 % omaisuusvahinko-onnettomuuksia.

Ajantasaisella tiedottamisella saavutettava laskennallinen omaisuusvahinkojen kustannussäästö on noin 1,5 milj. euroa ja heva-onnettomuuksien noin 4,3 milj. euroa.

Häiriötiedottaminen: ETSC:n (1999) tekemän tutkimuksen mukaan häiriötiedotusjärjestelmien onnettomuusvaikutusarvot vaihtelevat +9 %:sta -35 %:iin. Järjestelmien hyötykustannussuhteeksi on arvioitu yli 5 ruuhkatuvilla, häiriöalttiilla verkoilla USA:ssa. Perret ja Stevens (1996) arvioivat onnettomuusmäärien vähenevän järjestelmän ansiosta noin 5 %. Kaupunkiympäristössä järjestelmän arvioidaan lieventävän liikennekuolemista 2 % vakaviksi loukkaantumisiksi ja vakavista loukkaantumisista 2 %:n arvioidaan lievenevän lieviksi onnettomuuksiksi. Hyöty-kustannussuhteeksi Isossa-Britanniassa on arvioitu 1,7–3,8. Häiriöiden aiheuttamaksi vuotuiseksi aikakustannukseksi on arvioitu 6,8 milj. euroa. Ajantasaisella häiriötiedottamisella voitaisiin laskea Suomen maanteillä häiriöistä aiheutuvia vuotuisia kustannuksia noin 1,2 milj. euroa.

Kuljetusyrityksille tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että kolme neljästä arvioi, että ajantasainen liikennetieto tehostaisi kuljetusten suunnittelua ja toimintaa.

NAVI-hankkeessa (Anttila ym. 2001b) on selvitetty palvelun maksuhalukkuutta. Tutkimuksessa on selvinnyt, että 66–91 % haastatelluista oli valmis maksamaan tärkeäksi määrittelemistään palveluista. Harvat olivat valmiita maksamaan yli 5 mk (0,84 euroa) käyttökerralta, tavallisimpia määriä olivat 2–5 mk (0,34–0,84 euroa) tai 1–2 mk (0,17–0,34 euroa). Alle 26-vuotiaat olivat useammin innokkaita maksamaan palveluista ja yli 55-vuotiaat kaikista harvimmin.

Internet-Based Information Services on Road Traffic

Tekijät: *Okazaki, K. & Oba, T.*

Viitetiedot: *Paper presented at the 7th World Congress on Intelligent Transport Systems, 6–9 November 2000, Turin, Italy*

Saatavuustiedot:

Yleinen kuvaus

Julkaisussa on arvioitu maantielikenteen Internet-pohjaista tietopalvelua Japanissa. Palvelusta saa tietoa mm. liikenneonnettomuuksista, sademääristä sekä maantien pinnan statuksesta. Tiedot päivittyvät 15 minuutin välein. Tavoitteena on ollut arvioida palvelua käyttäjien näkökulmasta.

Menetelmä

Tutkimus on suoritettu tammikuun 2000 ja maaliskuun 2001 välillä. Arvioinnit perustuivat ohjelman kirjautumisiin (access logs) sekä tehtyyn kyselyyn (301 vastaajaa).

Palveluun kirjaututtiin tutkimuksen aikana 10 774 kertaa (n. 207 per päivä). Arkipäivisin palveluun loggaututtiin useammin kuin viikonloppuisin. Myös huonojen kelien aikaan sekä ruuhka-aikoina kirjautumisia oli enemmän.

Luotettavuutta tutkittaessa käytettiin myös ennen-jälkeen-asetelmaa kyselyn tulosten analysoinnissa.

Tulokset

Tutkimuksessa saatiin seuraavia tuloksia käyttäjätarpeisiin liittyen:

- Tärkeimmät syyt käyttää palvelua olivat reitin tarkistus (33 % vastaajista) sekä maantien kunnan tarkistus (31 %).
- Kartta-dataa pidettiin hyödyllisimpänä tietona (70 % vastaajista).
- 94 % vastaajista ilmoitti haluavansa käyttää palvelua uudelleen.

Kysyttäessä, miten systeemiä voitaisiin kehittää, tärkeimmiksi kohdiksi nousivat seuraavat: suurempi informaation määrä (47,7 %) sekä nopea vastaus (34,3 %). Käyttäjät halusivat tietoa enimmäkseen ruuhkiin, parkkipaikkoihin, etäisyyksiin sekä ajan käyttöön liittyen.

Teknisiin ominaisuuksiin liittyen:

- 93 % vastaajista ilmoitti, että palvelu oli ymmärrettävässä muodossa. Kritiikkiä kuitenkin sai mm. kartan koko (35 %).

Luotettavuuteen liittyen:

- Ennen matkantekoa 47 % vastaajista uskoi, että palvelun käyttö lyhentäisi matkan tekoa. Matkan jälkeen 83 % uskoi, että matka oli todellakin lyhyempi palvelun ansiosta.

Liite B:

Tässä tutkimuksessa tehdyn kirjallisuusselvityksen julkaisuluettelo

Julkaisun nimen mukaan aakkosjärjestyksessä. ☺ = Julkaisu valittu tarkempaan tarkasteluun (liite A).

A Comparative Analysis of Spatial Knowledge and En route Diversion Behavior in Chicago and San Francisco: Implications for Advanced Traveler Information Systems

Tekijät: *Khattak, Aemal J. & Khattak, Asad J.*

Viitetiedot: *TRB Paper no. 980792*

Saatavuustiedot:

A study of the Impact of Nine Transportation Management Projects on Hurricane Evacuation Preparedness

Tekijät:

Viitetiedot: *SAIC for the USDOT, EDL No. 13940. Washington D.C.: Nov. 2003*

Saatavuustiedot:

http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/JPODOCS/REPTS_TE/13940_files/13940.pdf

Adverse Weather Traffic Signal Timing

Tekijät: *Maki, P. J.*

Viitetiedot: *Short Elliot Hendrickson Inc. for the Minnesota Departments of Transportation*

Saatavuustiedot: <http://trafficware.infopop.cc/downloads/00005.pdf>

☺ *Ajoneuvojen turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi*

Tekijät: *Ranta, S. & Kallberg, V.-P.*

Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 2/1996*

Saatavuustiedot:

☺ *An assessment of environmental data for a computerised ship weather routing system*

Tekijät: *Motte, R., Calvert, S., Wojdylak, H., Fazal, R. & Epshteyn, M.*

Viitetiedot: *The Royal Meteorological Society: Vol. 1 No. 2 – June 1994*

Saatavuustiedot:

☺ *Assessing the economic value of weather forecasts*

Tekijät: *Murphy, A. H.*

Viitetiedot: *The Royal Meteorological Society: Vol. 1 No. 1 – March 1994*

Saatavuustiedot:

☺ *Assessment of Finnra's traffic information services – survey questionnaires and instructions*

Tekijät: *Penttinen, M., Rämä, P. & Harjula, V.*

Viitetiedot: *Finnra's internal publications 40/1998*

Saatavuustiedot:

☺ *Assessment Of M25 Automatic Fog-Warning System – Final Report*

Tekijät: *Cooper, B. R. & Sawyer, H. E.*

Viitetiedot:

Saatavuustiedot:

<http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/D3B79214FEBFFEF88525708C0049AF9F?OpenDocument&Query=Bapp>

- ☺ *Benefit/Cost Study of RWIS and Anti-icing Technologies*
Tekijät: Boselly, S. E.; *Weather Solutions Group Chesterfield, Missouri*
Viitetiedot:
Saatavuustiedot: [http://www.sicop.net/NCHRP20-7\(117\).pdf](http://www.sicop.net/NCHRP20-7(117).pdf)
- ☺ *Benefits of meteorological services: evidence from recent research in Australia*
Tekijät: Anaman, K. A., Lellyett, S. C., Drake, L., Leigh, R. J., Henderson-Sellers, A., Noar, P. F., Sullivan, P. J. & Thampapillai, D. J.
Viitetiedot: *Meteorological Applications* (1998), 5: 103–115 Cambridge University Press
doi:10.1017/S1350482798000668. Published Online 08 Sep 2000
Saatavuustiedot:
<http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=5&issueId=02#>
- ☺ *Benefits of weather services for highway authorities*
Tekijät: Wass, S.
Viitetiedot: 733 – *Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*
Saatavuustiedot:

Benefits of weather-related traffic management and information systems
Tekijät: Kulmala, R.
Viitetiedot: *EU-China Information and Telecommunication Co-operation Conference. Brussels 29 June – 1 July 1998. ERTICO. Brussels (1998)*, 86–93
Saatavuustiedot:
- ☺ *Best Practices for Road Weather Management*
Tekijät: Goodwin, L.
Viitetiedot: *Version 2. Mitretek Systems for the Federal Highway Administration, Report no. FHWA-OP-03-081. May 2003.*
Saatavuustiedot: http://ops.fhwa.dot.gov/weather/best_practices/CaseStudiesFINALv2-RPT.pdf
- ☺ *Budget-Cutting and the Value of Weather Services*
Tekijät: Doswell, C. A. III & Brooks, H. E.
Viitetiedot:
Saatavuustiedot: http://www.cimms.ou.edu/~doswell/NWS_value/value2.html

Can weather-related traffic management and information improve safety?
Tekijät: Kulmala, R.
Viitetiedot: *ICTCT 97 Conference. Lund, SE, 5–7 Nov. 1997, Proceedings. ICTCT; Department of Traffic Planning and Engineering, Lund University. Lund (1997)*, 10
ICTCT 97 Conference. Lund, SE, 5–7 Nov. 1997, Proceedings.
Saatavuustiedot:
- Documentation and Assessment of Mn/DOT Gate Operations*
Tekijät: BRW
Viitetiedot: *Prepared for the Minnesota Department of Transportation. ST. Paulu, MN: Oct. 1999*
Saatavuustiedot: <http://www.dot.state.mn.us/guidestar/pdf/gatereport.pdf>
- ☺ *Driver acceptance of weather-controlled road signs and displays*
Tekijät: Rämä, P. & Luoma, J.
Viitetiedot: *Transportation Research Record* 1573
Saatavuustiedot: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P447.pdf>

Driver responses to variable road condition signs. Muuttuvien keliopasteiden vaikutukset kuljettajan toimintaan.
Tekijät: Luoma, J., Rämä, P., Penttinen, M. & Harjula, V.
Viitetiedot: *Helsinki 1997. Finnish National Road Administration, Finnra Reports 2211997. 32 p. + apps. 8*
Saatavuustiedot:

- ☺ *Economic benefits of meteorological services*
 Tekijät: Freebairn, J. W. & Zillman, J. W.
 Viitetiedot: *Meteorological Applications* (2002), 9: 33–44 Cambridge University Press
 Published Online 26 Mar 2002
 Saatavuustiedot:
[http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=9&issueId=01#\[abstract\]](http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=9&issueId=01#[abstract])
- ☺ *Economic issues relating to meteorological services provision*
 Tekijät: Gunasekera, D.
 Viitetiedot: *BMRC Research Report 102*
 Saatavuustiedot:
- Economic Value of Weather and Climate Forecasts. Case Studies*
 Tekijät: Katz, R. W. & Murphy, A.
 Viitetiedot: kirja, Cambridge University Press
 Saatavuustiedot: http://www.isse.ucar.edu/HP_rick/esig.html
- Effects of technology of variable speed limit signs on speed behaviour and recall of signs*
 Tekijät: Luoma, J.
 Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 11/1996*
 Saatavuustiedot:
- Effects of the weather-controlled traffic management system in the motorway section between Kotka and Hamina (tiivistelmä)*
 Tekijät: Rämä, P.
 Viitetiedot: *Tielaitos*
 Saatavuustiedot:
- Effects of variable message signs for slippery road conditions on driving speed and headways*
 Tekijät: Rämä, P. & Kulmala, R.
 Viitetiedot: *Transportation Research Part F 3* (2000) 85–94
 Saatavuustiedot: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P447.pdf>
- ☺ *Effects of variable speed limit signs on speed behaviour and recall of signs*
 Tekijät: Luoma, J. & Rämä, P.
 Viitetiedot: *Traffic engineering and control*, April 1998, pp. 234–237
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Effects of VMS technologies on driver behaviour*
 Tekijät: Penttinen, M., Anttila, V. & Luoma, J.
 Viitetiedot: *7th World Congress on ITS, Turin, Italy, 2000*
 Saatavuustiedot:
- Effects of weather controlled speed limits on driver behaviour on a two-lane road*
 Tekijät: Rämä, P., Raitio, J., Anttila, V. & Schirokoff, A.
 Viitetiedot:
 Saatavuustiedot:
- Effects of weather-controlled message signing in Finland – Case Highway 1 (E18)*
 Tekijät: Hautala, R. & Nygård, M.
 Viitetiedot: *10th World Congress on ITS, Madrid, Spain, 2003*
 Saatavuustiedot:
- Effects of weather-controlled message signing on driver behaviour*
 Tekijät: Rämä, P.
 Viitetiedot: *VTT Publications 447*
 Saatavuustiedot: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P447.pdf>

Effects of weather-controlled speed limits on driver behaviour on a two-lane road

Tekijät:

Viitetiedot:

Saatavuustiedot:

- ☺ *Effects of weather-controlled Variable Speed Limits and Warning Signs on Driver Behaviour*

Tekijät: Rämä, P.

Viitetiedot: *Transportation Research Record 1689, Paper No 99-0146*

Saatavuustiedot: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2001/P447.pdf>

Effects of weather-controlled variable speed limits on injury accidents

Tekijät: Rämä, P. & Schirokoff, A.

Viitetiedot: *ITS Europe 2005 Proceedings*

Saatavuustiedot:

- ☺ *Evaluation of Intelligent Transport Systems and Traffic Management Strategies*

Tekijät: Enrique Belda Espulgues, E. B. & Vicente, V. R. T.

Viitetiedot: *ITS Europe 2005 Proceedings*

Saatavuustiedot:

- ☺ *Evaluation of personal mobile traveller and traffic information service*

Tekijät: Lumiaho, A., Scholliers, J., Viitanen, P. & Ojala, J.

Viitetiedot:

Saatavuustiedot:

- ☺ *Evaluation of Rural ITS Information Systems along U.S. 395, Spokane, Washington*

Tekijät: Battelle Memorial Institute Meyer, Mohaddes Associates, Inc. January 8, 2004

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/JPODOCS/REPTS_TE/13955.html

Evaluation of the Road Weather Service

Tekijät: Schirokoff, A. & Tuominen, A.

Viitetiedot: *11th World Congress on ITS, Nagoya, Japan*

Saatavuustiedot:

Evaluation of TravInfo Field Operational Test

Tekijät: Yim, Y. & Miller, M. A.

Viitetiedot: *California PATH Program, University of California at Berkeley, Institute of Transportation Studies*

Saatavuustiedot:

- ☺ *Final Report of the Evaluation of the FORETELL Consortium Operational Test: Weather Information for Surface Transportation*

Tekijät: Skarpness, B., Kitchener, F., Boselly, E. & Thomas, A.

Viitetiedot:

Saatavuustiedot: http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/JPODOCS/REPTS_TE/13833.html

- ☺ *Graphical Weather Information System Evaluation: Usability, Perceived Utility, and Preferences from General Aviation Pilots*

Tekijät: Latorella, A. K. & Chamberlain, P. J.

Viitetiedot: *U.S. Government, Paper Number 2002-01-1521*

Saatavuustiedot: <http://techreports.larc.nasa.gov/ltrs/PDF/2002/mtg/NASA-2002-sae-kal.pdf>

I-68 Fog Detection System Planning Report

Tekijät:

Viitetiedot: *Sabra, Wang Kang Associates. Baltimore, MD: Nov. 2003*

Saatavuustiedot:

<http://www.benefitcost.its.dot.gov/ITS/benecost.nsf/Print/D7E73D3356D8CD0185256FD4004A1104?OpenDocument>

- ☺ *Idaho Storm Warning System Operational Test – Final Report*
 Tekijät: *Kyte, M. et al.*
 Viitetiedot:
 Saatavuustiedot:
<http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/3E759773E190D96885256A100070DD4A?OpenDocument&Query=Bapp>
- ☺ *Internet-Based Information Services on Road Traffic*
 Tekijät: *Okazaki, K. & Oba, T.*
 Viitetiedot: *Paper presented at the 7th World Congress on Intelligent Transport Systems, 6–9 November 2000, Turin, Italy*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Julkaisun nimi: How to judge the quality and value of weather forecast products*
 Tekijät: *Thornes, J. E. & Stephenson, D. B.*
 Viitetiedot: *Meteorol. Appl. 8, 307–314 (2001)*
 Saatavuustiedot: <http://www.met.rdg.ac.uk/cag/publications/ma2001.pdf>
- Julkaisun nimi: Laatuvaatimukset kelin ja liikenteen seurannalle*
 Tekijät: *Kulmala, R. & Luoto, S.*
 Viitetiedot: *25. Talvitiöpäivät. Vaasa, Mustasaari 11.–12.2.2004. Suomen tieyhdistys. Helsinki (2004), 69–76*
 Saatavuustiedot:
- Julkaisun nimi: Säävaroituspalveluiden kehittäminen häiriötilanteiden ennakoinniseksi*
 Tekijät: *Ruuhela, R., Hutila, A., Kilpinen, J., Korpela, P., Punkka, A.-J., Roschier, T. & Teittinen, J.*
 Viitetiedot: *AINO-julkaisuja 2/2005*
 Saatavuustiedot: <http://www.aino.info>
- ☺ *Julkaisun nimi: The Potential Role for Cloud-Scale Numerical Weather Prediction for Terminal Area Planning and Scheduling*
 Tekijät: *Treinish, L. A. & Praino, A. P.*
 Viitetiedot:
 Saatavuustiedot: http://www.research.ibm.com/weather/IIPS_9.4.pdf
- Kelitiedotuksen kokeminen ja vaikutukset*
 Tekijät: *Kilpeläinen, M. & Summala, H.*
 Viitetiedot:
 Saatavuustiedot: <http://www.vtt.fi/rte/projects/fits/impacts/3200792.pdf>
- Kelitiedotus ja tienvarressa esitettävien keliviestin ymmärrettävyys*
 Tekijät: *Kosonen, E.*
 Viitetiedot: *Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto.*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Kotka-Hamina sääohjatun tien yhteiskuntataloudellisuus. Tielikenteen telematiikka – E18-kokeilualue*
 Tekijät: *Lähesmaa, J.*
 Viitetiedot: *1997. Tielaitos, Tiehallinto, Helsinki. 45 s. + liitt. 5 s. Tielaitoksen selvityksiä: 36*
 Saatavuustiedot:
- Länsiväylän automaattisen liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset liikennevirtaan*
 Tekijät: *Innamaa, S., Vanhanen, K. & Pursula, M.*
 Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 53/2000*
 Saatavuustiedot:
- Länsiväylän ruuhkavaroitussjärjestelmän arviointi*
 Tekijät: *Hautala, R. & Raitio, J.*
 Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 30/1998*
 Saatavuustiedot:

Liikennesäättiedotuksen toteutuminen ja arviointi talvikaudella 2002–2003 [Determining successfulness of road weather information service in the winter season 2002–2003]

Tekijät: Schirokoff, A. & Tuominen, A.

Viitetiedot: Finnish National Road Administration. Finnra reports 46/2004

Saatavuustiedot:

Liikennetilanneohjatut muuttuvat nopeusrajoitukset pääteiden liittymässä. Vaikutusten arviointi ja järjestelmän kehittäminen

Tekijät: Schirokoff, A. & Innamaa, S.

Viitetiedot: Tiehallinnon selvityksiä 29/2004

Saatavuustiedot: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200879-vselkaharju.pdf>

☺ *Liikenteen tiedotuspisteen kehittämisselvitys – Asiakaskysely Shell Amiraalin palvelualueella*

Tekijät: Yli-Mäenpää, I. & Portaankorva, P.

Viitetiedot: Kaakkois-Suomen tiepiirin selvityksiä 4/1999

Saatavuustiedot:

Liikenteen tietopalvelujen käyttäjäkeskeinen tuotekehitys

Tekijät: Jakonen, Hietanen, Kuru & Ellmén

Viitetiedot: FITS-julkaisu 24/2003

Saatavuustiedot: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fits/julkaisut/hanke1/fits24_2003.pdf

Metropolitan Model Deployment Initiative San Antonio Evaluation Report Final Draft

Tekijät: Cluett, C. (Battelle), DeBlasio, A. (Volpe), Dion, F. (VPI), Hicks, B. (SAIC), Lappin, J. (Volpe), Novak, D. (VPI), Rakha, H. (VPI), Riley, J. (VPI), StOnge, C. (SAIC) & Van Aerde, M. (VPI)

Viitetiedot: Report for US DOT, FHWA-OP-00-017

Saatavuustiedot:

Mitigating the impact of weather and climate on railway operations in the UK

Tekijät: Thornes, J. E. & Davis, B. W.

Viitetiedot: Proceedings of the 2002 ASME/IEEE Joint Rail Conference Washington, DC, April 23–25, 2002

Saatavuustiedot:

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7845/21587/01000089.pdf?isnumber=21587&prod=CNF&arnumber=1000089&arSt=+29&ared=+38&arAuthor=Thornes%2C+J.E.%3B+Davis%2C+B.W.>

☺ *Mobile information on weather and road conditions – a user study*

Tekijät: Rämä, P.

Viitetiedot: Products and Services for Personal Navigation – Usability Design. Part III – Case Studies and Guidelines

Saatavuustiedot:

Muuttuvat nopeusrajoitukset autoilijoiden kokemina. Haastattelututkimus valtatiellä 9 (E63) välillä Tampere–Orivesi

Tekijät: Schirokoff, A. & Vitikka, H.

Viitetiedot: Tiehallinnon selvityksiä 50/2001

Saatavuustiedot:

Muuttuvien keliopasteiden vaikutukset kuljettajan toimintaan: tieliikenteen telematiikka: E18-kokeilualue

Tekijät: Luoma, J., Rämä, P., Penttinen, M. & Harjula, V.

Viitetiedot: Tielaitoksen selvityksiä 1997

Saatavuustiedot:

Muuttuvien kelivaroituserkkien vaikutukset käyttäytymiseen Turun tiepiirissä talvella 1993–1994
Tekijät: Rämä, P., Kulmala, R. & Heinonen, S.
Viitetiedot: *Finnish National Road Administration (FinnRA). Helsinki 1995. Tielaitoksen selvityksiä 361/1995, 39 p. + app. 27 p.*
Saatavuustiedot:

Muuttuvien kelivaroituserkkien vaikutus ajonopeuksiin, aikaväleihin ja kuljettajien käsityksiin
Tekijät: Rämä, P., Kulmala, R. & Heinonen, S.
Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 1996*
Saatavuustiedot:

☺ *Muuttuvien nopeusrajoitusjärjestelmien turvallisuus*
Tekijät: Rämä, P., Schirokoff, A. & Rajamäki, R.
Viitetiedot: *Helsinki 2003. Tiehallinto, Palvelujen suunnittelu. Tiehallinnon selvityksiä 54/2003. 46 s. + liitt. 8 s.*
Saatavuustiedot:

☺ *Muuttuvien nopeusrajoitusten kannattavuuden tarkastelu kaksikaistaisella tiellä. Esimerkkitapaus valtatie 7 (E18) Kotka Pyhtää*
Tekijät: Nokkala, M. & Schirokoff, A.
Viitetiedot: *Tiehallinnon selvityksiä 52/2001*
Saatavuustiedot:

Ohio DOT Roadway Weather Information System (RWIS) Expansion
Tekijät:
Viitetiedot: *Ohio Department of Transportation. Columbus, OH: 2003*
Saatavuustiedot:
<http://www.itscosts.its.dot.gov/its/benecost.nsf/Print/ED80CCA32A9685DB85256E4E0066BA96?OpenDocument>

☺ *Ohjeet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnista*
Tekijät: Kulmala, R. & Rämä, P.
Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 41/1998*
Saatavuustiedot:

☺ *Pääteiden parantamisratkaisut: Telematiikan sovellukset uusilla tietyypeillä*
Tekijät: Halme, K.
Viitetiedot: *Tiehallinnon selvityksiä 38/2001.*
Saatavuustiedot:

Potential economic value of ensemble-based surface weather forecasts
Tekijät: Wilks, D. S. & Hamill, T. M.
Viitetiedot: *Monthly Weather Review (1995), 123 (12), 3565–3575*
Saatavuustiedot:

☺ *Profitability comparison between ITS investments and traditional investments in infrastructure*
Tekijät: Leviäkangas, P. & Lähesmaa, J.
Viitetiedot: *Tetra-raportti B24/99*
Saatavuustiedot:

Rautatieliikenteen häiriönhallinnan toimintamalli
Tekijät: Levo, J., Lähesmaa, J., Hautala, R. & Pajunen, K.
Viitetiedot: *FITS-julkaisuja 46/2004*
Saatavuustiedot: http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/fits46_2004.pdf

- ☺ *Road Weather Service System in Finland and Savings in Driving Costs*
 Tekijät: *Pilli-Sihvola, Y. et al.*
 Viitetiedot: *Transportation Research Record 1387*
 Saatavuustiedot:
<http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/375CAFD2AC3437D8852569610051E2B0?OpenDocument&Query=Bapp>
- Rural ITS Toolbox*
 Tekijät: SAIC
 Viitetiedot: *Prepared for the USDOT, Report No. FHWA-OP-01-030, EDL No. 13477. Washington D.C.: Nov. 2001*
 Saatavuustiedot: http://www.its.dot.gov/JPODOCS/REPTS_TE/13477.html
- Sää- ja keliohjattujen nopeusrajoitus- ja varoitusmerkkien vaikutukset kaksikaistaisella valtatiellä 1 (E18). Liikennevirta-analyysi ja haastattelututkimus välillä Salo–Sammatti (tiivistelmä)*
 Tekijät: *Hautala, R., Schirokoff, A. & Lehtonen, M.*
 Viitetiedot: *Tiehallinnon selvityksiä 51/2001*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka–Hamina-moottoritieellä: tieliikenteen telematiikka: E18-kokeilualue*
 Tekijät: *Rämä, P.*
 Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 1997*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 7*
 Tekijät: *Rämä, P., Raitio, J., Harjula, V. & Schirokoff, A.*
 Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 44/1999*
 Saatavuustiedot:
- Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset yksiajorataisella osuudella valtatiellä 1 (E18)*
 Tekijät: *Hautala, R., Schirokoff, A. & Lehtonen, M.*
 Viitetiedot: *Tiehallinnon selvityksiä 51/2001*
 Saatavuustiedot:
- Sääohjatun tien jatke: Vaikutustutkimus*
 Tekijät: *Rämä, P. & Penttinen, M.*
 Viitetiedot: *Tielaitos*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Seasonally changing speed limits: Effects on speed and accidents*
 Tekijät: *Peltola, H.*
 Viitetiedot: *Transportation Research Record 1734, pp. 46–51*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *Tehostetun kelinseurantajärjestelmän kokeilu. Tieliikenteen telematiikan E18-kokeilualue.*
 Tekijät: *Malmivuo, M. & Pajunen, K.*
 Viitetiedot: *Tielaitoksen selvityksiä 5/1999*
 Saatavuustiedot:
- ☺ *The development and status of road weather information systems in Europe and North America*
 Tekijät: *Thornes, J. E.*
 Viitetiedot: *733 – Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*
 Saatavuustiedot:

- ☺ *The economic value of meteorology*
Tekijät: Beysson, J.
Viitetiedot: *World Meteorological Organization Bull.* (1997) 46 (3), 237–241
Saatavuustiedot:
- The effects of weather and road condition warnings on driver behaviour*
Tekijät: Kulmala, R. & Rämä, P.
Viitetiedot: *2nd World Congress on Intelligent Transport Systems '95. Yokohama, 9–11 Nov. 1995. VERTIS. Tokyo (1995), IV 1831–1835*
Saatavuustiedot:
- ☺ *The role of social and economic components in the work of a national meteorological service in the mid-latitudes – exemplified by the tasks of the Deutscher Wetterdienst*
Tekijät: Kurz, M. & Frömming, D.
Viitetiedot: *733 – Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*
Saatavuustiedot:
- ☺ *Tieliikennetiedotus. Esiselvitys*
Tekijät: Rämä, P., Kummala, J., Schirokoff, A. & Hiljanen, H.
Viitetiedot: *FITS-julkaisu* 21/2003
Saatavuustiedot: http://www.vtt.fi/rte/projects/fits/julkaisut/hanke2/fits21_030409_final1.pdf
- Traffic Management Applications on the Køge Bugt Motorway*
Tekijät: Vendelboe, J. T.; Danish Road Directorate
Viitetiedot: *VIKING Denmark, Danish Road Directorate 8.4.2003*
Saatavuustiedot:
- ☺ *useita artikkeleita*
Tekijät: *useita tekijöitä*
Viitetiedot: *733 – Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*
Saatavuustiedot: <http://www.wmo.ch/web/catalogue/New%20HTML/frame/engfil/733.html>;
http://climate.snu.ac.kr/wrms/ECO_VALUE/1990_wmo/main.html
- ☺ *Using willingness-to-pay to assess the economic value of weather forecasts for multiple commercial sectors*
Tekijät: Rollins, K. S. & Shaykewich, J.
Viitetiedot: *Meteorological Applications, Volume 10, Issue 01, maaliskuu 2003, pp. 31–38*
Saatavuustiedot:
<http://journals.cambridge.org/action/displayIssue?jid=MAP&volumeId=10&issueId=01>
- Vaihtuvien nopeusrajoitusten laajamittainen käyttö Suomessa*
Tekijät: Schirokoff, A., Rämä, P. & Tuomainen, A.
Viitetiedot: *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 89/2005*
Saatavuustiedot: http://www.mintc.fi/oliver/upl102-Julkaisuja%2089_2005.pdf
- ☺ *Value of improved long-range weather information*
Tekijät: Adams, R. M., Bryant, K. J., Mccarl, B., Legler, D. M., O'Brien, J., Solow, A. & Weiher, R.
Viitetiedot: *Contemporary Economic Policy; July 1995; 13, 3*
Saatavuustiedot:
- Weather Controlled Road and Investment Calculations*
Tekijät: Pilli-Sihvola, Y. & Lähesmaa, J.
Viitetiedot:
Saatavuustiedot:
<http://www.benefitcost.its.dot.gov/its/benecost.nsf/0/D923081C596D45BA852569D50052A802?OpenDocument&Flag=Country>

Weather related ISA – experience from first studies

Tekijät: *Peltola, H.*

Viitetiedot: *Workshop on Intelligent Speed Adaptation, Nagoya 19.–20.5.2002. ICTCT, The Nagoya (Extra workshop), papers. The Japanese Association of Traffic Psychology and European Working Group on Speed Control (in co-operation with ICTCT) (2002)*

Saatavuustiedot: *<http://www.ictct.org>*

☺ *Weather sensitivity of rail transport*

Tekijät: *Smith, K.*

Viitetiedot: *733 – Economic and social benefits of Meteorological and Hydrological Services – Proceedings of the Technical Conference (Geneva, 26–30 March 1990)*

Saatavuustiedot:

Tekijä(t) Hautala, Raine & Leviäkangas, Pekka (toim.)		
Nimeke Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuus Hyötyjen arviointi ja arvottaminen eri hyödyntäjätoimialoilla		
Tiivistelmä Tutkimuksessa arvioitiin Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuutta ja yhteiskuntataloudellisia hyötyjä liikenteen, logistiikan, talonrakennuksen ja kiinteistöhallinnan, energian tuotannon sekä maataloustuotannon aloilta. Tutkimuksellinen pääpaino oli sää- ja kelitietopalveluiden liikenteeseen kohdistuvissa vaikutuksissa. Työ oli osa laajempaa vuosina 2006–2007 toteutettua EVASERVE-hanketta, jossa kehitettiin tietopalvelujen arviointimenetelmiä ja -työkaluja. Ilmatieteen laitoksen palveluiden yhteiskuntataloudellisten hyötyjen laskettiin olevan tarkastelluilla aloilla noin 260–290 miljoonaa euroa vuodessa niiltä osin kuin hyötyjä pystyttiin tässä tutkimuksessa arvottamaan. Tämä merkitsee, että Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu euro tuottaa yhteiskunnalle vuosittain vähintään viisinkertaisen hyödyn. Tutkimuksen ulkopuolelle jäi vielä toimintoja ja toimialoja, jotka hyödyntävät Ilmatieteen laitoksen palveluita ja joiden merkitys yhteiskunnan toiminnalle ja turvallisuudelle on suuri. Esimerkiksi meteorologisiin tietojen hyödyntämiseen perustuvat viranomaistoiminnot tehostavat suuronnettomuuksien hallintaa ja varautumista luonnonkatastrofeihin vähentäen merkittävästi niistä aiheutuvia haittoja. Meteorologisten palveluiden merkitys tulee todennäköisesti kasvamaan ilmastonmuutoksen ja erilaisten luonnon ääri-ilmiöiden lisääntymisen myötä. Ilmatieteen laitoksen tuottamat palvelut ovat yhteiskunnalle hyödyllisiä, ja niiden kehittämiseen kannattaa investoida. Koska Suomen säähavaintoverkosto on jo pitkälti rakennettu, erilaisiin palvelujärjestelmiin investoimalla voidaan kohtuullisilla rajakustannuksilla saavuttaa merkittäviä lisähyötyjä. Sama koskee suomalaisen meteorologisen monialaisen osaamisen kehittämistä (tutkimus ja teknologia). Alan eri toimijoiden vahvuuksien yhdistämiseen ja parempaan hyödyntämiseen kannattaa panostaa kokonaisvaltaisten – osaamisen, palvelut ja laitteet kattavien – palveluratkaisuiden viennin edistämiseksi.		
ISBN 978-951-38-7081-2 (nid.) 978-951-38-7082-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Publications 1235-0621 (nid.) 1455-0849 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinnumero 4306
Julkaisu-aika Joulukuu 2007	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 205 s. + liitt. 73 s.
Projektin nimi EVASERVE	Toimeksiantaja(t) Tekes, Ilmatieteen laitos, liikenne- ja viestintäministeriö, Destia, VTT	
Avainsanat information services, pricing, meteorological information, Finland, FMI, day-to-day services, cost-benefit analysis, transport, logistics, construction industry, facilities management, energy production, agriculture, Evaserve	Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4520 Faksi 020 722 4374	

Author(s) Hautala, Raine & Leviäkangas, Pekka (Eds.)		
Title Effectiveness of Finnish Meteorological Institute (FMI) services		
Abstract <p>This research outlines the benefits of meteorological information services provided by the Finnish Meteorological Institute (FMI). The services provided either publicly or on a commercial basis are analysed from the viewpoints of transport, logistics, construction and facilities management, energy production and distribution and agricultural production. The main emphasis is on transport. This research is a part of the EVASERVE project, which develops more efficient tools for the evaluation of information services.</p> <p>The socio-economic benefits of information services provided by the FMI generate annual benefits of around 260–290 M€, to the extent that the benefits could be given a monetary value in this research. In other words, each Euro put into the services produces a benefit of a minimum of 5 Euros to society each year. This is a minimum estimate since many significant sectors, such as defence and public safety, were not included in the analysis. For instance, authority activities and services based on utilising meteorological information increase the efficiency of major accident management and natural disaster preparedness, thus diminishing the damages caused by them. The importance and need of met-information services will most probably increase in the future due to global warming and the exceptional weather phenomena resulting from it.</p> <p>The meteorological information services are extremely useful and beneficial to society and are worth investing in. Since the Finnish meteorological observation network is by and large completed and functioning well, considerable additional benefits can be achieved at reasonable marginal cost when investing in various service systems.</p> <p>The wide-reaching know-how of Finnish meteorological expertise is unique in the world. In very few countries are there such clusters to be found where high-quality service organisations, equipment producers, research institutions and technology providers have common denominators in the field of meteorology. This creates opportunities for the export of service solutions on a global scale.</p>		
ISBN 978-951-38-7081-2 (soft back ed.) 978-951-38-7082-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Series title and ISSN VTT Publications 1235-0621 (soft back ed.) 1455-0849 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Project number 4306
Date December 2007	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 205 p. + app. 73 p.
Name of project EVASERVE		Commissioned by Tekes, Finnish Meteorological Institute (FMI), Ministry of Transport and Communications Finland, Destia, VTT
Keywords information services, pricing, meteorological information, Finland, FMI, day-to-day services, cost-benefit analysis, transport, logistics, construction industry, facilities management, energy production, agriculture, Evaserve		Publisher VTT Technical Research Centre of Finland P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 020 722 4520 Fax +358 020 722 4374

Tutkimuksessa selvitettiin Ilmatieteen laitoksen palveluiden vaikuttavuutta liikenteen, logistiikan, talonrakennuksen ja kiinteistönhallinnan, energian tuotannon sekä maataloustuotannon toimialoilla etenkin yleisten, usein toistuvien meteorologisten ilmiöiden osalta. Työ oli osa laajempaa, vuosina 2006–2007 toteutettua EVASERVE-tutkimushanketta, jossa kehitettiin tietopalvelujen arviointimenetelmiä ja -työkaluja.

Ilmatieteen laitoksen palveluiden yhteiskuntataloudellisten hyötyjen laskettiin olevan tarkastelluilla toimialoilla vähintään 260–290 miljoonaa euroa vuodessa. Tämä merkitsee, että Ilmatieteen laitoksen palveluihin sijoitettu euro tuottaa yhteiskunnalle vuosittain ainakin viisinkertaisen hyödyn. Lisäksi tutkimuksen ulkopuolelle jäi vielä useita toimialoja, jotka hyödyntävät meteorologisia palveluita ja joiden merkitys yhteiskunnan toiminnalle ja turvallisuudelle on suuri.

Meteorologiset palvelut ovat yhteiskunnalle hyödyllisiä, ja niiden kehittämiseen kannattaa panostaa. Suomen säähavaintoverkosto on jo pitkälti rakennettu, joten erilaisiin palvelujärjestelmiin investoimalla voidaan kohtuullisilla rajakustannuksilla saavuttaa merkittäviä lisähyötyjä. Sama koskee suomalaisen meteorologisen monialaisen osaamisen kehittämistä (tutkimus ja teknologia). Alan eri toimijoiden vahvuuksien yhdistämiseen ja parempaan hyödyntämiseen kannattaa panostaa myös kokonaisvaltaisten – osaamisen, palvelut ja laitteet kattavien – palveluratkaisuiden viennin edistämiseksi.

Julkaisu on saatavana

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4520
<http://www.vtt.fi>

Publikationen distribueras av

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4520
<http://www.vtt.fi>

This publication is available from

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4520
<http://www.vtt.fi>
