

RAPORTTEJA
RAPPORTER
REPORTS

No. 2005:1

656.14 551.509.58

531.43 614.86



Kelimallin kehittäminen talvijalankulun
turvallisuuden parantamiseksi

Loppuraportti

**Reija Ruuhela
Johanna Ruotsalainen
Markku Kangas**

Ilmatieteen laitos

**Carita Aschan
Erkki Rajamäki
Mikko Hirvonen
Tarmo Mannelin**

Työterveyslaitos

Ilmatieteen laitos
Meteorologiska institutet
Finnish Meteorological Institute

Helsinki 2005

ISBN 951-697-591-7
ISSN 0782-6079
Edita Oyj
Helsinki 2005

Julkaisija Ilmatieteen laitos, Vuorikatu 24
PL 503, 00101 Helsinki

Julkaisuaika 2005

Tekijät

Projektin nimi

Reija Ruuhela, Johanna Ruotsalainen, Markku Kangas
Carita Aschan, Erkki Rajamäki, Mikko Hirvonen, Tarmo Mannelin

Nimeke

Kelimallin kehittäminen talvijalankulun turvallisuuden parantamiseksi

Tiivistelmä

Projektissa kehitettiin jalankulkijoiden kelimalli, jota käytetään Ilmatieteen laitoksella jalankulkusään ennustamiseen. Mallin käyttöönoton yhteydessä kelitiedottaminen jalankulkijoille laajennettiin koko maahan. Tiedottamisella pyritään vähentämään liukastumistapaturmia ja lisäämään siten talvijalankulun turvallisuutta.

Jalankulkijoiden kelimalli kehitettiin Ilmatieteen laitoksen tiesäämallin pohjalle. Tiesäämalli on pinnan energiatasapainoon perustuva yksilotteinen numeerinen malli, joka tienpinnan lämpötilaennusteen lisäksi tekee tieliikenteen kelitulkinnan. Jalankulkijoiden kelimallin kehitystyössä muokattiin kelitulkintaa mm. kehittämällä mallissa olevia jään ja lumen määrää kuvaavia varastotermejä jalkakäytävälle sopiviksi. Lisäksi rakennettiin keli-indeksi, joka kuvaa jalankulkijan kokemaa liukkautta.

Mallin kehitystyössä hyödynnettiin Työterveyslaitoksen vaihtelevissa keliolosuhteissa tekemiä liukkaussmittauksia kahden talvikauden ajalta. Mittaustuloksista saatiin myös uutta tietoa jalkineiden ja kunnossapitotoimien vaikutuksesta liukkauteen: mittauksia tehtiin pito-ominaisuuksiltaan erilaisilla jalkineilla ja niiden mukaan pitävän jalkineen antama pito oli keskimäärin kaksi, paikoin jopa neljä kertaa parempi kuin liukkaan jalkineen. Siten oikeilla jalkinevalinnoilla voitaisiin vähentää liukastumistapaturmia. Hyvän hiekoituksen todettiin parantavan pitoa huomattavasti.

Liukkaussmittauksiin verrattuna nyt kehitetty jalankulkijoiden kelimalli tulkitsee olosuhteet oikein 92 %:ssa tilanteista. Mallilla on kuitenkin taipumusta ylivaroitamiseen: Töölön tapaturma-aseman liukastumistapaturmien kasaumapäiviin verrattuna ylivaroitusten osuus oli 16 % talvikaudella 2003-2004. Töölön tilastojen mukaan lukumääräisesti eniten liukastumistapaturmia sattuu 40-60 vuotiaille, mutta esim. lonkkamurtumia kaatumisten yhteydessä tapahtuu eniten yli 70-vuotiaiden ikäryhmässä.

Julkaisijayksikkö

Ilmasto ja globaalimuutos/Ilmastopalvelu

Luokitus (UDK)

656.14, 551.509.58
531.43, 614.86

Asiasanat

Jalankulkijoiden kelitiedottaminen, kelimalli,
liukkaus, liukastumistapaturmat

ISSN ja avainnimeke

0782-6079 Raportteja -Rapporter - Reports

ISBN

951-697-591-7

Kieli

suomi

Myynti

Ilmatieteen laitos / Kirjasto
PL 503, 00101 Helsinki

Sivumäärä 47

Hinta

Lisätietoja



Published by Finnish Meteorological Institute Date 2005
Vuorikatu 24, P.O. Box 503
FIN-00101 Helsinki, Finland

Authors Name of project
Reija Ruuhela, Johanna Ruotsalainen, Markku Kangas
Carita Aschan, Erkki Rajamäki, Mikko Hirvonen, Tarmo Mannelin

Title
Predicting Wintertime Pavement Conditions for Safety of Pedestrians

Abstract

In this project, a weather and pavement condition model was developed. The model is used in the Finnish Meteorological Institute to provide winter weather service for pedestrians in whole Finland. It is expected that by giving warnings of slippery conditions the number of slipping accidents could be reduced and therefore the safety of pedestrians during winter could be improved.

The weather and pavement condition model is based on the road weather model used operationally in the Finnish Meteorological Institute. The road weather model is a one-dimensional energy balance model which predicts the road surface temperature and conditions. The storage terms of the model describing e.g. the amount of ice and snow were adjusted for pavements and a new index describing the slipperiness experienced by the pedestrians was developed.

The Finnish Institute of Occupational Health measured the slipperiness of various walking surfaces in different weather conditions during two winter seasons. These measurements were used in the model development. Also, significant differences between the slip resistance characteristics of different footwear were found indicating the importance of the right footwear selection in prevention of slipping accidents. In addition, the measurement method was found capable for evaluating in field conditions the quality of winter maintenance measures.

The weather and pavement condition model interprets pavement condition correctly in 92 % of the cases in comparison with the slipperiness measurements. However, the model tends to overpredict slipperiness. When compared with the number of patients suffering from slipping accident injuries in the Töölö Hospital Emergency in winter season 2003-2004, an overprediction of 16 % was found. According to slipping accident statistics of the Töölö Hospital Emergency, people in age group from 40 to 60 years dominate the records. Most of the hip fractures caused by slipping accidents occur to people older than 70 years.

Publishing unit
Climate and Global Change, Climate Service

Classification (UDK) Keywords
656.14, 551.509.58 Weather service for pedestrians, road weather model,
531.43, 614.86 slipperiness, slipping accidents

ISSN and series title
0782-6079 Raportteja -Rapporter - Reports

ISBN Language
951-697-591-7 Finnish

Sold by Pages 47 Price
Finnish Meteorological Institute / Library
P.O.Box 503, FIN-00101 Helsinki Note
Finland

ESIPUHE

Kelimallin kehittäminen talvijalankulun turvallisuuden parantamiseksi –projekti on osa liikenne- ja viestintäministeriön JALOIN-hanketta, jonka tavoitteena on ollut edistää kevyen liikenteen asemaa Suomessa. Projekti kuuluu myös sosiaali- ja terveysministeriön “Terveyttä edistävän liikunnan kehittäminen” -erityishankkeisiin. Työterveyslaitoksella projekti tukee laajempaa liikkumisturvallisuustutkimusta ja Ilmatieteen laitoksella säävaroituspalveluiden kehittämistä. Projektin yhtenä lopputuloksena uudistettu jalankulkijoiden kelitiedottaminen laajennettiin koko Suomeen.

Projektin ohjausryhmänä toimi JALOIN-hankkeen talvijalankulkutyöryhmä ja käytännön toteutuksesta vastasivat Ilmatieteen laitoksen ja Työterveyslaitoksen asiantuntijat. Tietoja liukastumistapaturmista saatiin HUS:in Marian ja Töölön sairaaloiden ja Kuopion yliopistollisen sairaalan päivystyspoliklinikoilta sekä STAKESin ylläpitämästä Hoitoilmoitusjärjestelmästä.

Projektissa toteutettiin koko ketju lähtien mittauksista ja tutkimuksesta päätyen sovelluksen tekemiseen ja käytännön palvelutoimintaan. Tämä toimintamalli osoittautui varsin tulokselliseksi. Kansainvälisestäkin ainutlaatuinen projekti on herättänyt julkisuudessa paljon keskustelua liukastumistapaturmien merkityksestä ja niiden ehkäisystä myös yleisemmällä tasolla.

Helsingissä tammikuussa 2005

Reija Ruuhela
projektipäällikkö

SISÄLLYS

1 TAUSTAA	9
1.1 Liukastumistapaturmien merkitys	9
1.2 Jalankulkijoiden kelitiedottamisen alkuvaiheet	10
1.3 Kävelyalustan liukkauden määrittäminen	12
2 PROJEKTIN TAVOITTEET	13
3 LIUKKAUSMITTAUKSET	14
3.1 Mittauksissa käytetyt laitteet ja parametrit	14
3.2 Mittauspaikat ja olosuhteet	16
4 JALANKULKIJOIDEN KELIMALLIN KEHITYSTYÖ	17
4.1 Tiesäämalli	17
4.2 Jalankulkijoiden kelimalli	18
5 YHTEISTYÖ TERVEYDENHUOLLON KANSSA	22
6 TULOKSET	23
6.1 Liukkaus erilaisilla jalkineilla	23
6.2 Jalankulkijoiden kelimallin osuvuus	28
6.3 Jalankulkijoiden kelitiedottaminen	32
6.4 Liukastumistapaturmien merkitys terveydenhuollolle	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSTARPEET	38
7.1 Talvikunnossapidon optimointi	40
7.2 Jalkineiden pitoluokituksen kehittäminen	40
7.3 Terveydenhuollon sääpalvelu	41
7.4 Liukastumistapaturmat ja ilmastonmuutos	41
8 VIITTEET	42
LIITE 1	
ESIMERKKEJÄ TIEDOTTEISTA JALANKULKIJOILLE	47

1 TAUSTAA

1.1 Liukastumistapaturmien merkitys

Tapaturmat ovat keskeinen kansanterveysongelma Suomessa. Vuosittain maassamme sattuu lähes miljoona tapaturmaa ja niissä kuolee noin 2700 suomalaista. Koti- ja vapaa-ajan tapaturmia arvioidaan määrällisesti olevan 70 % aikuisten fyysiseen vammaan johdaneista tapaturmista (Tapaturmatilanne 2002, STM selvityksiä, 2003). Kun liikenne- ja työtapaturmien ehkäisemiseksi on tehty paljon töitä hyvin tuloksin, koti- ja vapaa-ajan tapaturmiin on alettu kiinnittää huomiota vasta viime vuosina.

Merkittävä yksittäinen tapaturmatyyppi on liukastumiset ja niistä aiheutuneet kaatumiset. Liukastumis- ja kaatumistapaturmien merkityksestä on saatavilla joitakin haastattelu- ja otostutkimuksiin perustuvia arvioita. “Suomalainen turvallisuus 2003” -tutkimuksen (Heiskanen et al., 2004) yhteydessä tehtyjen haastattelujen mukaan v. 2003 tapahtui noin 130 000 kaatumisesta tai liukastumisesta aiheutunutta kotitapaturmaa sekä noin satatuhatta muiksi vapaa-ajan tapaturmiksi luokiteltavaa (ei sisällä liikenne-, työ-, koti- tai liikuntatapaturmia) kaatumis- ja liukastumistapaturmaa. Myös aiemman tutkimuksen (Vuoriainen et al., 2000) mukaan Suomessa tapahtuu tie-, katu- ja piha-alueilla noin 70 000 sairaanhoitoa vaativaa kaatumis- ja liukastumistapaturmaa vuosittain. Liukastumisista noin kaksi kolmasosaa arvioidaan tapahtuvan jäisillä tai lumisilla alustoilla (Grönqvist, 1995). Ulkona tapahtuvien liukastumisten kokonaismäärästä ei ole kuitenkaan saatavilla tarkkoja lukuja, sillä ongelmana ovat tilastojen puutteellinen kattavuus ja luotettavuus tapaturmien ulkoisten syiden rekisteröinnissä.

Työelämässä sattuneiden tapaturmien osalta tilastojen kattavuus on hyvä, koska käytännössä kaikki työntekijät on vakuutettu, jolloin työtapaturmia koskevat tiedot saadaan vakuutuslaitoksista. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2001 yksi yleisimmistä työtapaturmatyypeistä oli ‘kaatumiset, liukastumiset ja kompastumiset’, joiden lukumäärä oli noin 14 100 edustaen 24 % palkansaajien vähintään 3 päivän työkyvyttömyyden aiheuttaneista työpaikkatapaturmista. Vastaavasti kaatumiset, liukastumiset ja kompastumiset aiheuttivat noin 76 % (7 392 kpl) palkansaajien vähintään 3 päivän työkyvyttömyyden aiheuttaneista työmatkatapaturmista vuonna 2001. Työperäisistä tapaturmariskeistä liukastumiset ja kaatumiset muodostavat siten tärkeän yksittäisen ryhmän.

Jalankulkijoille ja polkupyöräilijöille tapahtuneista sairaanhoitoa vaativista kaatumistapaturmista on arvioitu (Vuoriainen et al., 2000) aiheutuvan vuosittain noin 420 miljoonan euron kustannukset, jotka muodostuvat sairaanhoidon (54 milj. €), menetetyt työpanoksen (95 milj. €) ja hyvinvoinnin menetyksen (270 milj. €) kustannuksista. Kevyen liikenteen tapaturmista aiheutuvat kustannukset ovat samaa suuruusluokkaa kuin tieliikenneonnettomuuksien kustannukset.

Tulevaisuudessa liukastumistapaturmien merkitys tulee todennäköisesti edelleen kasvamaan väestön ikääntymisen myötä. Vuoteen 2030 mennessä esim. lonkkamurtumien lukumäärän - joista osa on liukkaan kelin aiheuttamia - on ennustettu kasvavan lähes 19 000:een, kun se oli n. 7 000 vuonna 1995 (Kannus et al., 1999).

Ulkona talviolioissa tapahtuneista liukastumistapaturmista on aiemmin tehty vain vähän tutkimusta. Ruotsissa, Uumajan yliopistollisessa sairaalassa, on tutkittu talvisia liukastumisonnettomuuksia ja todettu, että suurin osa loukkaantuneista on vanhoja naisia ja nuoria miehiä (Björnstig et. al. 1997). Tuhatta asukasta kohti liukastumisia sattuu Uumajan terveydenhuoltoalueella 3,5. On mielenkiintoista huomata, että Björnstig et. al.:n (2004) mukaan liukastumiset vaativat 56 % sairaalavuorokausista, kun tarkastellaan kaikkia liikenteessä sattuneita onnettomuuksia, vaikka jalankulkijoiden osuus on vain 25 % näistä onnettomuuksista. Liukastumisonnettomuudet johtavat siis pidempiin hoitojaksoihin kuin tieliikenneonnettomuudet.

Myös Japanissa on tutkittu talvisia liukastumisia (Shintani et. al. 2002 ja 2003). Heidän tutkimuksensa ovat keskittyneet lähinnä liukastumissyiden ja tyypillisten sijaintipaikkojen selvitykseen, mutta tällä hetkellä Japanissakin tutkimuksen tavoitteena on kehittää varoituspalvelu liukkaiden päivien ennakoimiseksi.

1.2 Jalankulkijoiden kelitiedottamisen alkuvaiheet

Aloitteen jalankulkijoiden huomioonottamiseksi säätiedotuksissa teki Sosiaali- ja terveysministeriön Koti- ja vapaa-ajan tapaturmien torjuntatyön neuvottelukunta. Syksyllä 1998 Ilmatieteen laitos aloittikin pääkaupunkiseudulla kokeiluna jalankulkijoiden kelitiedottamisen. Tiedote oli varoituksenomainen ja annettiin vain tarvittaessa, liukkaimpina päivinä. Päätöksen tiedotteen antamisesta teki operatiivisen sääpalvelun meteorologi

käytössään olevien säähavaintojen ja –ennusteiden sekä pääkaupunkiseudun kuntien kunnossapidolta saatujen kelitietojen avulla. Tiedotteiden jakelukanavana toimivat muutamaiset paikallisradiot. Ensimmäisten talvikausien jälkeen yhteistyö kunnossapito-organisaatioiden kanssa väheni ja vain YLE:n Aikainen on lukenut tiedotteita. Muodoltaan tiedote jalankulkijoille on pysynyt pääkaupunkiseudulla samankaltaisena.

Ensimmäisen kokeilutalven aikana tutkittiin sään ja kelin sekä liukastumisen välistä riippuvuutta sekä tiedottamisen onnistumista päivittäisten liukastumistapaturmien määrän avulla. Lisäksi jalankulkijoille suunnatun kelitiedottamisen tarpeellisuutta ja vaikutusmahdollisuuksia selvitettiin haastattelututkimuksella pääkaupunkiseudulla (Penttinen et al, 1999). Tutkimuksessa todettiin, että liukastumisonnettomuuksien kasaumapäivien sään tyypillisiä piirteitä ovat:

- a) keskilämpötila -2:n ja 0-asteen välillä,
- b) 0-asteen lämpötila ylittyy tai alittuu tarkasteluvuorokauden aikana ja
- c) sade (vesi, lumi tai räntä).

Ensimmäisenä kokeilutalvena ei tiedotetta annettu selvityksen mukaan yhtenäkkään liukastumisten kasaumapäivänä, mutta toisaalta päivinä, jolloin tiedote annettiin, liukastumisia tapahtui tyypillisesti hieman keskimääräistä enemmän. Vaikka tiedottamisen ei voida sanoa onnistuneen hyvin, haastattelututkimuksen mukaan erityisesti iäkkäät pitivät tiedotetta tarpeellisena ja sillä voitaisiin haastattelujen perusteella vaikuttaa mm. jalkinevalintaan ja liukusteiden käyttöön. Niinpä paikkakuntaakohtaisena kokeiluna palvelua vähitellen laajennettiin: syksyllä 1999 Tampereelle, 2000 Lahteen, 2001 Kouvolaan, 2002 Jyväskylään sekä tämän projektin aikana kevättalvella 2004 Kuopioon ja Ouluun.

Jalankulkijoille suunnattu oma kelitiedottaminen on tarpeellista senkin vuoksi, että jalankulkijoiden kannalta liukkaat kelit eivät ole aina samoja kuin huonot kelit autoliikenteen kannalta. Liikennevahinkojen ja liukastumistapaturmien kasaumapäiviä vertailtiin talvikaudella 1999-2000 ja todettiin, että ne olivat tyypillisesti eri päiviä. Tämä näkyi myös annetuissa tiedotteissa: jalankulkijoille ennustettiin liukasta keliä eri päiviä kuin liikennesäässä huonoa keliä (Anttila, 2001).

1.3 Kävelyalustan liukkauden määrittäminen

Liukastumisriski aiheutuu useiden inhimillisten ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta (Courtney et al., 2001). Merkittävin liukastumistapaturmia aiheuttava ympäristötekijä on kulkualustojen pito-ominaisuudet (Redfern and Rhoades, 1996; Grönqvist et al., 2001). Erityisesti talvisin, jolloin kulkutiet ovat usein jään, lumen, sohjon tai huurteen peittämät, liukastumistapaturmien keskeinen syy on riittämätön pito jalkineen ja kulkualustan välillä. Pinnan pito / liukkaus voidaan määrittää pintojen välisenä kitkakertoimenä, joka on mitattavissa oleva fysikaalinen suure. Mitatun kitkakertoimen yhdistää subjektiivisesti koettuun pinnan liukkauteen seuraava Työterveyslaitoksella laadittu luokitus (Grönqvist, 1995):

Luokka	Arviointi	Liikekitkakerroin
1	Erittäin pitävä	≥ 0.30
2	Pitävä	0.20 - 0.29
3	Epävarma	0.15 - 0.19
4	Liukas	0.05 - 0.14
5	Erittäin liukas	< 0.05

Turvallisen kitkakertoimen vähimmäisvaatimuksena voidaan tavanomaisessa kävelyssä pitää arvoa 0,20. Muissa liikkumistilanteissa, kuten kaltevalla alustalla kävellessä, kuormaa kannettaessa tai juostessa, saatetaan edellyttää suurempaa kitkakertoimta liukastumisen ehkäisemiseksi. Myös vanhukset sekä erilaisia sairauksia potevat tai vammautuneet henkilöt saattavat tarvita suurempia kitkakertoimia liikkuaan turvallisesti. Tuoreen tutkimuksen (Durá et al., 2005) mukaan turvallisen kitkakertoimen vähimmäisvaatimus olisi jopa 0,40 tietyillä erityisryhmillä.

Tien pintojen kitkaa on arvioitu useissa tutkimuksissa erilaisia mittalaitteita käyttäen (Wallman and Åstrom, 2001). Valitettavasti tutkimus on ollut painottunut tien ja renkaan välisen pidon arviointiin. Lisäksi useimmilla käytetyillä mittalaitteilla ei ole mahdollista luotettavasti arvioida kävelijän kokemaa liukkautta johtuen siitä, että oleelliset mitausparametrit eroavat liikaa ihmisen biomekaniikasta (Chang et al., 2001a, b). Viime

vuosina on tehty jonkin verran tutkimusta jalkineiden liukkaudesta erilaisissa talvioloissa. Tehdyt tutkimukset ovat keskittyneet jalkineen kitkan mittaamiseen jäällä laboratorio-oloissa (mm. Grönqvist and Hirvonen, 1995; Gao and Abeysekera, 2002; Gao et al., 2003). Tässä hankkeessa lähtökohtana oli kävelyalustan liukkauden mittaaminen erilaisissa talvioloissa käyttäen oikeita jalkineita monissa muissa kenttämittauksiin soveltuvissa laitteissa käytettyjen näytepalojen sijaan. Lisäksi Työterveyslaitoksella (TTL) kehitetyn siirrettävän liukkausmittarin (Aschan et al., 2003; Hirvonen et al., 2002) käyttämät mittausparametrit edustavat todellista kävelyn liukastumisen kannalta kriittisen vaiheen aikana esiintyvää kinematiikkaa.

2 PROJEKTIN TAVOITTEET

”Kelimallin kehittäminen talvijalankulun turvallisuuden parantamiseksi” -projektin tavoitteena on ollut osaltaan ehkäistä liukastumistapaturmia kehittämällä menetelmiä, joiden avulla jalankulkijoita voidaan varoittaa sään ja kelin aiheuttamasta liukkaudesta. Hanke on osa Liikenne- ja viestintäministeriön JALOIN-hanketta, joka perustettiin edistämään kävelyn ja pyöräilyn asemaa Suomessa, sekä Sosiaali- ja terveysministeriön Terveystta edistävän liikunnan kehittämistoimintaa (TELI). Tutkimushankkeen konkreettisiksi tavoitteiksi asetettiin:

- Mitata Työterveyslaitoksen siirrettävällä liukkausmittarilla kulkuteiden pitoa erilaisilla jalkineilla erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa sekä arvioida mittausten perusteella TTL:n liukkausmittausjärjestelmän toistettavuutta ja validiteettia ulkona talviolosuhteissa.
- Saada mittausten avulla uutta tietoa jalankulkijoiden kannalta vaikeista sää- ja keliolosuhteista, jolloin osaaminen jalankulkijoiden kelitiedottamisessa Ilmatieteen laitoksella kasvaa.
- Toteuttaa ensimmäinen jalankulkijoiden kelimalliversio sovittamalla Ilmatieteen laitoksella käytössä oleva tiesäämalli kuvaamaan jalkakäytävien olosuhteita kävelijän kannalta.

- Laajentaa jalankulkijoiden kelitiedottamista valtakunnalliseksi. Tiedottamisen laatu ja luotettavuus paranevat.
- Lisätä tietoa kunnossapitotoimien vaikutuksesta liukkauteen.
- Saadaan uutta tietoa erilaisten jalkineiden pito-ominaisuuksista.

Pidemmän tähtäimen tavoitteena on:

- Lisätä talvijalankulun turvallisuutta ehkäisemällä liukastumistapaturmia jalankulkijoiden kelitiedottamisen, kunnossapitotoimien kehittymisen ja yleisen tietoisuuden lisääntymisen kautta. Liukastumistapaturmien vähenemisen todentamiseksi tarvitaan tilastotietoja ulkona tapahtuvien liukastumisonnettomuuksien määrästä.
- Turvallisuuden paranemisen seurauksena talviliikunnan suosio kasvaa ja sitä kautta myös ikääntyvän väestön terveys ja kunto paranevat.
- Jalkakäytävien ja muiden kevyen liikenteen väylien kunnossapitomenetelmät kehittyvät ja ne voidaan ohjeistaa nykyistä tarkemmin. Lisääntyvän tiedon avulla kunnossapitotoimille voidaan tilaaja-tuottaja-järjestelmässä luoda tarkat kriteerit ja laatuvaatimukset.

3 LIUKKAUSMITTAUKSET

3.1 Mittauksissa käytetyt laitteet ja parametrit

Liukkaus- eli kitkamittaukset tehtiin Työterveyslaitoksen fysiikan osastolla kehitetyllä ja rakennetulla siirreltävällä liukkausmittarilla (Aschan et al., 2003; Hirvonen et al., 2002). Siirreltävä liukkausmittari on toimintatavaltaan TTL:n laboratorionkäytössä olevan askelsimulaattorin (Grönqvist, 1995) kaltainen, mutta sen kestromagneettikaraan perustuvan lineaarimoottoritekniikan käyttö mahdollistaa laitteen monipuolisen ja dynamiikaltaan korkeatasoisen ohjaamisen sekä siirreltävyuden. Sekä vanhan askelsimulaattorin että siirreltävän liukkausmittarin toiminta perustuu jalkineella tehtävän kantaiskuvaiheen askelliu'un simulointiin sopivia säätöparametreja käyttäen sekä mittaus-

hetken ja -välin valintaan aitoa liukastumistapahtumaa mukaillen.

Ulkona talviolosuhteissa tehdyissä liukkaussmittauksissa käytettiin seuraavia mittausparametreja:

- normaalivoima (l. pystyvoima) 170, 250 tai 500 N mitattavan alustan kitkakerrotoimien suuruudesta riippuen,
- normaalivoiman nousunopeus 4,5 kN/s
- kantapään kosketuskulma 5° (l. kantaisku),
- kosketushetkellä mittaavan jalkineen vaakanopeus 0,2 m/s,
- liu'un kokonaispituus n. 7 - 8 cm, jonka keskikohdalta kitka- eli vaakavoiman keskiarvon mittaus 100 ms ajalta.

Mittari tekee yhdellä mittausyhdellä kolme peräkkäistä askellusta, joiden vaaka- ja pystyvoiman suhteesta saadaan laskettua kitkakertoimen keskiarvo ja sen hajonta. Siirreltävä liukkaussmittari on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Siirreltävä liukkaussmittari Työterveyslaitoksen pihalla sijaitsevassa mittauspisteessä.

Mittauksissa käytetty jalkine on merkittävä yksittäinen parametri. Kevättalvella 2003 tehdyissä mittauksissa päädyttiin aiempien kokemusten perusteella alustavasti neljään eri jalkineeseen: i) käytössä liukkaaksi todettuun saappaaseen, ii) erittäin pitäväksi luokiteltuun (European prestandard ENV 13287, 2000; Grönqvist, 1995) tavanomaiseen turvajalkineeseen, iii) liukkaaseen jalkineeseen, jonka kova ja sileä, kuvioimaton TPU-pohja (kovuus: 92 Shore A) on samaa materiaalia kuin esimerkiksi kapeapohjaisissa naisten jalkineissa yleisesti käytetty pohjamateriaali, sekä iv) ns. referenssijalkineeseen. Referenssijalkine on fysiikan osastolla yleisesti liukkausmittauksissa käytetty vertailujalkine, jonka pohjamateriaalina on huokoinen PU ja jonka pohjakuvio on täysin poistettu hiomalla. Koska jalkineilla i) ja iii) samoin kuin vastaavasti jalkineilla ii) ja iv) mitatut kitka-arvot olivat keskenään hyvin samankaltaisia, tehtiin toisen talvikauden (lokakuu, 2003 - maaliskuu, 2004) sekä syystalven 2004 mittaukset käyttäen ainoastaan jalkineita ii) ja iii).

Markkinoilla olevien tavanomaisten naisten talvijalkineiden pitoa arvioitiin mittaamalla yhdeksän erilaisen jalkineparin kitka lumisella pinnalla ($T = -2\text{ °C}$) sekä pehmeällä, vetisellä jäällä ($T = 0\text{ °C}$). Mittauksiin valitut naisten jalkineet hankittiin paikallisista tavarataloista ja kenkäkaupoista ja ne valittiin siten, että joukossa oli sekä pitäviksi että liukkaiksi tuotteen ulkonäön perusteella arvioituja tuotteita. Jalkineiden pito mitattiin vertailun vuoksi myös laboratorio-oloissa ($T = 0\text{ °C}$, -5 °C ja -20 °C) jääpinnalla.

Liukkausmittarilla tehtyjen mittausten ohella pinnan liukkaudesta tehtiin myös subjektiivinen arvio käyttäen viisiportaista asteikkoa: erittäin liukas, liukas, epävarma, pitävä ja erittäin pitävä. Arvion tehneillä mittaajilla oli jalassaan tavanomaiset turvajalkineet.

3.2 Mittauspaikat ja olosuhteet

Ensimmäiset mittaukset tehtiin helmikuussa 2003. Tuolloin mittauspaikoiksi valittiin sekä liikennemääriltään hiljaisempia jalankulkuväyliä (mm. Töölöntullinkatu) että vilkasliikenteisiä kohteita (mm. Helsingin rautatieaseman ympäristö, Sörnäisten metroasema), jossa Vuoriaisen et al. (2000) tutkimusraportissa esitetyn kartan perusteella oli sattunut useita kaatumistapaturmia. Lisäksi tehtiin mittauksia paikoissa, joissa ei ollut varsinaista talvikunnossapitoa (TTL:n sisäpiha, Keskuspuisto). Kunnossapidon, lähinnä hiekoituksen, vaikutukset näkyivät mittaustuloksissa selkeästi, joten toisella tal-

vikaudella mittaukset päädyttiin tekemään kohteissa, joissa ei ollut talvikunnossapitoa. Näin saatiin parhaiten huomioitua mallinkehityksen tarpeet.

Liukkausmittauksia tehtiin erilaisissa sääolosuhteissa. Kunkin mittauksen yhteydessä mitattiin sen hetkinen ilman lämpötila ja kosteus sekä mittauspisteen (l. maanpinnan) pintalämpötila. Lisäksi kaikki mittauspaikat valokuvattiin myöhempää arviointia varten sekä kirjattiin kuvaus olosuhteista (pinnalla jäätä, lunta, sohjoa, jne) ja mahdollisesta kunnossapidosta.

4 JALANKULKIJOIDEN KELIMALLIN KEHITYSTYÖ

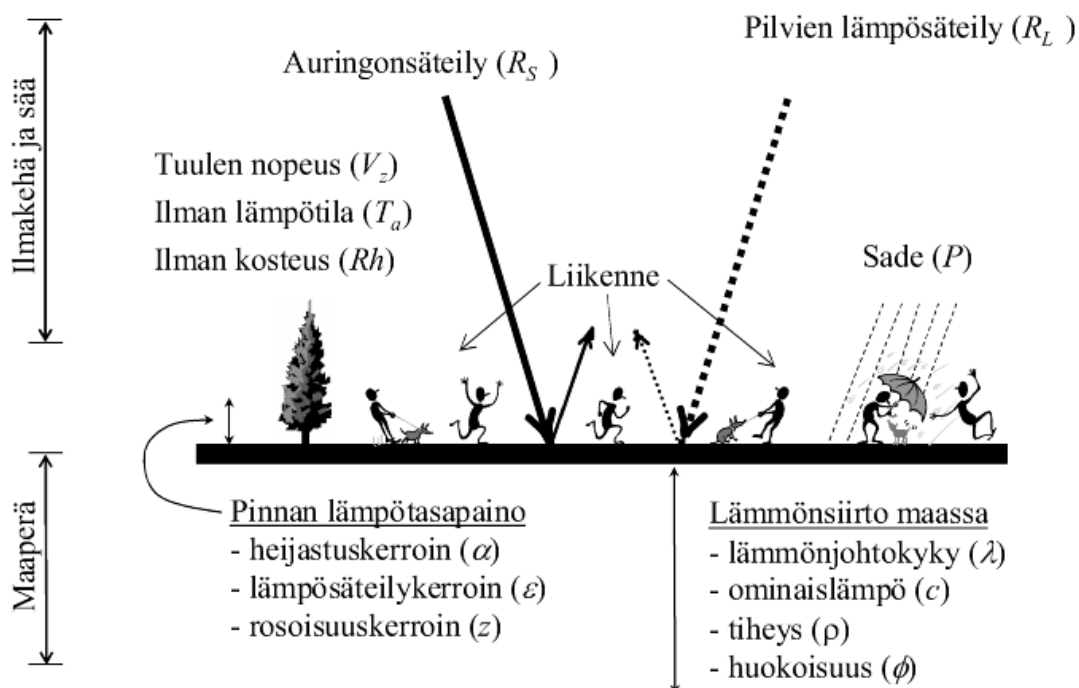
4.1 Tiesäämalli

Ilmatieteen laitoksella on 1990-luvun lopulla kehitetty tiesäämalli, jonka avulla voidaan kuvata tienpinnan keliolosuhteita autoliikenteen kannalta (Kangas et al., 2001). Tiesäämalli on pinnan energiatasapainoon perustuva yksiulotteinen numeerinen malli (kuva 2). Kansainvälisesti ainutlaatuista mallissa on, että tienpinnan lämpötilan laskemisen lisäksi se tekee kelitulkinnan eli päättelee tienpinnan laadun (kuiva, märkä, jäinen, luminen, kuurassa jne.) ja antaa myös yleisemmän liikenneolosuhteita kuvaavan indeksin (normaali, huono, erittäin huono).

Kelitulkinnessa keskeisiä ovat varastot, jotka kuvaavat veden, jään, lumen ja kuuran määrää tien pinnalla. Varastot vuorovaikuttavat keskenään sekä sään ja liikenteen kanssa. Esimerkiksi lumivarasto kasvaa lumisateella ja pienenee sulamisen takia muuttuen vedeksi, jolloin vesivarasto kasvaa. Lumivarasto pienenee myös liikenteen kulutuksen takia, jolloin osa lumesta puristuu jääksi ja osa "pölyää" pois tieltä. Samantapaisia vuorovaikutuksia on myös muilla varastoilla. Tiesäämallissa nämä vuorovaikutukset on sovitettu päätieverkon autoliikenteelle. Tienhoitotoimenpiteitä ei varsinaisessa operatiivisessa mallissa oteta huomioon. Mallista on olemassa myös kehitysversio, jossa tienpinnan auraus on otettu huomioon ja jota on tarkoitus käyttää tienpinnan hoitotarpeiden ajoittamisessa (Hippi, 2004).

Tiesäämalli on ollut käytössä Ilmatieteen laitoksessa meteorologien apuna vuodesta 2000 lähtien. Sitä ajetaan operatiivisesti kerran tunnissa uusimpien säähavaintojen ja sääen-

nusteiden pohjalta. Yksi mallin erityispiirre on, että se hyödyntää myös säätutkaverkosta saatavia sadehavaintoja. Laskenta-alue käsittää maantieteellisesti koko Suomen. Tulok-
sista piirretään sekä paikkakuntaakohtaisia ennusteita että karttapohjaisia, koko maan
kattavia ennustekuvia.



Kuva 2. Tiesäämalli perustuu pinnan energiatasapainoon ja siinä otetaan huomioon kuvassa näkyviä tekijöitä.

4.2 Jalankulkijoiden kelimalli

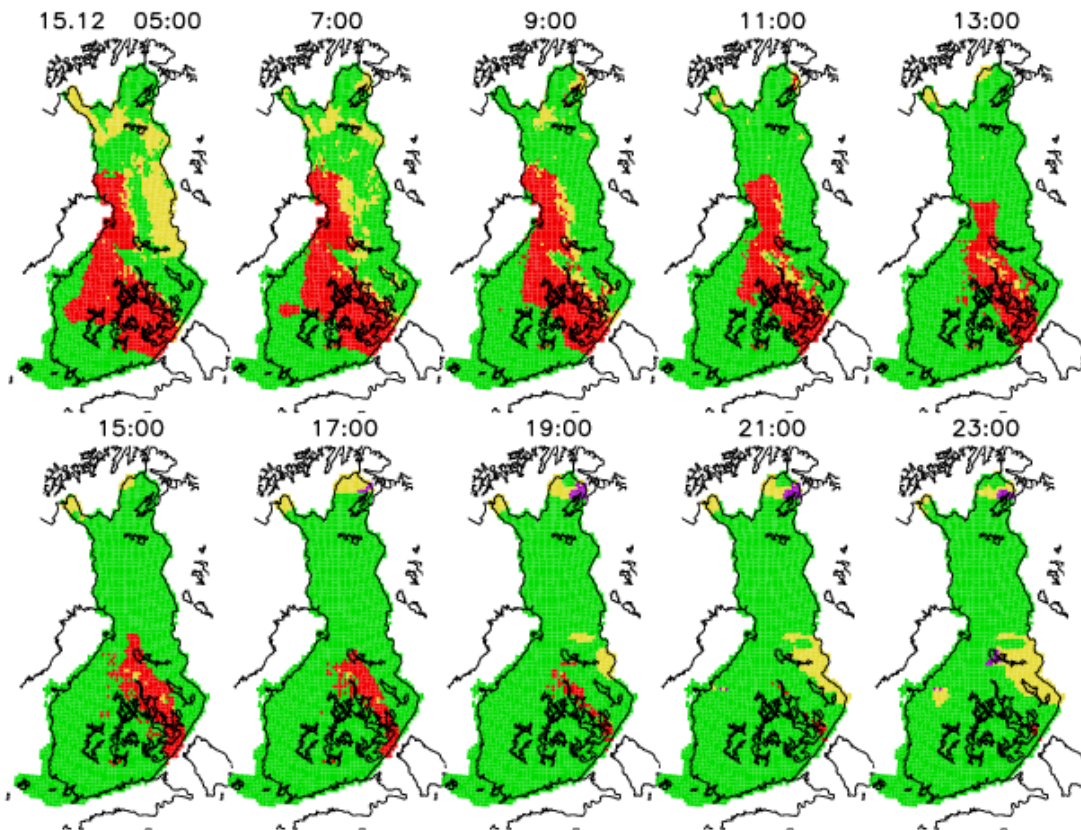
Tässä projektissa kehitettiin jalankulkijoiden kelimalli edellä kuvatun tiesäämallin pohjal-
lalle. Tiemallin ns. varastotermit eli lumen, veden, jään ja kuuran muutoksia kuvaavat
kulumistermit sovitettiin jalkakäytävälle. Esimerkiksi tiesäämallissa lumi tamppautuu
vain osin ajoradalla ja loput lumesta poistuu pientareelle autoliikenteen takia. Jalankul-
kumallissa puolestaan oletetaan, että kaikki satava lumi tamppautuu lämpötilasta riip-
puen vähitellen jääksi. Kaikkia kulumistermejä pienennettiin jalankulkumallissa selvästi
ja lisäksi muokattiin yöaikaa, jolloin kuluminen on vähäisempää, paremmin jalankulku-
malliin sopivaksi.

Jalankulkijoiden kelimalliin rakennettiin keli-indeksi, joka kuvaa liukkautta. Indeksien luokitukset normaali, liukas ja erittäin liukas vastaavat periaatteessa tiesäämallin luokitusta normaali, huono ja erittäin huono. Indeksit ovat kuitenkin sisällöltään täysin erilainen kuin tiesäämallissa. Tämä on luonnollista, koska aiemmin on jo todettu, että jalankulkijoille vaarallisimmat tilanteet eivät ole samoja kuin autoliikenteen ongelmapäivät.

Keli-indeksin runko rakennettiin hyödyntäen kevään 2003 liukkausmittauksia. Kelimalli on sovitettu pitävällä kengällä tehtyihin mittauksiin, sillä liukkaalla kengällä on usein huono pito melko hyvälläkin kelillä. Kehitystyö jatkui loppuvuoden mittauksien avulla ja operatiivinen malli saatiin meteorologien käyttöön tammikuussa 2004. Tämä malli varoitti erittäin liukkaasta kelistä mittauksiin verrattuna 85 %:ssa tapauksista (162/190). Kevään 2004 mittauksia ja sairaaloista saatuja liukkaustilastoja hyödyntämällä viimeisimmän malliversion tulokset saatiin parantumaan siten, että varoitus on oikein 92 %:ssa mitatuista tapauksista (174/190). Tämä malliversio otettiin käyttöön lokakuussa 2004.

Keli-indeksi perustuu ensisijaisesti varastojen tilan tulkintaan. Tämän lisäksi huomioidaan vallitseva ja mennyt sää edeltävän neljän vuorokauden osalta. Varastoissa tapahtuneet muutokset otetaan myös huomioon. Malli etsii säähistoriasta tilanteita, joissa jalkakäytävälle on muodostunut erittäin liukas peilimäinen jääpinta. Mikäli tällainen pinta syntyy, ja sille sataa/sulaa vettä tai sille sataa lunta, malli varoittaa erittäin liukkaasta kelistä. Esimerkki mallin antamista ennusteista on kuvassa 3.

a)



- Normaali
- Liukas
- Erittäin liukas 1 (vettä jäällä)
- Erittäin liukas 2 (kuivaa lunta jäällä)

Kuva 3. Esimerkki jalankulkijoiden kelimallin ennusteista. Karttamuotoisissa tuotteissa (a-kuva) nähdään ennuste kahden tunnin välein keliluokittain koko Suomeen. Tarkemmassa paikkakuntaakohtaisessa (b-kuva) ennusteessa nähdään mm. ilman lämpötilan ja jalkakäytävän pinnan lämpötilan, keli-indeksin, jää- lumi- ja vesivarastojen kehitys sekä alimpana lyhyt- ja pitkäaaltoinen säteily mallin ennustejakson aikana.

Jalankulkijoiden kelimallista ajetaan päivittäin kahta eri versiota. Toisessa versiossa oletetaan, että pinnalla on mallin alkutilanteessa jääkerros ja toisessa, että alkutilanteessa ei ole jääkerrosta. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska ennustetta laskettaessa ei ole käytävissä todellista havaintotietoa pinnan olosuhteista alkutilanteessa ja toisaalta kunnossapitotoimien vaihtelevan tason vuoksi. Meteorologi valitsee harkintansa mukaan sen malliversion, jonka arvioi kuvaavan alkutilannetta paremmin.

5 YHTEISTYÖ TERVEYDENHUOLLON KANSSA

Oleellinen osa kehitystyötä on tutkia jalankulkijoiden kelimallin osuvuutta todellisissa säätilanteissa ja verrata mallin ennustamaa keliä liukastumistapaturmien määrään. Koska liukastumistapaturmista ei ole saatavilla kattavia tilastotietoja, tämän projektin yhteydessä pidettiin muutamilla päivystyspoliklinikoilla päiväkirjaa liukastumistapaturmista. Mallikehityksen kannalta oleellisina tietoina kerättiin liukastumisten päivittäinen lukumäärä sekä liukastumistapahtuman aika- ja paikkatietoja. Työssä voitiin hyödyntää Helsingistä Marian sairaalan ja Kuopion yliopistollisen keskussairaalan päivystyspoliklinikoilla kerättyjä tietoja. Erittäin hyödylliseksi osoittautui myös yhteistyö Töölön tapaturma-aseman kanssa, sillä sieltä oli mahdollista saada tietoa liukastumistapaturmien lukumäärästä ja tarkemmasta liukastumisen tapahtuma-ajankohdasta myös jälkikäteen.

Mallin osuvuustarkastelussa käytettiin myös STAKESin hoitoilmoitusjärjestelmän (HILMO) tietoja, mutta ne kattavat vain tapaturmat, jotka vaativat vuodehoitoa sairaaloissa. Liukastumistapaturmat kirjataan ”vammojen, sairauksien tai kuoleman ulkoisena syynä” koodille W00 eli ”kaatuminen jää- tai lumikelillä”. Mallin kehitystyössä HILMO-rekisterin tietoja voitiin käyttää syksyn 2003 osalta, sillä vuoden 2004 tietoja ei tuolloin ollut vielä rekisterissä. Tiedoista poimittiin päädiagnoosilla S00-T14 (mm. pään, lonkan ja raajojen alueen vammoja) kirjattujen henkilöiden ensimmäisen hoitojakson ensimmäinen päivä sairaaloittain ja kotikunnittain. Ulkoisen syyn W00 perusteella määritettiin liukastumistapaturmien kasaumapäiviä eri alueilla. Näitä tietoja hyödynnettiin sekä jalankulkijoiden kelimallin että kelitiedottamisen osuvuuden arvioinnissa. On huomattava, että noin 10 %:ssa tapauksista ulkoista vamman aiheuttanutta syytä ei ollut kirjattu lainkaan ja muutenkin aineistossa oli nähtävissä epätarkkuutta. Kuitenkin näin saatuja tietoja voidaan pitää vähintäänkin suuntaa-antavina.

Poliklinikoiden liukastumistilastoja hyödynnettiin mallikehityksen loppuvaiheessa etsimällä päiviä, jolloin tapaturmia oli selvästi lukumääräisesti tavanomaista enemmän, olettaen, että sää- ja keliolosuhteet selittävät liukastumisten suuren määrän. Tapaturmien ”kasaumapäivät” ja ”lähes kasaumapäivät” määriteltiin samoin kuin aiemmin julkaistussa tutkimuksessa (Penttinen et al., 1998). Kasaumapäivänä tapaturmia sattuu niin paljon, että todennäköisyys, että ne ovat selitettävissä pelkästään satunnaisvaihtelulla, on Poisson-jakauman mukaisesti 0,01 %. Vastaavasti tapaturmien lukumäärä lähes kasaumapäivänä on selitettävissä satunnaisvaihtelulla vain 1 % todennäköisyydellä. Näin määriteltynä Töölön tapaturma-aseman kasaumapäivän rajaksi muodostui 14 ja lähes kasaumapäiväksi 10 tapaturmaa. HILMO-tilastoista kasaumapäivä voitiin määritellä vain pääkaupunkiseudulle, jolloin rajaksi tuli 9 tapaturmaa. Marian sairaalan tilastot olivat niin epäjatkuvia, että varsinaista kasaumapäivää ei tästä seurannasta määritetty, vaan käytettiin em. tutkimuksen (Penttinen et al., 1998) kasaumapäivän raja-arvoa, 13 tapaturmaa.

6 TULOKSET

6.1 Liukkaus erilaisilla jalkineilla

Liukkausmittauksia tehtiin vaihtelevissa talvisissa keliolosuhteissa. Mitattavat kohteet olivat pääasiassa jään, lumen tai sohjon peittämät. Referenssijalkine sekä pitävä turvajalkine samoin kuin liukas saapas ja TPU-pohjainen jalkine antoivat mitatuissa olosuhteissa keskenään samansuuntaisia tuloksia. Tästä syystä tulokset on raportoitu vain käyttäen termejä ”liukas jalkine” ja ”pitävä jalkine”, jolloin näkyy myös jalkineen valinnan merkitys liukkauden torjunnassa eri olosuhteissa.

Pitävä jalkine osoittautui kaikissa mitatuissa keliolosuhteissa liukasta paremmaksi pitävällä jalkineella mitattujen kitkakertoimien ollessa keskimäärin kaksi kertaa suurempia kuin liukkaalla jalkineella mitatut kitkakertoimet. Paikoin pitävän jalkineen antama pito oli jopa yli nelinkertainen liukkaaseen jalkineeseen verrattuna. Eri jalkinetyypeillä saadut kitka-arvot eivät juurikaan eronneet toisistaan erittäin pitävillä, hyvin hiekoitetuilla pinnoilla tai vetisen jäisillä, liukkailla pinnoilla, joissa pitävällä jalkineellakin mitattu kitkeroin oli $< 0,14$.

Liukkaalla jalkineella tehtyjen kaikkien mittausten kitka-arvojen keskiarvo oli $0,18 \pm 0,06$ pienimmän mitatun arvon ollessa 0,06 (0-asteinen pehmenevä, sulava / hieman sulanut jää) ja suurimman 0,42 (tallaantuneen, vastasataneen suojalumen peittämä talleantunut luminen pinta). Vastaavasti pitävällä jalkineella kaikkien mittaustulosten keskiarvo oli $0,37 \pm 0,12$ minimin ollessa 0,09 (veden peittämä sileä jää) ja maksimin 0,63 (tallaantunutta vastasatanutta suojalunta). Muutamia esimerkkejä mittaustuloksista erilaisissa keliolosuhteissa on esitetty kuvissa 4-8.



Kuva 4. Joulukuisena aamuna märällä jäällä kitka-arvoksi liukkaalle jalkineelle mitattiin 0,09 ja vastaavasti pitävälle jalkineelle 0,12.



Kuva 5. Mitattaessa jätää ($T=-6^{\circ}\text{C}$), jolla oli ohut kerros vastasatanutta lunta, saatiin kitka-arvoksi 0,12 liukkaalle ja 0,15 pitävälle jalkineelle.



Kuva 6. Normaalina talvipäivänä muutaman asteen pakkasessa saatiin tulokseksi 0,18 liukkaalle ja 0,50 pitävälle jalkineelle, kun alustana oli kevyesti hiekoitettu, tallaantunut lumi.



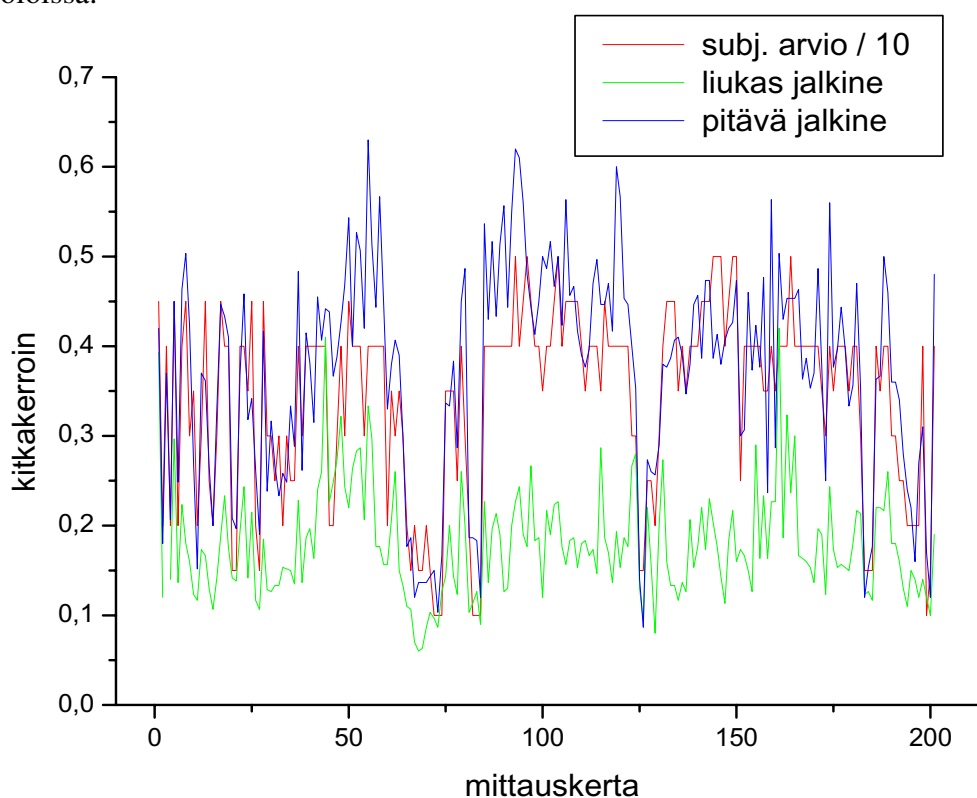
Kuva 7. Hiekoittamattomalla vetisellä jäällä mitattiin kitka-arvoiksi 0,12 ja 0,18 liukkaalle ja pitävälle jalkineelle. Mitatut kitkakertoimet kaksinkertaistuivat, kun mitattiin vastaavasta pisteestä, jossa oli hiekoitusta.



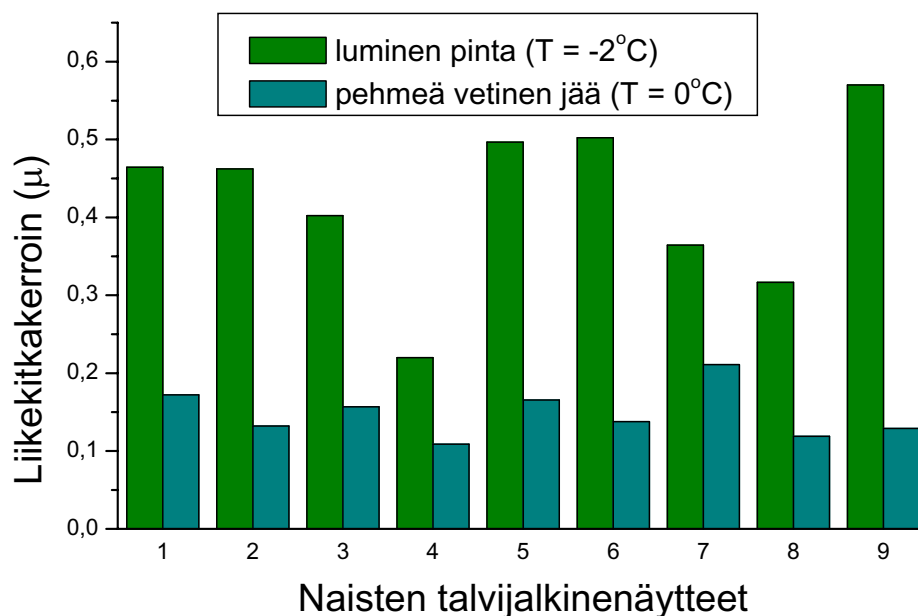
Kuva 8. Hyvin hiekoitetulla tallaantuneella lumella oli hyvä pito jalkineesta riippumatta: liukkaan jalkineen kitkakerroin oli 0,39 ja pitävän 0,42.

Liukkaalla jalkineella eri olosuhteissa tehdyt mittaukset korreloivat tilastollisesti erittäin merkittävästi ($p < 0,0001$) pitävällä jalkineella tehtyjen mittausten kanssa korrelaatiokerroimen ollessa 0,61. Korrelaatio subjektiivisten arvioiden kanssa oli heikompi ($r = 0,51$, $p < 0,0001$). Sen sijaan pitävällä jalkineella mitatut kitkakertoimet korreloivat hyvin ($r = 0,82$, $p < 0,0001$) subjektiivisten arvioiden kanssa. Parempi korrelaatio selittyy sillä, että subjektiiviset arviot tehtiin käyttäen hyvän pidon omaavia turvajalkineita.

Subjektiivisten arvioiden ja pitävällä jalkineella tehtyjen mittausten tulosten samankaltaisuus ilmenee kuvasta 9. Kuvasta havaitaan myös se, että liukkaalla jalkineella saadut tulokset ovat lähes kaikissa mittauspisteissä olleet huomattavasti pienemmät kuin vastaavat pitävällä jalkineella tehdyissä mittauksissa. Lisäksi suuria eroja jalkineiden pito-ominaisuuksissa todellisissa talvioloissa löytyi yhdeksällä erilaisella naisten talvijalkineella tehdyissä mittauksissa (Kuva 10). Ko. jalkineilla laboratorio-oloissa jäällä tehdyt mittaukset osoittivat myös selkeästi erot eri tuotteiden välillä. Yleisesti saatujen tulosten perusteella voidaankin todeta, että jalkineiden väliset erot pito-ominaisuuksissa ovat huomattavat ja oikeilla jalkinevalinnoilla voitaisiin ehkäistä liukastumisia talvioloissa.



Kuva 9. Pitävällä ja liukkaalla jalkineella mitatut kitkakertoimet sekä subjektiiviset arviot mittauskertojen funktiona.



Kuva 10. Yhdeksän erilaisen naisten talvijalkineen liukkaus mitattuna kahdessa erilaisessa talviolosuhteessa.

6.2 Jalankulkijoiden kelimallin osuvuus

Kelimallin kehitystyössä käytettiin hyväksi sekä liukkausmittauksia että tapaturmatilastoja ja viimeisin malliversio pystyi tulkitsemaan olosuhteet oikein 92 %:ssa tapauksissa liukkausmittauksiin verrattuna. Mallilla on kuitenkin taipumusta ylivoittamiseen: kun verrataan mallin kelitulkintaa Töölön tapaturmien kasauma- ja lähes kasaumapäiviin, ylivoitusten osuus on 16 %. Tähän voidaan löytää selityksiä useista tekijöistä.

Jalankulkijoiden kelimallissa ei toistaiseksi huomioida kunnossapitotoimenpiteitä ja tämän vuoksi mallin suorituskyky ei kaikissa tilanteissa ole oikea. Lisäksi syöttötietoina käytetään säähavaintoja, jotka eivät aina vastaa mittauspisteen säätilannetta. Esim. pääkaupunkiseudulla voi esiintyä suuria eroja lyhyellä matkalla meren vaikutuksesta ja pienikin lämpötilaero voi johtaa mallissa väärään tulkintaan, kun lämpötila on lähellä nollaa.

Kitkamittauksia on myös tehty tyypillisesti varjoisilla paikoilla ja malli kuvaa toistaiseksi vain avointa aluetta. Tämä aiheuttaa joissakin tilanteissa eroavaisuuksia mitatun liukkauden ja mallin tulkinnan välillä, esim. kun keväällä lämpötila kohoaa ja jääpinta alkaa sulaa, on sulaminen paljon hitaampaa varjoisalla alueella. Ylivaroittaminen onkin ongelma erityisesti alkutalven ja loppukevään osalta, jolloin liukkaus on paikallisempaa ja voimakkaammin kunnossapidosta riippuvaa. Keskitalvella ongelmallisimpia tilanteita ovat sateen olomuodon muutostilanteet ja näissä tilanteissa meteorologin osaamisen tarve korostuu.

Sairaalatilastot eivät myöskään välttämättä ole suoraan verrattavissa mallin toimintaan. Liukkauden ajoittuminen esim. yöaikaan tai lyhytaikainen liukkaus eivät välttämättä nouse esiin tapaturmatilastoissa. Samoin juhlapyhät ja viive tapaturmien ja poliklinikakäyntien välillä vaikuttavat tuloksiin. Toisaalta talven ensimmäiset liukkaat näyttävät myös yllättävän jalankulkijan - samoin kuin autoilijankin, mikä näkyy sairaaloissa suurempina tapaturmalukuina kuin keliolosuhteiden perusteella voisi odottaa.

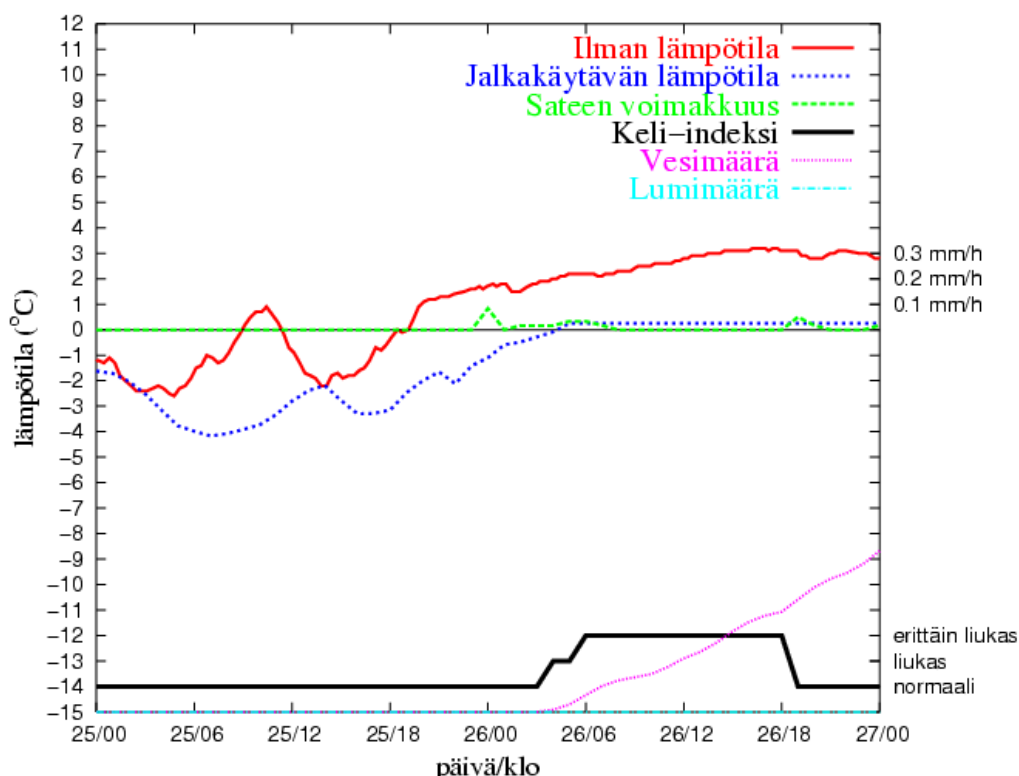
Liukastumistilastojen mukaan tapaturmia sattuu jonkin verran myös tilanteissa, joissa sataa runsaasti lunta, mutta kelimallin tai liukkausmittausten mukaan keli ei olisi liukas. Tähän lienee osaksi selityksenä liukkaat jalkineet ja kompastumiset lumen peittäessä pinnan epätasaisuuksia. Osittain selityksenä lienee myös lumen tamppautuminen: alueilla, joissa liikkuu paljon jalankulkijoita, tamppautumisen seurauksena lumipinta muuttuu melko nopeasti jäiseksi. Mallissa ei ole toistaiseksi otettu erikseen huomioon vilkkaiden alueiden nopeaa tamppautumista. Myöskään liukkausmittauksia ei tehty kaikkein vilkkaimmilla jalankulkualueilla.

Seuraavassa esimerkkejä mielenkiintoisista liukkaan kelin jaksoista pääkaupunkiseudulla ja mallin osuvuudesta näissä tilanteissa:

1) Helsinki 25.-26.11.2003

Kuvassa 11 nähdään kelimallin ennuste jaksolle 25.-26.11.2003. Nämä päivät eivät näy sairaaloiden liukastumistapaturmatilastoissa kasaumapäivinä, mutta määrät ovat kuitenkin hieman kohonneet ja esim. Töölön tapaturma-aseman vastaanotolle hakeutui seitsemän henkilöä kumpanakin päivänä liukastumistapaturman takia. TTL:n kitkamittausten mukaan keli oli kaikilla mittauskerroilla liukas näiden päivien aikana: tiistaina 25.11. kitka-

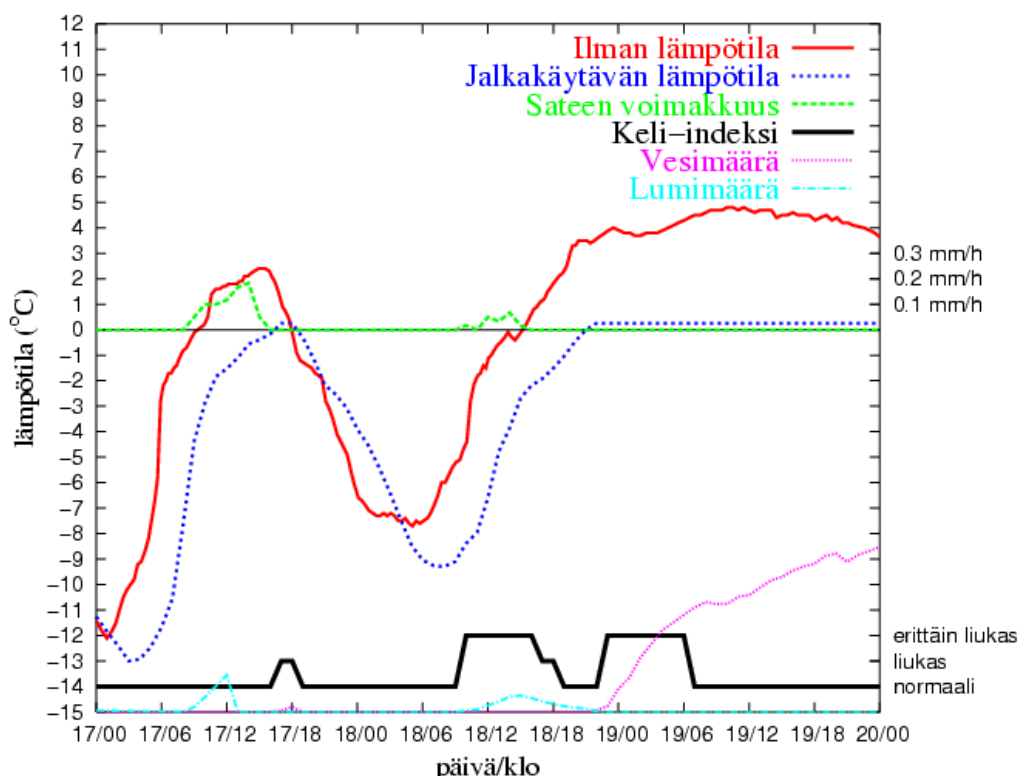
kertoimet liukkaalla kengällä vaihtelivat ajasta riippuen 0,06 ja 0,11 välillä ja pitäväläkin kengällä 0,12 ja 0,19 välillä. 26.11. liukkaan kengän kitkakertoimet vaihtelivat välillä 0,09 - 0,13 ja pitävän kengän välillä 0,10 - 0,17. Myös Ilmatieteen laitoksen tiedotteessa jalankulkijoille varoitettiin liukkaudesta molempina päivinä. Kelimalli ei kuitenkaan kykene tulkitsemaan 25.11. esiintynyttä liukkautta, sillä ennustettu tienpintalämpötila mallissa jää hieman liian alhaiseksi eikä mallin jääpinta pääse sulamaan. Tästä esimerkistä huomataan, että jalankulkukelin ennustaminen on hyvin herkkä lämpötilalle ja osaava meteorologi voikin korjata ennusteen mallia paremmaksi. Sen sijaan 26.11. lämpötilan mallintaminen onnistuu hyvin, jäinen pinta alkaa sulaa ja malli varoittaa erittäin liukkaasta kelistä.



Kuva 11. Jalankulkijoiden kelimallin ennuste ajalle 25.11.-26.11.2003

2) Helsinki 17.-19.12.2003

Kuvassa 12 on esitetty kelimallin ennuste ajalle 17.-19.12.2003. Keskiviikkona 17.12. satoi märkää lunta ja tihkua, lämpötila kohosi nollan yläpuolelle ja pinnoilla tapahtui vähäistä sulamista. Kitkamittausten mukaan keli oli pitävä: klo 15.35 mittauksissa liukkaan kengän kitkakerroin oli 0,20 ja pitävän kengän 0,49. Myös kelimalli tulkitsee kelin päivällä normaaliksi ja alkuillasta vain lyhytaikaisesti liukasta keliä. Töölön tapaturma-asemalle tuli 10 ja Marian sairaalaan 6 liukastunutta. Illan aikana lämpötila laski jälleen pakkasen puolelle ja näin muodostui melko peilimäinen jääpinta. Kun seuraavana päivänä (18.12) satoi pakkaslunta jäiselle pinnalle, malli tulkitsee tilanteen erittäin liukkaaksi. TTL:n mittausten mukaan liukkaalla kengällä kitka vaihteli päivän aikana välillä 0,10 – 0,13 eli oli luokassa liukas ja pitävällä kengällä välillä 0,18 - 0,19 eli oli luokassa epävarma. Marian sairaalassa kirjattiin 14 ja Töölössä 9 liukastumista tuolle päivälle.



Kuva 12. Jalankulkijoiden kelimallin ennuste ajalla 17.-19.12.2003

Myös 19.12. alkoi liukkaana. Lämpötila kohosi yön aikana nolnaan jalkakäytävän pinnalla, joten jää ja tamppautunut lumi alkoivat sulaa muodostaen liukkaan pinnan. Marian sairaalan tilastoissa liukkaus ei näy, vain 2 liukastunutta, mutta sen sijaan Töölön tilastoissa tämä on lähes kasaumapäivä, 13 liukastumistapaturmaa. On myös mahdollista, että osa näistä Töölön kaatuneista on loukkaantunut jo edellisenä päivänä ja hakeutunut hoitoon viiveellä. Liukkaus näet ajoittui mallin mukaan yölle ja aamuun ja myös TTL:n mittausten mukaan kadut olivat jo aamupäivällä lähes sulat, mutta jäisissä kohdissa klo 9.45 kitka oli liukkaalla kengällä 0,09 ja pitävällä kengälläkin vain 0,12, molemmat siis luokassa liukas.

Tämän liukkaan jakson aikana ei annettu tiedotteita liukkaasta jalankulkukelistä, mikä osaltaan kertoo, että meteorologien osaaminen jalankulkijoiden kelitiedottamisessa vaihtelee paljon. Kelimalli ei myöskään ollut tuolloin vielä meteorologien työvälineenä. Tämä tapaus osoittaa kelimallin hyödyllisyyden ja voidaan odottaa, että kelimallin käyttöönoton jälkeen ennusteiden laatu ja luotettavuus paranevat. Mutta kuten ensimmäinen esimerkki osoittaa, meteorologi voi myös parantaa mallin antamaa ennustetta. Päivittäisessä ennustustyössä paras tulos saavutettaneen siten, että meteorologit käyttävät mallia jalankulkusään pohjana tarkastellen kuitenkin mallin antamia tulkintoja kriittisesti ja muuttaen niitä tarvittaessa.

6.3 Jalankulkijoiden kelitiedottaminen

6.3.1 Talvikausi 2003-2004

Ilmatieteen laitoksen palveluyksiköt antoivat talvikaudella 2003-2004 kelitiedotteita jalankulkijoille paikkakuntaakohtaisesti Alueellinen työnjako oli seuraava: Keskuspalvelu teki tiedotteita pääkaupunkiseudulle, Länsi-Suomen aluepalvelu Lahteen, Tampereelle ja Jyväskylään sekä Itä-Suomen aluepalvelu Kouvolaan ja Kuopioon. Pohjois-Suomen aluepalvelu aloitti heille uutena palvelumuotona jalankulkijoiden kelitiedottamisen Ouluun alkuvuodesta 2004.

Jalankulkijoiden kelimallin ensimmäinen versio asennettiin operatiiviseen käyttöön keskellä talvikautta, tammikuussa 2004. Annetuista tiedotteista on nähtävissä, että mallia ei hyödynnetty päivittäisessä tiedottamisessa vielä kovin paljon loppukaudenkaan aikana.

Annetuissa tiedotteissa näkyi selvästi myös tieliikenteelle suunnatun kelitiedottamisen vaikutus. Kun annettuja tiedotteita verrattiin mallin antamiin tulkintoihin, yleisin ero oli se, että varoitettiin tienpintojen jääytymisestä, vaikka jalankulkijan kannalta liukkain vaihe on jo ennen jääytymistä tilanteessa, jolloin vettä on jään päällä. Samaten tiedotteissa varoitettiin usein lumisateista, kun malli tulkitsee kelin erittäin liukkaaksi vain, kun kuivaa lunta sataa jäisen pinnan päälle.

Pääkaupunkiseudulla tiedotettiin talvikauden 2003-2004 aikana liukkaasta kelistä 18 päivänä. Niistä vain seitsemänä päivänä tiedottaminen olisi ollut perusteltua Marian ja Töölön sairaaloiden tilastojen ja TTL:n liukkausmittausten mukaan. Jälleen täytyy kuitenkin huomata, että tiedottamisen osuvuutta ei voida yksiselitteisesti verrata sen paremmin sairaaloiden tilastoihin kuin liukkausmittauksiinkaan. Liukkaudessa voi varsinkin pääkaupunkiseudulla olla suurta paikallista vaihtelua rannikon läheisyyden, kunnossapitotoimien ja jalankulkijoiden määrän vaihtelun takia. Tiettyinä päivinä jalankulkuliikennettä on huomattavasti vähemmän kuin keskimäärin (juhlapyhät, osittain viikonloput) ja myös viive sairaalaan menemisen ja liukastumispäivän välillä voi vaikuttaa tuloksiin. Kuitenkin tämä tulos osoittaa, että kelimalli on tarpeellinen apuväline meteorologeille, jotta ennusteiden osuvuus paranisi.

6.3.2 Talvikausi 2004-2005

Marraskuussa 2004 jalankulkijoiden kelitiedottamista laajennettiin koko maahan Koti- ja vapaa-ajan tapaturmien torjuntatyön neuvottelukunnan suositusten mukaisesti. Laajentamista pidettiin mahdollisena, koska jalankulkijoiden kelimallin osuvuus oli riittävän hyvä. Lisäksi projektin aikana on saatu uutta tietoa jalankulkijoiden kokeman liukkaan kelin kehittymisestä ja palveluun osallistuvat meteorologit ovat saaneet lisäkoulutusta kelitiedottamiseen. Operatiiviseen sääpalveluun, joka vastaa jalankulkijoiden kelitiedottamisesta, osallistuu n. 30 meteorologia.

Uusimuotoiset jalankulkijoiden kelitiedotteet ovat nähtävissä Ilmatieteen laitoksen internet-sivuilla. Maakuntakohtaiset tiedotteet päivitetään talvikaudella kaksi kertaa vuorokaudessa: aamuisin klo 6 ja iltapäivisin klo 15 mennessä. YLEn maakuntaradiot ja aluetelevisiot välittävät tiedotteita niinä päivinä, kun jalankulkukeli on liukas. Pahimpina päivinä tiedotteita voidaan käyttää myös valtakunnallisissa säälähetyksissä. Koska

jalankulkijoiden kelitiedottaminen on yksi Ilmatieteen laitoksen julkisista turvallisuussääpalveluista, tiedotteet ovat vapaasti käytettävissä IL:n www-sivuilta, jos ne julkaistaan muuttamattomina ja lähde mainitaan. Esimerkkejä jalankulkijoiden kelitiedotteista on liitteessä 1.

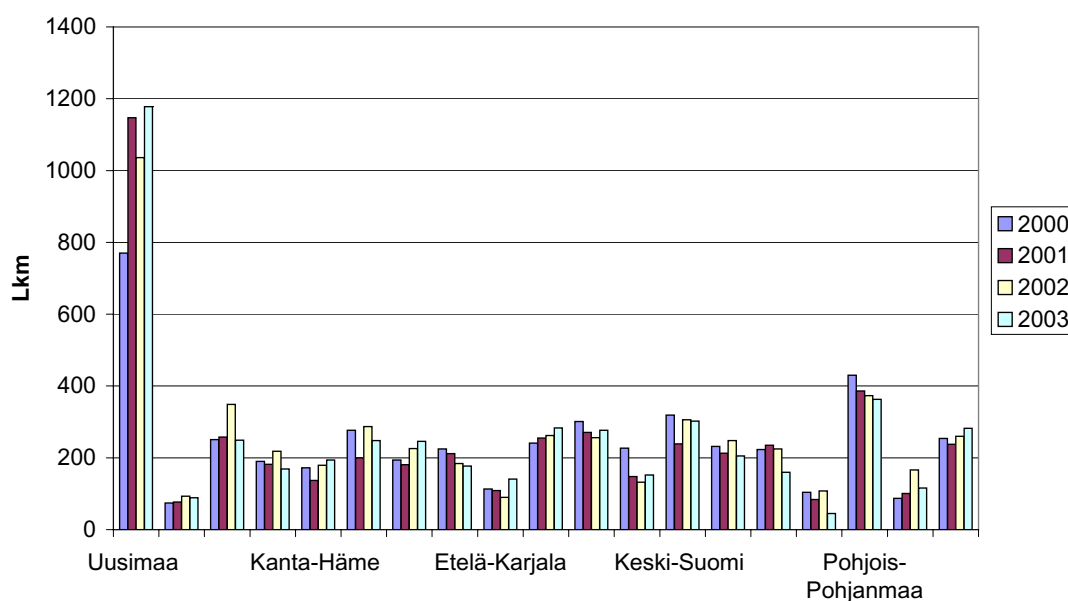
Jalankulkijoiden kelitiedottaminen ja samalla myös liukastumistapaturmien ehkäisytyö yleisesti sai runsaasti myönteistä julkisuutta tiedottamisen laajentamisen yhteydessä. Ensimmäiset kokemukset ja palaute laajennetusta palvelusta ovat olleet myönteisiä, mutta tiedottamisen vaikuttavuudesta saadaan kokemuksia vasta pitemmällä aikavälillä tämän projektin jo loputtua.

6.4 Liukastumistapaturmien merkitys terveydenhuollolle

Tässä projektissa tietoa liukastumistapaturmista käytettiin pääasiassa kelimallin kehittämiseen ja mallin osuvuustarkasteluun. Kuitenkin kootusta aineistosta saadaan myös muuta hyödyllistä tietoa jalankulkijoiden liukastumistapaturmista. STAKESin ylläpitämästä hoitoilmoitusrekisteristä saatujen tietojen perusteella sairaalahoitoa vaativia, liukkaan kelin vuoksi sattuneita tapaturmia sattuu vuosittain n. 5000 henkilölle ja näistä aiheutuu n. 30 000 hoitopäivää.

Koska projektin yhtenä tavoitteena oli laajentaa jalankulkijoille suunnattua kelitiedottamista koko maahan, selvitettiin HILMO-aineistosta vuodehoitoa vaatineiden liukastumistapaturmien jakautuma maakunnittain (Kuva 13). Kuvasta nähdään, että Uudellamaalla tapaturmia sattuu selvästi eniten, mikä onkin luonnollista pääkaupunkiseudun suuren väkiluvun takia. Muuten tapaturmia sattuu melko tasaisesti ympäri maata ja vuosittainen vaihtelu on vähäistä. Väkilukuun suhteutettuna maakuntien välillä ei ole suuria eroja ja vuodehoitoa vaativia liukastumistapaturmia sattuu keskimäärin yksi tuhatta asukasta kohti. Näitä tietoja on kuitenkin pidettävä vain suuntaa-antavina, sillä tapaturman ulkoinen syy puuttuu tilastoista noin 10 % tapauksista.

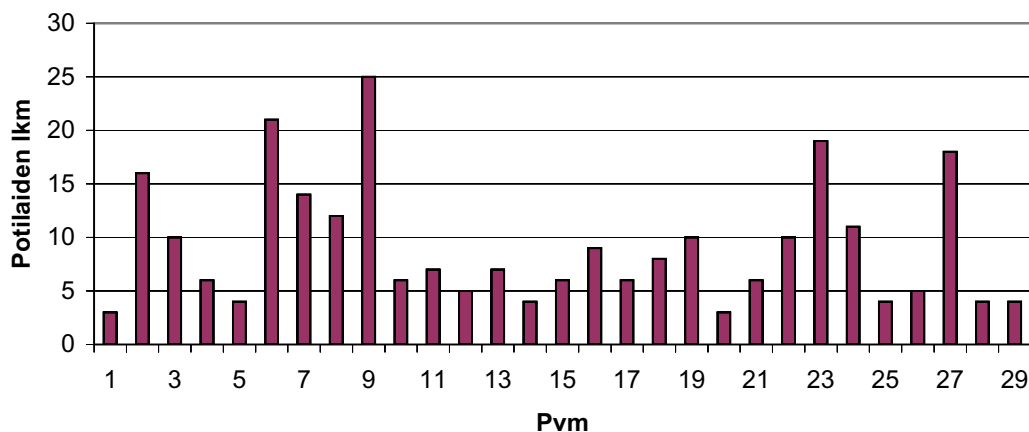
Sairaalahoitoa vaatineet liukastumistapaturmat



Kuva 13. Vuodehoitoa vaatineet liukastumistapaturmapotilaat maakunnittain vuosina 2000-2003

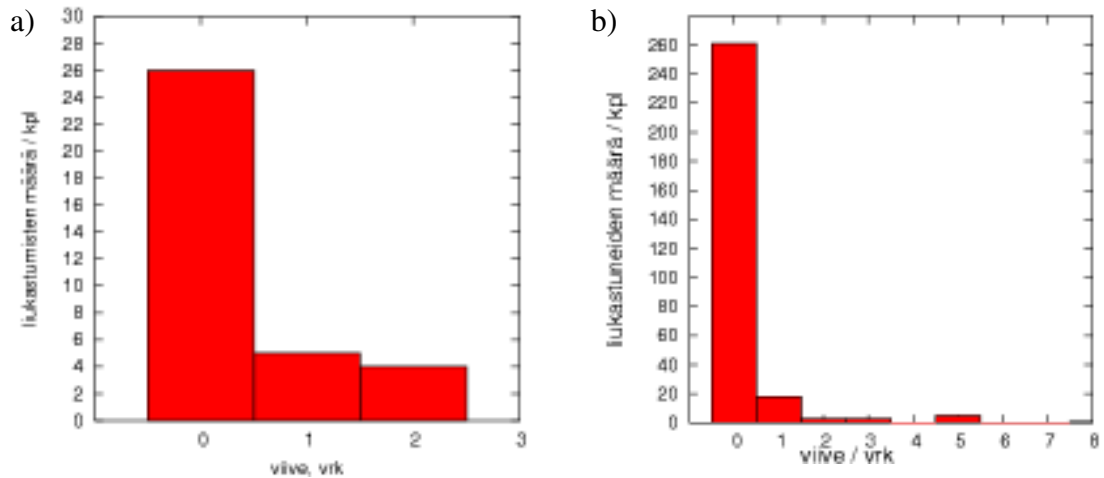
Kelimallin kehitystyössä hyödynnettiin tietoja liukastumistapaturmien päivittäisestä vaihtelusta. Kuvassa 14 esitetään Töölön tapaturma-asemalle liukastumistapaturmien takia hoitoon hakeutuneiden potilaiden määrän vaihtelu helmikuussa 2004. Nähdään, että liukkaat päivät nousevat tilastoissa selvästi esiin. Kuitenkin tavallisinakin talvipäivinä tapahtuu jonkin verran liukastumistapaturmia, mikä on ainakin osittain selitettävissä jalkineiden vaikutuksella: pito-ominaisuuksiltaan liukkaat kengät kun eivät pidä hyväläkään talvikelillä. Lisäksi paikallista liukkautta saattaa esiintyä pitävälläkin talvikelillä. Liukastumisen ajankohdan ja hoitoon hakeutumisen välinen viive vaikuttanee myös jonkin verran.

Töölön tapaturma-aseman liukastumistapaturmapotilaat helmikuussa 2004



Kuva 14. Töölön tapaturma-asemalle hakeutuneiden liukastumistapaturmapotilaiden määrä päivittäin helmikuussa 2004

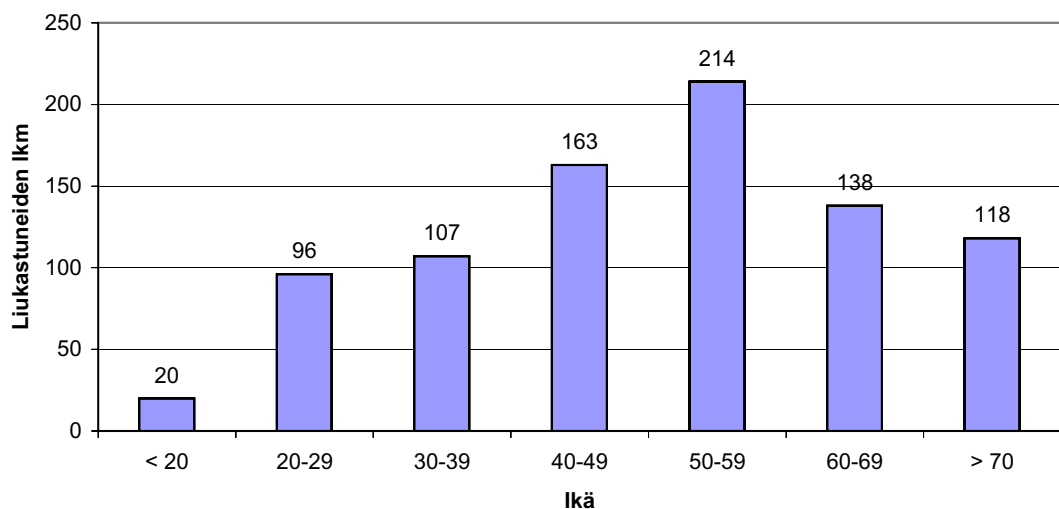
Kelimallin kehittämisen kannalta oli tärkeää selvittää liukastumisen ajankohta, ei päivystyspoliklinikalle saapumisen ajankohta. Kuvassa 15 on esitetty Marian sairaalan ja Kuopion yliopistollisen sairaalan (KYS) liukastumistilastoista saadut viiveet liukastumisen ja sairaalaan saapumisen välillä. Marian sairaalassa 74 % liukastuneista hakeutuu hoitoon kuluvan vuorokauden aikana ja 26 % 1-2 vrk sisällä. Töölön tapaturma-asemalle voidaan tulla myös läheteellä muilta poliklinikoilta ja tämä näkyy myös viiveessä: 60 % potilaista tulee hoitoon Töölöön 24 tunnin kuluessa ja 28 % 1-4 vrk:n kuluessa ja loput 7 % viiden tai sitä useamman päivän päästä. KYSissä vastaavasti 90 % potilaista hakeutui hoitoon 24 tunnin sisällä tapaturmasta ja 8 % 1-4 vrk:n sisällä ja 2% viiden tai useamman päivän päästä. Tilastoihin vaikuttaa kuitenkin KYSissä 30.12. ollut kasau- mapäivä, jolloin liukastuneita oli peräti 185 kappaletta ja suurin osa heistä tuli samana päivänä hoidettavaksi. Viivettä on tutkittu myös Ruotsissa (Björnstig et. al. 1997) ja tässä tutkimuksessa todettiin, että 76 % potilaista hakeutuu hoitoon 24 tunnin sisällä tapaturmasta, 22 % 1-4 vrk sisällä ja 2 % viiden tai useamman päivän päästä.



Kuva 15. Liukastumistapaturman ajankohdan ja hoitoon hakeutumisen välinen viive a) Marian sairaalan ja b) Kuopion yliopistollisen sairaalan liukastumistilastoissa talvikaudella 2003-2004.

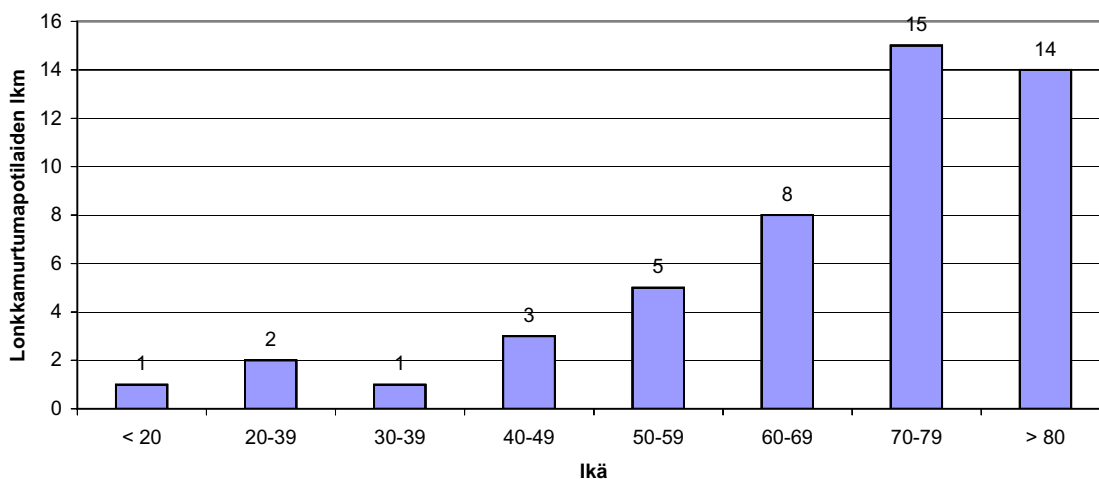
Töölön liukastumistapaturmatiedoista talvikaudelta 2003-2004 selvitettiin potilaiden ikäjakauma sekä kaikkien liukastumistapaturmien että erikseen lonkkamurtumien osalta (Kuvat 16 ja 17). Tämän yhden talvikauden perusteella voidaan sanoa, että liukastumistapaturmia sattuu määrällisesti eniten keski-ikäisille työssäkäyville: 40-60-vuotiaiden osuus oli 44 % sattuneista liukastumistapaturmista. Sen sijaan liukastumisten seuraukset voivat olla vakavampia ikääntyneille. Lonkkamurtumien ikäjakauma painotuu ikääntyneisiin ja yli puolet (59 %) lonkkamurtumista sattui yli 70-vuotiaille.

**Ulkona liukastuneiden potilaiden ikäjakauma Töölön tapaturma-
asemalla talvikaudella 2003-2004**



Kuva 16. Töölön tapaturma-aseman liukastumistapaturmapotilaiden ikäjakauma talvikaudella 2003-2004.

Lonkkamurtumapotilaiden ikäjakauma Töölön tapaturma-asemalla talvikaudella 2003-2004, liukastumistapaturmat



Kuva 17. Lonkkamurtumapotilaiden ikäjakauma Töölön liukastumistapaturmatilastoissa talvikaudella 2003-2004.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSTARPEET

Projektin aikana kehitetty jalankulkijoiden kelimalli on hyödyllinen apuväline meteorologeille erittäin liukkaiden jalankulkukelien ennustamiseen. Mallin käyttöönotto on mahdollistanut jalankulkijoiden kelitiedottamisen laajentamisen koko maahan. Vaikka uudistettu palvelu hakee vielä alkuun hieman muotoaan ja paikkaansa, on sen saama vastaanotto ollut jopa yllättävän myönteinen ja kannustaa jatkokehitykseen. Nyt turvallisuussääpalveluna annettavan palvelun lisäksi olisi mahdollista kehittää esim. erilaisille käyttäjäryhmille suunnattuja liiketoiminnallisia palveluita.

Jalankulkijoiden kelimalli on jo sellaisenaan hyvä ja käyttökelpoinen, mutta mallin suorituskykyä voisi olla tarpeen parantaa vielä joiltakin osin. Kolmiportaisesta kelitulkinasta (tavanomainen, liukas, erittäin liukas) ”liukas”-tulkinta kaipaa vielä kehittämistä. Myös mallin lievistä ylivaroitamisesta tulisi jatkossa päästä eroon.

TTL:n kehittämä siirreltävä liukkausmittari osoittautui käyttökelpoiseksi ja luotettavaksi talvisten kulkuteiden liikkumisturvallisuuden arvioinnissa. Sen avulla on mahdollista selvittää mittauksin mm. erilaisten kunnossapitotoimien vaikutusta liukkauden torjun-

nassa. Projektin kuluessa erilaisissa olosuhteissa tehtyjen tuhansien yksittäisten liukkausmittausten perusteella voidaan todeta, että jalkinevalinnalla on keskeinen merkitys liukastumistapaturmien ehkäisyssä ns. tavallisena talvipäivänä, jolloin pitävällä jalkineella on mahdollista saavuttaa moninkertainen pito liukkaampaan jalkineeseen verrattuna. Hyvin hiekoitetuissa, pitävissä olosuhteissa ja vastaavasti erittäin liukkaissa olosuhteissa ei jalkinevalinnalla voida juurikaan vaikuttaa saavutettavaan kitkatasoon. Erittäin liukkaissa olosuhteissa tulisikin aina käyttää liukuesteit.

Keskeinen tekijä liukastumistapaturmien torjunnassa on ihmisten tietoisuuden lisääminen oikean jalkinevalinnan ja liukuesteiden käytön tarpeellisuudesta sekä jalankulkijoiden omien kelivaroitusten olemassaolosta ja merkityksestä. Projektin aikana tässä tiedotuksessa on onnistettu melko hyvin, sillä hanke itsessään on saanut kohtuullisen hyvin julkisuutta suomalaisessa mediassa sekä herättänyt mielenkiintoa myös kansainvälisesti. Helmikuussa 2004 tehty lehdistötiedote herätti kiinnostusta toimituksissa ja tuotti 40 artikkelia eri lehdissä, yhden myös Norjassa, ja lisäksi muutamalle radiokanavalle annettiin haastattelu. Marraskuussa kelimallin valtakunnallisen käyttöönoton yhteydessä pidetty tiedotustilaisuus poiki myös useita radiohaastatteluja sekä lehtiartikkeleita ja herätti jälleen mielenkiintoa myös muissa Pohjoismaissa. Lisäksi jalkineiden valinnan merkityksellisyydestä ja liukuesteiden käytöstä on annettu useita lehtihaastatteluja, joissa on myös tuotu esiin pitävien talvijalkineiden ominaisuuksia.

Kelimallin kehityshanke alkoi innovatiivisena poikkitieteellisenä tutkimuksena, joka on osoittanut toimivuutensa. Työterveyslaitoksen kehittämä siirreltävä liukkausmittari on ainutlaatuinen ja yhdistettynä Ilmatieteen laitoksen sää- ja kelimalliosaamiseen on saatu sellaista uutta tietoa, joka tekee mahdolliseksi aiempaa luotettavamman jalankulkijoiden kelitiedottamisen. Sen lisäksi tässä projektissa tehtyä työtä voitaisiin hyödyntää laajemmin mm. kunnossapidon, terveydenhuollon sekä esimerkiksi liikuntarajoitteisten erityisryhmien palveluiden parantamiseksi. Projektin aikana on noussut esiin useita jatkokehitystarpeita.

7.1 Talvikunnossapidon optimointi

Jalankulkijoiden kelimallissa ei ole toistaiseksi otettu huomioon kunnossapidon vaikutuksia liukkauteen. Varsin usein on noussut esiin tarve käyttää jalankulkijoiden kelimallia jalkakäytävien talvikunnossapidon sääpalvelussa. Mallin nykyinen versio voidaan ottaa käyttöön myös kunnossapidon sääpalvelussa, mutta siitä on mahdollista kehittää edelleen edistyneempi versio, jossa otetaan huomioon kunnossapidon vaikutukset. Tällaista mallia voitaisiin käyttää kunnossapitotoimien optimoimiseen – tilanteeseen parhaiten sopivien toimenpiteiden valintaan ja ajoitukseen. Tässä yhteydessä olisi kuitenkin tarpeen tutkia tarkemmin jalkakäytävien talvikunnossapidon erilaisten menetelmien vaikutusta liukkauteen, sillä kunnossapidon vaikutusta liukkauteen eri sääoloissa ei ole toistaiseksi järjestelmällisesti tutkittu. Tähän mennessä saatujen kokemusten perusteella voidaan todeta vain hiekoituksen ratkaiseva vaikutus kulkualustan pitoon. Tulevaisuuden haasteeksi jää erilaisten kunnossapitomenetelmien liukkausvaikutusten tarkka arviointi ja mahdollisesti myös optimointi.

7.2 Jalkineiden pitoluokituksen kehittäminen

Jalkineen antamalla pidolla on keskeinen merkitys liukastumisten ehkäisyssä. Ammattijalkineilla (turva-, suoja- ja työjalkineet) liukkauden mittausta on pakollinen osa tyyppitarkastusmenettelyä. Testaus suoritetaan EN standardin mukaisesti, jolloin mittausalustana on joko keraaminen laatta tai teräslevy ja väliaineena saippualliuos tai glyseroli (EN 13287:2004). Lisäksi muutamat henkilönsuojaimille tyyppitarkastuksia tekevät ilmoitetut laitokset, mm. TTL:n fysiikan osasto, suorittavat mittauksia käyttäen alustana jäätä, vaikka siitä ei ole vielä toistaiseksi olemassa standardoitua testausmenetelmää. Ammattijalkineiden ohella pohjien pito olisi luonnollisesti mahdollista testata myös ns. tavallisista jalkineista, mutta nykyisellään tämä edellyttää valmistajan / maahantuojan erityistä valvotuneisuutta. Kuluttajien kasvava mielenkiinto erityisesti talvijalkineiden antamaa pitoa kohtaan voisi olla tarvittava sysäys laajemman vapaaehtoisen liukkaustestauksen aloittamiselle. Lisäksi olisi tarpeen laatia yleisesti hyväksytty luokitus jalkineiden pidolle, jota kuluttajien ohella myös valmistajat voisivat hyödyntää mm. markkinoinnissaan.

7.3 Terveydenhuollon sääpalvelu

Liukastumistapaturmien kasaumapäivinä päivystyspoliklinikoilla voi olla selvästi keskimääräistä kiireisempää ja liukastumisten kasaumapäivät voivat näkyä jopa päivittäisen leikkaustarpeen vaihtelussa, kuten havaittiin esim. Töölön tapaturma-asemalla. Vaikka KYSin joulukuun 30. päivän kaltaisia ruuhkatilanteita ei välttämättä tapahdu joka talvi, jalankulkijoiden keliennusteiden avulla voidaan ennakoida kiireisiä päiviä ja jopa varautua tilanteeseen lisähenkilökunnan avulla. Nyt kelimalli on kahden vuorokauden ennuste, jota voitaisiin kohtuullisen nopeasti hyödyntää terveydenhuollossa sellaisenaan. Pitemmän tähtäimen kehitysnäkymänä on sovittaa jalankulkijoiden kelimalli 10 vrk:n parviennusteisiin, jolloin lopputuotteena voisi olla liukastumisriski todennäköisyydenä 10 vrk:een saakka.

7.4 Liukastumistapaturmat ja ilmastonmuutos

Väestön ikääntymisen seurauksena myös vakavien liukastumistapaturmien määrän ja niistä yhteiskunnalle aiheutuvien kustannusten odotetaan tulevaisuudessa kasvavan. Myös ilmastonmuutokseen liittyvä talvien lämpeneminen voi vaikuttaa liukastumistapaturmien määrään. Eri puolilla Suomea ilmastonmuutos voi kuitenkin vaikuttaa jalankulkukeliin eri tavoin: vaikka talvikauden odotetaan lyhenevän nykyisestä, voi liukkauden muodostumisen kannalta vaarallisia nollakelejä olla tulevaisuudessa enemmän alueilla, joilla nykyilmastossa on pitkiä pakkasjaksoja. Ilmaston lämpenemisen seurauksia on tutkittu aiemmin tieliikenteen kannalta (Venäläinen et al., 1999). Tutkimuksen mukaan esim. teiden talvikunnossapidon kustannukset pienenisivät maaliskuu-, marras- ja joulukuussa, mutta sen sijaan kustannukset kasvaisivat tammi- ja helmikuussa lumenpoiston ja liukkauden torjunnan lisääntyvien kustannusten vuoksi. Liukastumistapaturmia ennaltaehkäisevien toimien suunnittelemiseksi ja niiden merkityksen selvittämiseksi olisi hyvä tutkia väestön ikääntymisen ja erilaisten ilmastonmuutosskenaarioiden yhteisvaikutus liukastumistapaturmien määrään eri puolilla Suomea.

8 VIITTEET

Anttila, V. 2001. Talvijalankulku, liukastumistapaturmat ja kelitiedottamisen kehittäminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT – Tiedotteita 2110. 51. s.+ liitt. 11 s. Espoo.

Aschan, C., Hirvonen, M., Mannelin T. and Rajamäki, E. 2003, Prevention of slipping accidents - development of the portable slip meter II. IN: Proceedings of the XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association, August 24 - 29, 2003, Seoul, Korea

Björnstig, U., Björnstig, J. and Dahlgren, A., 1997. Slipping on ice and snow- elderly women and young men are typical victims. *Accid. Anal. and Prev.* Vol 29, No. 2, pp. 211-215.

Björnstig, U., 2004. Skadehändelser vintertid- en bild från sjukvårdens horisont (Wintertime accidents – a health care viewpoint). Winter Road Congress 11.-12.2.2004 Vaasa - Mustasaari, Finland (In Swedish; English summary).

Chang, W.-R., Grönqvist, R., Leclercq, S., Myung, R., Makkonen, L., Strandberg, L., Brungraber, R.J., Mattke, U., Thorpe, S.C., 2001a. The role of friction in the measurement of slipperiness, Part 1: Friction mechanisms and definition of test conditions. *Ergonomics* 44 (13), 1217-1232.

Chang, W.-R., Grönqvist, R., Leclercq, S., Brungraber, R.J., Mattke, U., Strandberg, L., Thorpe, S.C., Myung, R., Makkonen, L., Courtney, T.K., 2001b. The role of friction in the measurement of slipperiness, Part 2: Survey of friction measurement devices. *Ergonomics* 44 (13), 1233-1261.

Courtney, T.K., Sorock, G.S., Manning, D.P., Collins, J.W. and Holbein-Jenny, M.A., 2001. Occupational slip, trip, and fall-related injuries - can the contribution of slipperiness be isolated? *Ergonomics* 44 (13), 1118-1137.

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 (accepted for publication).

European standard EN 13287, 2004. Personal protective equipment - Footwear - Test method for slip resistance. March 2004. Brussels, CEN.

European prestandard ENV 13287, 2000. Safety, protective and occupational footwear for professional use - Test method and specifications for the determination of slip resistance. March 2000. Brussels, CEN.

Gao, C., Abeysekera, J., 2002. The assessment of the integration of slip resistance, thermal insulation and wearability of footwear on icy surfaces. Safety Science 40, 613-624.

Gao, C., Abeysekera, J., Hirvonen, M., Aschan, C., 2003. The effect of footwear sole abrasion on the coefficient of friction on melting and hard ice. International Journal of Industrial Ergonomics 31, 323-330.

Grönqvist, R., 1995. A dynamic method for assessing pedestrian slip resistance. Ph.D. Thesis. People and work, research reports 2. Finnish Institute of Occupational Health. Helsinki.

Grönqvist, R., Hirvonen, M., 1995. Slipperiness of footwear and mechanisms of walking friction on icy surfaces. International Journal of Industrial Ergonomics 16, 191-200.

Grönqvist, R., Abeysekera, J., Gard, G., Hsiang, S.M., Leamon, T.B., Newman, D.J., Gielo-Perczak, K., Lockhart, T.E. and Pai, C.Y.-C., 2001. Human-centred approaches in slipperiness measurement. Ergonomics 44 (13), 1167-1199.

Heiskanen, M, Sirén R, Aromaa K., 2004. Suomalainen turvallisuus 2003. Vuoden 2003 haastattelututkimuksen ennakkotietoja suomalaisten tapaturmien ja rikosten kohteeksi joutumisesta ja pelosta. Oikeuspoliittisen tutkimuslaitoksen tutkimustiedonantoja 58, Poliisiammattikorkeakoulun tiedotteita 29. Helsinki.

Hippi, M., 2004. Teiden talvihoito ja Ilmatieteen laitoksen säämallin jatkokehittely. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos.

Hirvonen, M., Rajamäki, E., Aschan, C., Mannelin, T., Polvi, P. and Nieminen, K., 2002. Liukastumis- ja kaatumistapaturmien ehkäisy työpaikoilla - siirreltävä liukkaussmittari II. Loppuraportti. Helsinki.

Kangas, M., Heikinheimo, M. ja Venäläinen, A., 2001. Tiesäämalli - tienpinnan lämpötilan, kelin ja liikenneolosuhteiden ennustamiseen. Kunnosta on kysymys - seminaari teiden ja katujen ylläpidosta, Tampere, Finland, 30-31.5.2001.

Kannus P., Parkkari J., Koskinen S., Niemi S., Palvanen M., Järvinen M., Vuori I., 1999. Fall-induced injuries and deaths among older adults. Journal of the American Medical Association 20 (281):1895-1899.

Penttinen, M., Nygård, M. Harjula, V. and Eskelinen, M., 1999. Jalankulkijoiden liukastumiset, vaikeimmat kelit ja niiden ennustaminen sekä tiedottamiskokeilu pääkaupunkiseudulla. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT tiedotteita 1998. 51 s.+ liitt. 9. Espoo.

Redfern, M.S. and Rhoades, T.P., 1996. Fall prevention in industry using slip resistance testing. IN: A. Bhattacharya and J. McGlothlin (Eds.), Occupational Ergonomics: Theory & Applications. New York, Marcel Dekker, Inc.

Ruotsalainen, J. 2003. Kahden tiesäämallin verifiointia. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto, Fysikaalisten tieteiden laitos.

Shintani, Y., Hara, F., Fukumoto, A., Akiyama, T., 2003. Empirical study on walking behavior in icy conditions and the Effect of Measures to Improve the Winter Pedestrian Environment. Proceeding of TRB 82nd Annual Meeting.

Shintani, Y., Hara, F., Hiramori, Y., Asano, M., 2002. Pedestrian behaviors on crosswalks at intersections in winter. 11th International Winter Road Congress, Sapporo, Japan.

Tapaturmatilanne 2002 Koti- ja vapaa-ajan tapaturmat ja niiden torjuntatyö. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen selvityksiä 2003:4. Helsinki

Tervonen, J., Hämekoski, K., Myllynen, M., Pihlaja, M. and Penttinen, P., 2001. Liukkaus, hiekoitus ja katupöly - Yhteiskuntataloudelliset vaikutukset. Helsingin kaupungin Rakennusviraston julkaisu 2001:30. Helsinki, Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto.

Tilastokeskus, 2003. Työtapaturmat 2001 - Accidents at Work. Labour Market 2003:18. Helsinki.

Venäläinen, A., Granskog, M., Tuomenvirta, H., 1999: Alueellinen ilmastonmuutos ja liikenne. Liikenneministeriön julkaisu 11/99. 32 s. Helsinki.

Vuoriainen, T., Helenius, M., Heikkilä, J. and Olkkonen, S., 2000. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden kaatumistapaturmat, Espoo, Helsinki, Jyväskylä ja Oulu. Tielaitoksen selvityksiä 48/2000, 86. + liitt. 21s. Tielaitos, Tie- ja liikennetekniikka. Helsinki.

Wallman, C.-G. and Åström, H., 2001. Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety. A literature review. VTI meddelande 911A. Linköping, Swedish National Road and Transport Research Institute.

ESIMERKKEJÄ TIEDOTTEISTA JALANKULKIJOILLE

Jalankulkijoiden kelitiedote 01.12.2004 klo 5.30

Uusimaa

Odotettavissa iltaan asti:

Jalkakäytävät ovat liukkaita jäiselle pinnalle sataneen tai satavan veden vuoksi.

Jalankulkijoiden kelitiedote 06.12.2004 klo 14.30

Keski-Suomi

Odotettavissa huomisaamuun asti:

Kevyenliikenteen väylillä on paikoin jäätä ja yöllä jään päälle sataa lunta, joten keli voi olla erittäin liukas.

Jalankulkijoiden kelitiedote 11.12.2004 klo 6

Pohjois-Pohjanmaa

Odotettavissa iltaan asti:

Jalkakäytävät ovat paikoin liukkaita aamulla ja aamupäivällä lauhtumisen ja jäätävän sateen vuoksi erityisesti rannikkoseudulla.