

Poikkeama alueen keskimääräisestä
runkokelirikosta v. 2008

- Selvästi enemmän
- Enemmän
- Hieman enemmän
- Keskimääräinen
- Hieman vähemmän
- Vähemmän
- Selvästi vähemmän



Teuvo Ryyänen, Jouko Belt

Kevään 2008 kelirikon vaikeusennuste

Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 17/2008

Teuvo Rynnänen, Jouko Belt

Kevään 2008 kelirikon vaikeusennuste

Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 17/2008

Verkkajulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISSN 1459-1561
TIEH 4000615-v

Tiehallinto
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 Helsinki
Puhelinvaihte 0204 22 11

Asiasanat: vähäliikenteiset tiet, painorajoitukset, kelirikko, sää, kevät, routa
Aiheluokka: 38, 70

TIIVISTELMÄ

Tiehallinto otti vuonna 2004 koekäyttöön koko maan kattavan yhtenäistetyn painorajoituskäytännön. Tavoitteena on mm. vähentää painorajoituksia ja niistä aiheutuvia haittoja kokonaisuutena sekä parantaa painorajoitustarpeen ennakkointia, tiedottamista ja vuorovaikutussuhdetta tienkäyttäjien kanssa. Tiehallinto on määritellyt painorajoitusalltiit tiet, määritys pidetään aina ajan tasalla ja esitetään Internetissä. Määritys yhdessä kelirikon vaikeusennusteen kanssa auttaa arvioimaan kunkin kevään todennäköisimmin painorajoitettavat tiet. Painorajoituskohteiden valintaa on tarkennettu viimeksi 2007 ja samassa yhteydessä on selvitetty myös kevään tekijöiden vaikutusta kelirikon rankkuuteen.

Ennustamisella pyritään ennakoimaan tammikuun lopun tunnettujen tekijöiden avulla tulevan kevään runkokelirikon vaikeutta. Runkokelirikon vaikeutta ennustetaan lämpötiloista laskettujen tunnuslukujen, pohjaveden pinnan suhteellisen korkeuden sekä alueellisen keskimääräisen runkokelirikkomäärän avulla. Perusaineisto on hankittu Ilmatieteen laitokselta, Suomen ympäristökeskuksesta sekä Tiehallinnolta.

Tulevan kevään kelirikon vaikeus määritetään vertaamalla mallilla laskettua runkokelirikkopituutta osa-alueen luokkarajoihin. Luokkarajat on määritetty normaalijakaumaoletuksen mukaisesti toteutuneiden runkokelirikkopituuksien keskiarvon ja -hajonnan perusteella siten, että viidestä keväästä yksi on helppo, kolme keskivaikeaa ja yksi vaikea.

Alkupalvi 2007-2008 on ollut poikkeuksellisen lämmin. Kuukauden keskilämpötilat ovat olleet Suomessa paikoin jopa 6°C tavanomaista lämpimämpiä. Lounais- ja Etelä-Suomen rannikolla ei pakkaskausi ollut alkanut lainkaan helmikuun puoleenväliin mennessä. Muulla Suomessa pakkaskausi on alkanut normaaliin aikaan. Lauha alkupalvi on johtunut maahan virranneista kosteista lounaistuulista sekä ilmaston lämpenemisestä.

Routaantumien on edennyt varsin hitaasti ja pohjavedenpinnat ovat olleet keskimääräistä ylempänä routaantumisen aikana. Lisäksi ympäristökeskus ennustaa pohjavesien olevan korkealla suuressa osassa maata roudan sulassa. Näiden tekijöiden perusteella kevään 2008 kelirikkopotentiali on suuri. Kelirikkomalli ennustaa Etelä- ja Lounais-Suomeen keskivaikeaa kelirikkokevättä ja muualle maahan vaikeaa kelirikkokevättä. Toteutuva kelirikon vaikeus riippuu kuitenkin myös kevään lämpötiloista, sateista ja sulamiskaudella esiintyvistä yöpakkasista.

Sisältö

1	JOHDANTO	7
2	AINEISTOT	8
2.1	Aikataulu	8
2.2	Pohjavesi	8
2.21	Pohjavesiasemat ja pohjaveden korkeudet	8
2.3	Lämpötilatiedot	10
2.31	Talven 2007 - 2008 lämpötilat	10
2.32	Sää-asemat, mittaukset ja määritykset	12
3	MÄÄRITYKSET JA LASKELMAT	14
3.1	Osa-alueille lasketut lähtöarvot	14
3.2	Kevään 2008 runkokelirikon vaikeusennuste	17
4	KIRJALLISUUSLUETTELO	21

1 JOHDANTO

Rajoittamalla kelirikkoisten teiden liikennettä pyritään estämään teiden vaurioituminen raskaan liikenteen vaikutuksesta. Rajoituksilla pyritään välttämään kyseisten teiden hoito- ja kunnostustarpeen kohtuuton lisääntyminen säilyttäen kuitenkin elintärkeiksi katsottavien kuljetusten liikennöinti myös kelirikkokautena.

Ennen kelirikkokautta julkaistaan kevään painorajoitusennuste. Siinä ilmoitetaan ne tiet, joille todennäköisesti asetetaan painorajoitus, jos kevät on tavanomainen. Painorajoitusennuste laaditaan tien kelirikkoalttiuden, liikennemäärän sekä kevään kelirikon ennustetun vaikeuden perusteella. Tiepiirit päättävät alueellaan painorajoitusten asettamisesta paikallisten olosuhteiden ja hoitourakoitsijan esitysten perusteella.

Tässä raportissa kuvataan kevään 2008 kelirikon vaikeusennusteen muodostaminen. Ennuste perustuu raportissa "Kelirikon vaikeus ja painorajoitukset" (Tiehallinnon selvityksiä 28/2004) luotuun malliin, jossa kelirikon vaikeus riippuu runkokelirikkokevättä edeltävän ajanjakson alueellisista kelirikko-, lämpötila- ja pohjavesitiedoista sekä raportissa määritetyistä tilastoarvoista.

Ilmatieteen laitoksen mukaan talven 2007 - 2008 keskilämpötila oli suurimmassa osassa Suomea mittaushistorian korkein. Korkeat lämpötilat johtuvat koko talven jatkuneista leudoista etelän- ja lounaanpuoleisista ilmapirtauksista sekä ilmastomuutoksesta. Näiden ilmiöiden yhteisvaikutuksesta pakasmäärät ovat jääneet erittäin pieniksi. Runkokelirikkopotentiaalia ennustava malli perustuu kylmempiin talviin, minkä vuoksi osaa kevään 2008 mallin kertoimista ei kyetty määrittämään mittauksista. Puuttuvat kertoimet määritettiin mitattujen ja tilastojakson 1996 - 2006 keskimääräisten vuorokausilämpötilojen yhdistelmän avulla.

Lämpenevän ilmaston ja kelirikkokorjausten vuoksi kelirikkoisten osuuksien kokonaispituus on vähentynyt mutta lukumäärät ovat kasvaneet. Runkokelirikkomalli saattaa jossain vaiheessa vaatia päivitystä, sillä mukaan saattaa tulla uusia runkokelirikon määrään vaikuttavia tekijöitä, toisia poistua ja tekijöiden vaikutusmuoto sekä kertoimet mallissa voivat muuttua. Kosteus eri muodoissaan on varmasti edelleen tierakenteen toimintaa heikentävä tekijä. Sen sijaan roudan rakenteen tilavuutta kasvattava ja rakennetta löyhdyttävä osuus saattaa muuttua, koska routaa ei joko ole tai se ei etene yhtä syvälle mutta tunkeutuu hitaammin kuin aiemmin.

Kevään tekijöiden on todettu voivan vaikuttaa noin $\pm 50\%$ syksyn tekijöillä ennustettuun kelirikkopituuteen. Ne eivät ole mallissa mukana, sillä niiden ennustaminen on vaikeaa. Kevään tekijöitä ovat mm. sulamisajan pituus, sademäärä ja yöpakkasten lukumäärä, kun lämpösumma kasvaa $500 \dots 2\,500^\circ\text{Ch}$.

2 AINEISTOT

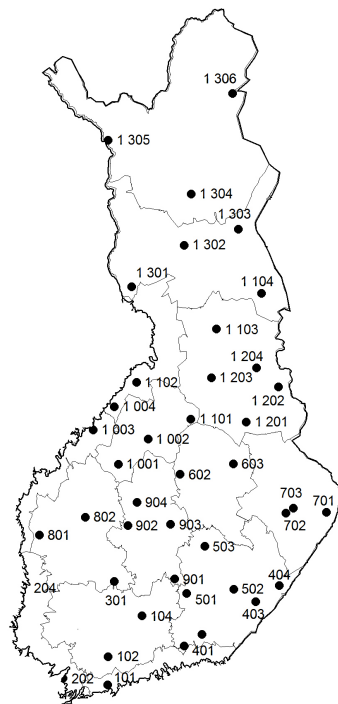
2.1 Aikataulu

Vaikeusennuste tehdään ohjeen mukaan tammikuun loppuun saakka kerättyjen tietojen perusteella. Aiempien vuosien tapaan lämpötiloja kerättiin helmikuun puoleen väliin saakka. Etelärannikon sääasemilla ei pakkaskausi ollut tuolloin vielä alkanut. Siksi mittauksen lisänä käytettiin 11 edeltävän talven ja kevään vuorokausitilastoja ja niistä määritettyjä keskimääräisiä vuorokausilämpötiloja. Pohjavesihavaintoja oli käytettävissä tammikuun lopulle asti. Mikäli pakkaskausi ei tietyllä alueella ollut vielä alkanut, käytettiin pohjavedenpinnan korkeutena viimeistä tammikuun lopun lukemaa.

2.2 Pohjavesi

2.2.1 Pohjavesiasemat ja pohjaveden korkeudet

Pohjavesikorkeuksia oli 45 asemalta. Näistä karsittiin pois Oripään asema (tunnus 203), jonka pohjavesikorkeudet ovat laskeneet pysyvästi noin metrin tilastojaksoa 1984 - 2004 alemmaksi. Heinäveden (tunnus 504) ja Akonjoen (tunnus 604) asemien tulokset on jätetty pois, koska niiden viimeiset julkaistut pohjavesitiedot olivat kesäkuulta ja syyskuulta. Siikaisten (tunnus 303) asemalta ei pohjavesitietoja ollut käytettävissä. Hyödynnetyt pohjavesiasemat kattavat Suomen alueen edelleen kohtalaisen hyvin (kuva 1).



Lämpimän alkutalven vuoksi ei kaikilla asemilla saavutettu 2500°Ch pakkasummaa. Tällöin pohjavedenkorkeutena käytettiin viimeistä mitattua havaintoa eli käytännössä tammikuun lopun lukemaa. PVP -arvo on kunkin pohjavesiaseman nykyisen talven pohjavedenkorkeuden ja tilastojakson 1984 - 2004 pohjaveden korkeuksien keskiarvon välinen erotus (Taulukko 1).

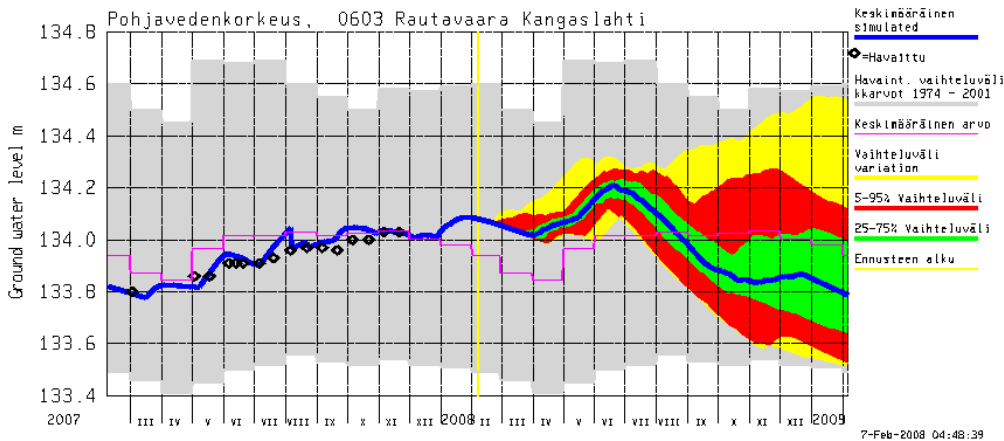
Taulukko 1. Pohjavesiasemat ja pohjaveden suhteellinen korkeus PVP, kun pakkasumma on 2500°Ch.

Tunnus	Paikka	PVP (m)	Mukana 2008	Tunnus	Paikka	PVP (m)	Mukana 2008
101	Siuntio	0.61	On	901	Mutkala	0.10	On
102	Karkkila	0.16	On	902	Vehkoo	-0.16	On
104	Tullinkangas	0.20	On	903	Aijälä	-0.12	On
202	Perniö	0.39	On	904	Taikkomäki	0.57	On
203	Oripää	-0.70	Ei	1001	Halsua	0.05	On
204	Kuumainen	0.29	On	1002	Haapajärvi	0.35	On
301	Orivesi	0.72	On	1003	Kälviä	-0.08	On
401	Elimäki	0.04	On	1004	Kalajoki	-0.16	On
402	Valkeala	0.21	On	1101	Pyhäntä	-0.12	On
403	Kotaniemi	0.52	On	1102	Ruukki	-0.09	On
404	Parikkala	0.72	On	1103	Pudasjärvi	0.18	On
501	Pertunmaa	0.25	On	1104	Kuusamo	-0.04	On
502	Pistohiekka	0.04	On	1201	Kolmisoppi	1.91	On
503	Naakkima	-0.55	On	1202	Lumiahho	-0.25	On
504	Heinävesi	-0.08	Ei	1203	Alakangas	0.26	On
602	Viinikkala	0.21	On	1204	Kullisuo	0.24	On
603	Kangaslahti	0.02	On	1301	Könölä	0.24	On
604	Akonjoki	0.24	Ei	1302	Lautavaara	-0.07	On
701	Kuuksenvaara	-0.09	On	1303	Vallovaara	-0.26	On
702	Jaamankangas	0.13	On	1304	Sodankylä	-0.15	On
703	Jakokoski	-0.17	On	1305	Muonio	-0.12	On
801	Rajämäki	0.74	On	1306	Nellim	0.13	On
802	Taipale	0.09	On				

Runkokelirikon vaikeusennusteessa 2008 oli mukana 42 aseman pohjavesikorkeudet

Pohjavesi oli Etelä- ja Keski-Suomessa, Oulun läänissä, Perämeren pohjukassa sekä pohjoisimmassa Lapissa keskimääräistä ylempänä routaantumisen aikaan. Paikallisesti alimpana pohjavesi oli Pieksämäen maalaiskunnassa Naakkiman pohjavesiasemalla, jossa korkeus oli 0.55 m alle keskimääräisen. Myös Keski-Lapissa korkeudet olivat hiukan keskimääräistä alempana.

Ympäristökeskus julkaisee mittaustulosten lisäksi myös pohjavesiennustetta (<http://www.i2.ymparisto.fi/i2/pohjavesikooste.html>). Pohjavesiennusteilla arvioidaan pohjavesivarojen kehitystä eri puolella Suomea. Ennusteet perustuvat säähavaintoihin, sadannan, sulannan ja haihdunnan kehitykseen, pohjavesihavaintoihin, kymmenen vuorokauden sääennusteeseen ja ajankohdan historiasäättietoihin. Ennusteet on laskettu hydrologisella sadantavalunna -mallilla, jonka pohjavesiosa on erityisesti tehty ja sovitettu ko. pohjavesihavaintoasemia varten. Roudan ja lumen sulamisvaiheessa huhtitoukokuussa pohjaveden korkeus alkaa kohota useimmilla pohjavesiasemilla (kuva 2).



Kuva 2. Esimerkki pohjaveden korkeusennusteesta (<http://wwwi2.ymparisto.fi/i2/pohjavesikooste.html>).

Sulamiskauden pohjavesipinnan korkeus ei ole mukana varsinaisessa ennustefunktiossa. Kuitenkin vertaamalla pitkän ajan keskimääräistä ja ennustettua pohjavedenkorkeutta sulamiskaudella saadaan käsitys maaperässä olevan veden määrästä, joka heikentää rakenteen kantavuutta ja lisää kelirikon aiheuttamia ongelmia. Pohjaveden korkeusennusteen avulla voidaan päätellä usean tekijän kokonaisvaikutusta, sillä pohjaveden korkeuteen vaikuttavat mm. talven lumipeitteen paksuus sekä sulamisajan vesistöjen vedenpinnan korkeus, haihdunta ja sademäärät. Siksi pohjavesiennuste saattaisi olla hyvä lisätekiä tulevan kelirikon arvioinnissa.

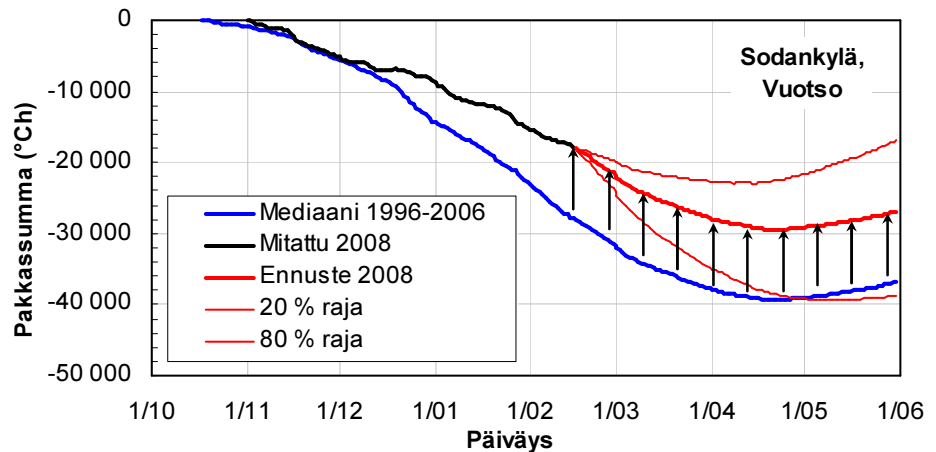
2.3 Lämpötilatiedot

2.31 Talven 2007 - 2008 lämpötilat

Alkutilvi oli Ilmatieteen laitoksen mittaushistorian lämpimin lähes koko Suomessa. Korkeat lämpötilat johtuvat koko talven jatkuneista leudoista etelän- ja lounaanpuoleisista ilmvirtauksista sekä ilmastonmuutoksesta. Lämpimästä talvesta huolimatta on kuitenkin odotettavissa myös tätä kylmempiä talvia. (Ilmatieteen laitos, <http://www.fmi.fi/uutiset/index.html?id=1204185221> .html)

Runkokelirikon vaikeusennuste perustuu roudantumiseen ja se edellyttää pakkasia. Koska pakkaskausi ei ollut vielä alkanut kaikissa osissa Suomea, ennakoitiin tulevan kevättalven lämpötilojen kehittymistä tilastotietojen perusteella.

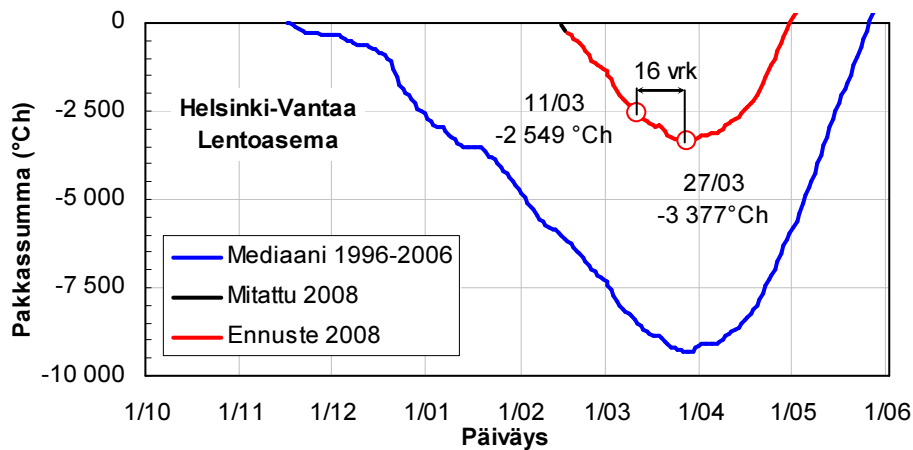
Viideltätoista sääasemalta kerätyt talven vuorokausilämpötilat päättyvät vuorokauden 15.02.2008 arvoihin. Tästä eteenpäin kunkin sääaseman vuorokausilämpötilaa edusti vuosina 1996 - 2006 esiintyneiden vuorokausilämpötilojen mediaani. Kerätyn- ja tilastoaineiston yhdistelmän avulla laskettiin sääasemien pakkasummat keväälle 2008 (kuva 3).



Kuva 3. Mitattuihin vuorokausilämpötiloihin liitettiin jatkoksi vuosina 1996 - 2006 esiintyneiden vuorokausilämpötilojen keskimääräiset arvot. Yhdistelmän perusteella laskettiin loppupalven pakkasummaennuste.

Talvien 1996 - 2006 keskimääräisten vuorokausilämpötilojen mukaan kaikilla sääasemilla saavutetaan 2 500°Ch pakkasumma ja kyseinen päivä voitiin määrittää mitattujen ja ennustettujen arvojen yhdistelmän avulla. Sen sijaan 6 000°Ch pakkasummaa ei välttämättä saavuteta kaikilla sääasemilla Suomessa koko keväänä 2008. Mikäli ennusteen mukaan käy näin, poimittiin 6 000°Ch pakkasummaa edustava päiväys suurimman pakkasmäärän kohdalta. Roudan etenemisen kesto kriittisellä syvyydellä on tärkeää routarintamaan pumppautuvan veden vuoksi, vaikka tiettyä pakkasmäärää ei tavoitettaisikaan. Sulamisaikaa maksimista 2 500°Ch ei lasketa mukaan, sillä roudan sulamisen aikana vastaavaa pumppautumista ei tapahdu.

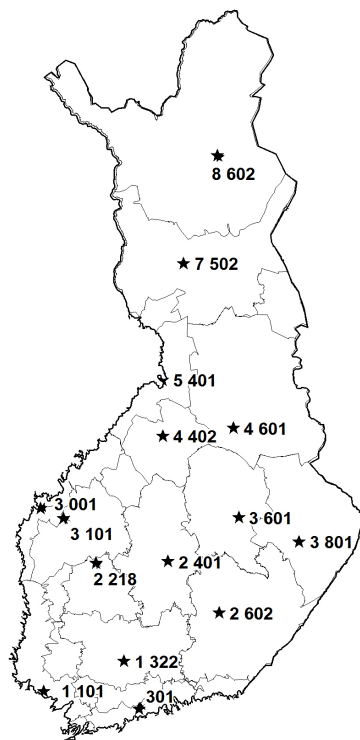
Mikäli tulevan kevään vuorokausilämpötilat vastaavat tilastojakson 1996 - 2006 keskimääräisiä vuorokausilämpötiloja, Helsinki-Vantaan lentoasemalla saavutetaan 2 500°Ch pakkasumma 11. maaliskuuta. 6 000°Ch pakkasummaa jää saavuttamatta, mutta pakkasumman huippu 3 377°Ch saavutetaan 27. maaliskuuta. Laskelmissa sääaseman RA_S -arvona (routaantumis aika 2 500°C - 6 000°C) käytetään 16 vuorokautta (kuva 4).



Kuva 4. Pakkassumma $2\,500^{\circ}\text{Ch}$ saavutetaan ennusteen mukaan kaikilla asemilla, mutta $6\,000^{\circ}\text{Ch}$ ei välttämättä saavuteta. Tällöin $6\,000^{\circ}\text{Ch}$ edustava päiväys poimittiin maksimipakkasumman kohdalta.

2.32 Sää-asemat, mittaukset ja määritykset

Kevään 2008 ennusteen sääasemat ovat vakiintuneet samoiksi, kuin kahtena edellisenä vuonna (kuva 5). Pakkaskausi alkoi suuressa osassa maata 03.11.2007. Tavanomaiseen verrattuna Lapissa ja Lounais-Suomessa pakkaskausi alkoi erittäin paljon myöhemmin, kuin normaalisti.



Kuva 5. Ennusteen säähavaintoasemat ovat vakiintuneet ja ne ovat samat kuin kahtena vuonna aiemmin.

Alkutilvi oli erittäin lämmin. Tammikuun lopun pakkasummat (PS_T) olivat kaikilla sääasemilla tilastojakson 1976 - 2007 pienimmät ja vain kolmella asemalla saavutettiin $6\ 000^\circ\text{Ch}$ pakkasumma tammikuun lopussa. Helsinki-Vantaan sekä Turun lentoasemien 0-pakkasummat olivat ainutkertaisen pieniä. Routaantumisaajat pakkaskauden alusta tammikuun loppuun (RA_T) kestivät pääosassa Suomea tavanomaisen ajan eli noin 90 vuorokautta. Routaantumisaikojen $2\ 500 \dots 6\ 000^\circ\text{Ch}$ (RA_S) määrittämisessä käytettiin tilastoarvoja mittausarvojen tukena kuvassa 4 esitetyllä tavalla. Näin määritetyt RA_S -ajat olivat kohtalaisen pitkiä (Taulukko 2).

Taulukko 2. Sääasemille kevättä 2008 varten lasketut säämuuttujat.

LPNN	Aseman nimi	Kevät	PKA	PS_T ($^\circ\text{Ch}$)	RA_T (vrk)	RA_S (vrk)
8602	Sodankylä Vuotso	2008	01.11.2007	15 144	91	19
7502	Rovaniemen Mlk Apukka	2008	02.11.2007	11 664	90	37
4601	Kajaani Lentoasema	2008	03.11.2007	7 831	89	39
4402	Haapavesi Kotitalousoppilaitos	2008	03.11.2007	5 933	89	49
3801	Joensuu Lentoasema/Liperi	2008	03.11.2007	5 678	89	62
3601	Kuopio Lentoasema/Siilinjärvi	2008	03.11.2007	4 675	89	45
2401	Jyväskylä Lentoasema/Jyväskylä	2008	03.11.2007	3 696	89	52
2218	Virrat Äijänneva	2008	03.11.2007	2 899	89	38
2602	Mikkeli Lentoasema	2008	03.11.2007	3 223	89	56
1322	Hämeenlinna Katinen	2008	02.01.2008	718	29	28
301	Helsinki-Vantaan Lentoasema	2008	14.02.2008	0	0	16
1101	Turku Lentoasema	2008	14.02.2008	0	0	12
3001	Vaasa Lentoasema	2008	31.12.2007	1 282	31	32
5401	Oulu Lentoasema/Oulunsalo	2008	03.11.2007	5 770	89	61
3101	Ylistaro Pelma	2008	13.11.2007	1 637	79	30

Tummennettujen RA_S -arvojen on määrittämiseen on käytetty tilastoarvoja

3 MÄÄRITYKSET JA LASKELMAT

3.1 Osa-alueille lasketut lähtöarvot

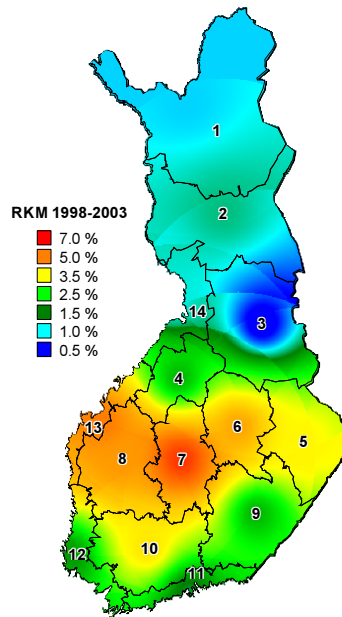
Mittausasemilta määritetty pistetieto levitettiin paikkatietojärjestelmän avulla koko Suomen alueelle. Menettelyllä tasataan suuria yksittäisiä eroja mittausasemien välillä sekä interpoloidaan arvot paikkoihin, joista suoraa mittaustulosta ei ole (taulukko 3).

Taulukko 3. Kevään 2008 kelirikon vaikeusennusteen osa-alueille lasketut selittävät muuttujat.

Osa-alue	Kevät	RKM	RAS (vrk)	PVP (m)	RAT (vrk)	PST (°Ch)
1	2008	0.92 %	23	-0.044	91	14 392
2	2008	1.25 %	38	-0.029	90	11 025
3	2008	0.33 %	46	0.309	89	7 218
4	2008	1.94 %	47	0.107	85	5 253
5	2008	3.59 %	56	0.142	89	5 459
6	2008	4.54 %	47	0.133	87	4 947
7	2008	6.19 %	46	0.141	81	3 531
8	2008	4.70 %	36	0.297	71	2 348
9	2008	1.95 %	50	0.165	79	3 463
10	2008	3.79 %	28	0.281	34	1 098
11	2008	1.42 %	26	0.273	26	987
12	2008	1.71 %	19	0.366	22	695
13	2008	5.05 %	35	0.183	62	2 480
14	2008	1.05 %	52	0.074	88	6 865

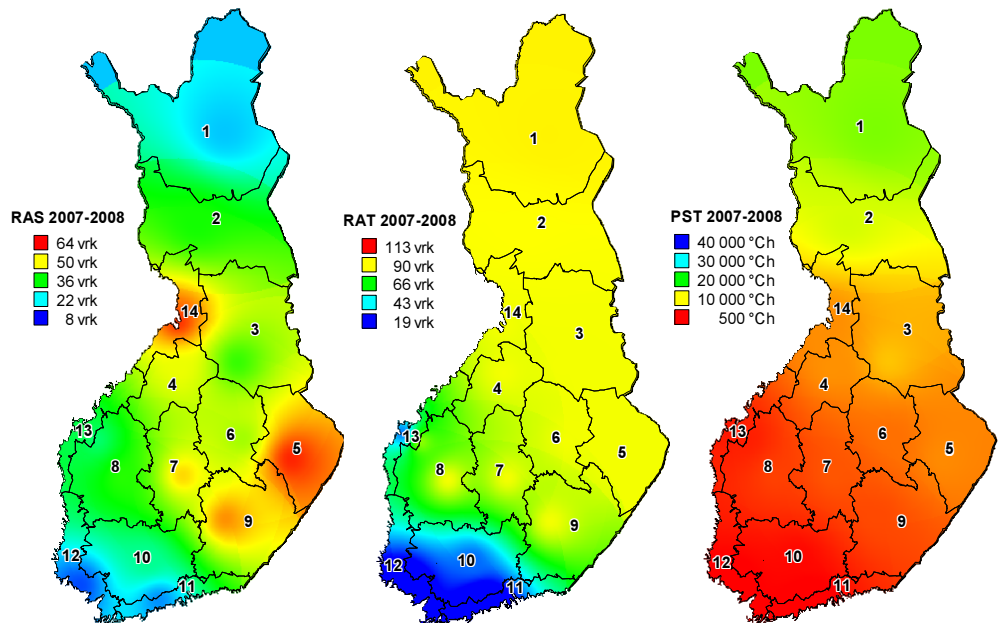
Havaintoasemilta määritetyt taulukossa 2 esitetyt säämuuttujat RA_S (routautumisaika 2 500°Ch - 6 000°Ch), PVP (pohjavedenpinnan korkeus), RA_T (routautumisaika pakkaskauden alusta tammikuun loppuun) ja PS_T (pakkassumma tammikuun 31.) on levitetty Suomen maa-alueelle, rajattu Suomi 14 osa-alueeseen ja laskettu kunkin osa-alueen solujen keskiarvo erikseen kunkin muuttujan suhteen. Osa-alueilta on Suomen saaristo jätetty pois, kuten aiempinakin vuosina on tehty. Arvot on levitetty IDW -menetelmällä, jossa muuttujan arvo tietyssä laskentapisteessä muodostuu läheisiltä sääasemilta määritettyjen arvojen painotettuna keskiarvona. Käytetyssä IDW -menetelmässä laskentasolun koko oli $2 \times 2 \text{ km}^2$, painokertoimen potenssi 2, hakusäde 250 km ja levityssäde 250 km.

Runkokelirikkomediaanit (RKM) ovat 1998 - 2003 tehtyjen sorateiden runkokelirikoinventointien perusteella määritetyt osa-alueiden keskimääräiset suhteelliset arvot, jotka eivät näissä laskelmissa muutu. Mediaaneilla otetaan huomioon mm. osa-alueiden väliset maaperä- ja tierakenne-erot. RKM -arvo periaatteessa vanhenee ja vaatii päivytystä esimerkiksi silloin, kun osa-alueella on tehty runsaasti kelirikkoa vähentäviä korjauksia. Näin ei kuitenkaan tarvitse välttämättä tehdä, sillä rankkuusennusteen tulos suhteellinen kelirikkopituus on ainoastaan vertailuarvo, jonka avulla verrataan eri vuosien sää- ja pohjavesitekijöiden yhteisvaikutusta tilastolliseen jakaumaan (kuva 6).



Kuva 6. Osa-alueiden sorateiden suhteelliset runkokelirikkomediaanit.

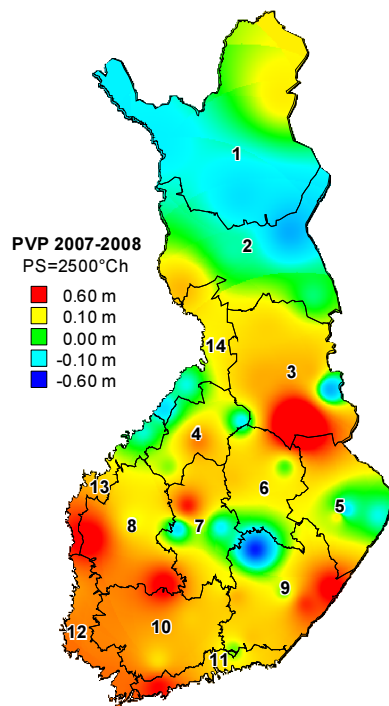
Osa-alueille lasketut RA_S -arvot olivat Oulun seudulla ja Savo-Karjalan itäosissa varsin pitkiä. Aiempina vuosina esiintyneisiin routaantumisaikoihin verrattuna ainoastaan Lounais-Suomessa RA_S -ajat ovat keskimääräisiä tai hieman lyhyempiä, mutta muualla Suomessa ne ovat selvästi keskimääräistä pitempiä. Pitkät RA_S -ajat ennakoivat vaikeaa kelirikkoa (Kuva 7).



Kuva 7. Routaantumisaajat $2\,500 - 6\,000\text{°Ch}$ (RA_S), routaantumisaajat pakkaskauden alusta tammikuun loppuun (RA_T) sekä tammikuun 31. päivän pakkasummat (PS_T) osa-alueilla talvella 2007 - 2008. Arvon muuttuminen punaisen suuntaan vaikeuttaa kelirikkoa.

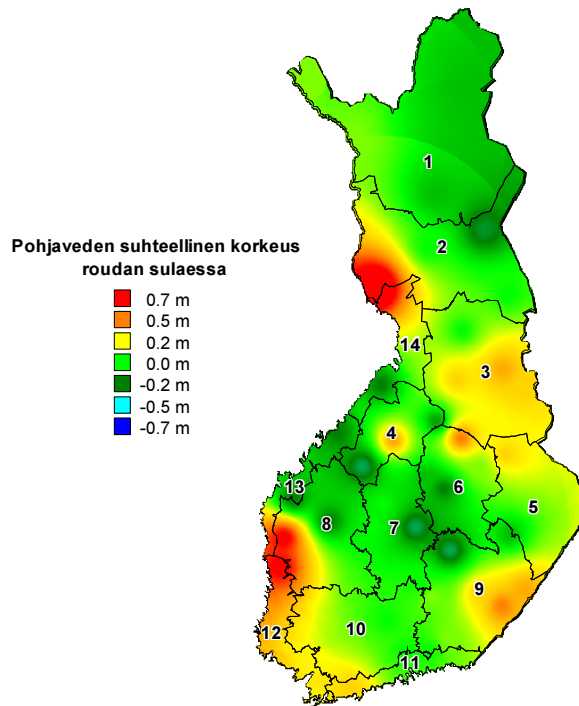
Routaantumisaajat pakkaskauden alusta tammikuun loppuun (RA_T) olivat Pohjois-Lapissa selvästi keskimääräistä lyhyempiä ja Lounais-Suomessa ne lähestyvät käytännössä nollaa. Muualla maassa RA_T oli keskimääräinen. Tammikuun lopun pakkassummat (PS_T) olivat koko maassa ennätysellisen pieniä.

Pohjavedenpinnan korkeudet (PVP) on määritetty likimäärin sillä hetkellä, jolloin pakkasmäärä on $2\ 500^\circ\text{Ch}$. Pohjavesiaseman laskenta-arvo on tämän talven pohjavedenpinnan ja tilastojakson pohjavedenpinnan keskiarvon erotus. Pohjavesi (PVP) oli talvella 2007 - 2008 routaantumisen aikaan keskimääräistä korkeammalla muualla paitsi osassa Lappia. Kainuussa (osa-alue 3) sekä Lounais-Suomessa osa-alueilla 8, 10, 11 ja 12 pohjavesi oli likimäärin 0.30 m keskiarvoa korkeammalla, mikä vaikeuttaa jo voimakkaasti ennustettua kelirikkoa (Kuva 8, Taulukko 3).



Kuva 8. Pohjavedenpinnan suhteellinen korkeus talvella 2007 - 2008, kun pakkasmäärä oli $2\ 500^\circ\text{Ch}$.

Pohjavesipinnan ennustetaan olevan roudan sulaessa osassa maata edelleen kohtalaisen korkealla. Länsirannikolla, Kaakkois-Suomessa, Kainuussa ja Lounais-Lapissa pintojen ennakoitaan olevan jopa 0.50 .. 0.70 m tavanomaista korkeammalla. Missään Suomessa pohjaveden ei ennakoita olevan merkittävästi tavanomaista alempana (Kuva 9).



Kuva 9. Pohjavedenpinnan suhteellisen korkeuden ennuste roudan sulaessa keväällä 2008.

3.2 Kevään 2008 runkokelirikon vaikeusennuste

Kelirikon vaikeusennuste pohjautuu sorateiltä inventoituihin kelirikkomääriin. Ennustettua suhteellista kelirikkopituutta verrataan aiemmin esiintyneisiin määriin. Jos ennustettu suhteellinen pituus on suuri verrattuna aiempiin määriin, tulee kelirikosta vaikea ja jos se on pieni, kelirikosta tulee helppo. Kelirikon vaikeusennustetta sovelletaan myös päällystetyillä teillä. Kelirikkoennuste perustuu kaavaan 1.

$$RKL = \left(0.2747 \cdot (RKM \cdot RA_S)^{0.3048} + 0.2725 \cdot \text{sign}(PVP) \cdot \|PVP\|^{3.4455} + 5.644 \cdot 10^{-8} \cdot RA_T^{2.8702} - 0.0036 \cdot PS_T^{0.3101} + 0.0221 \right)^{\frac{1}{0.4202}} \quad (1)$$

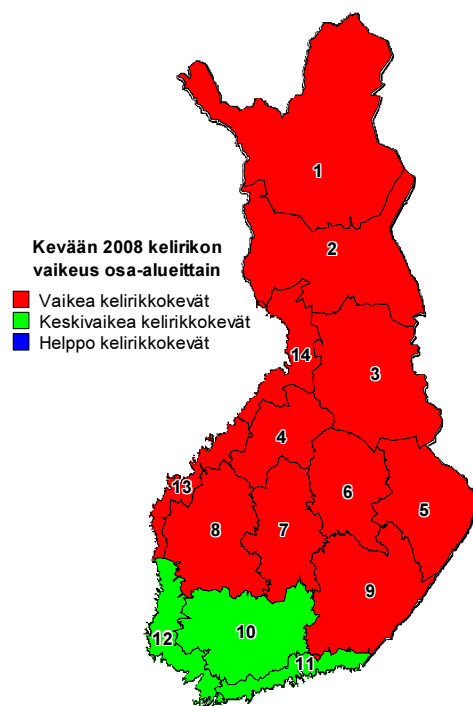
Missä RKL	= (Sorateiden) suhteellinen runkokelirikkopituus	(%)
RKM	= (Sorateiden) suhteellisen runkokelirikkopituuden mediaani	(%)
RA _S	= Routaantumisaika 2 500 - 6 000 °Ch	(vrk)
PVP	= Pohjavedenpinnan suhteellinen korkeus	(m)
RA _T	= Aika pakkaskauden alusta tammikuun 31. päivään	(vrk)
PS _T	= Tammikuun lopun pakkassumma	(°Ch)

Raja-arvot helpon, keskivaikean ja vaikean kelirikokevään välillä on määritetty osa-alueittain mallin 1 avulla tilastollisen keskiarvon ja keskihajonnan avulla. Mallissa muuttujien arvoina on käytetty todellisia 1998 - 2003 esiintyneitä arvoja. Helpon/keskivaikean kelirikokevään raja on summakäyrän 20 % -piste ja keskivaikean/vaikean raja 80 % -piste.

Kevään 2008 ennusteen mukaan tulee lähes koko maahan vaikea kelirikko lukuun ottamatta Etelä- ja Lounais-Suomea, jonne ennustetaan keskivaikeaa kelirikkoa. Vaikeusennuste on vuosikymmenen rankin. Lämpimän alkutalven vuoksi jouduttiin ennustemalliin kuuluvia tekijöitä mittaamisen sijasta ennustamaan, koska osassa maata ei pakkaskausi ollut oikeastaan vielä edes alkanut. Roudan syvyys jäänee kaikkialla Suomessa matalaksi. Tällöin routa löyhdyttää tavanomaista ohuempaa pintakerrosta ja sulamisaikana jäätyneen kerroksen päälle muodostuvan vesikyllästeisen kaukalon esiintyminen on vähäisempää kuin kovempina pakkastalvina. Toisaalta mm. pohjavedet routaantumisaikana olivat korkealla ja routaantumisajat olivat todella pitkiä siellä, missä pakkaset olivat jo alkaneet. Mallin perusteella kelirikkopotentiaali on kuitenkin suuri (Taulukko 4, Kuva 10).

Taulukko 4. Osa-alueiden kevään 2008 kelirikoennuste ja raja-arvot.

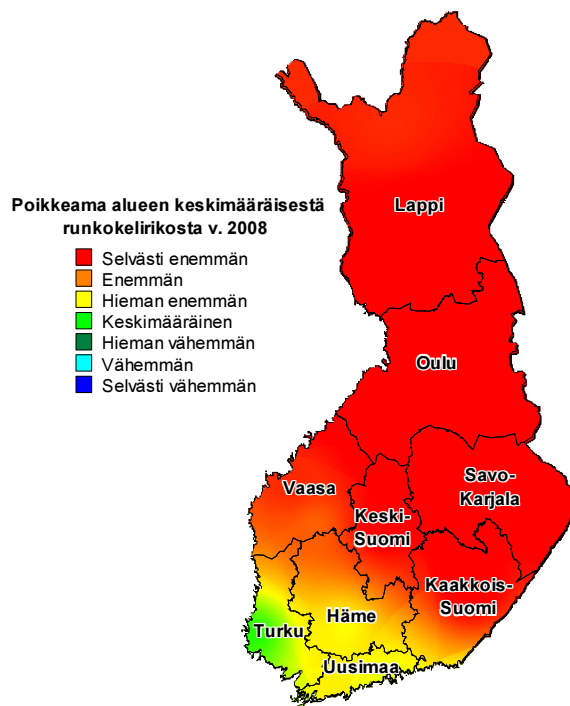
Osa-alue	Raja-arvot		Suhteellinen pituus	Ennuste 2008	
	Alaraja	Yläraja		Prosenttipiste	Kelirikon vaikeus
1	0.43 %	0.90 %	1.03 %	90 %	Vaikea
2	0.64 %	1.32 %	2.14 %	100 %	Vaikea
3	0.18 %	0.47 %	1.03 %	100 %	Vaikea
4	1.29 %	2.60 %	3.97 %	100 %	Vaikea
5	2.24 %	3.70 %	7.24 %	100 %	Vaikea
6	2.71 %	4.64 %	7.60 %	100 %	Vaikea
7	3.78 %	6.78 %	9.49 %	99 %	Vaikea
8	2.65 %	6.31 %	6.62 %	84 %	Vaikea
9	1.43 %	2.64 %	4.28 %	100 %	Vaikea
10	2.02 %	5.64 %	4.64 %	65 %	Keskivaikea
11	0.82 %	2.70 %	2.13 %	63 %	Keskivaikea
12	0.98 %	3.44 %	2.12 %	47 %	Keskivaikea
13	2.55 %	5.72 %	6.53 %	90 %	Vaikea
14	0.63 %	1.51 %	2.65 %	100 %	Vaikea



Kuva 10. Kevään 2008 kelirikon vaikeusennuste.

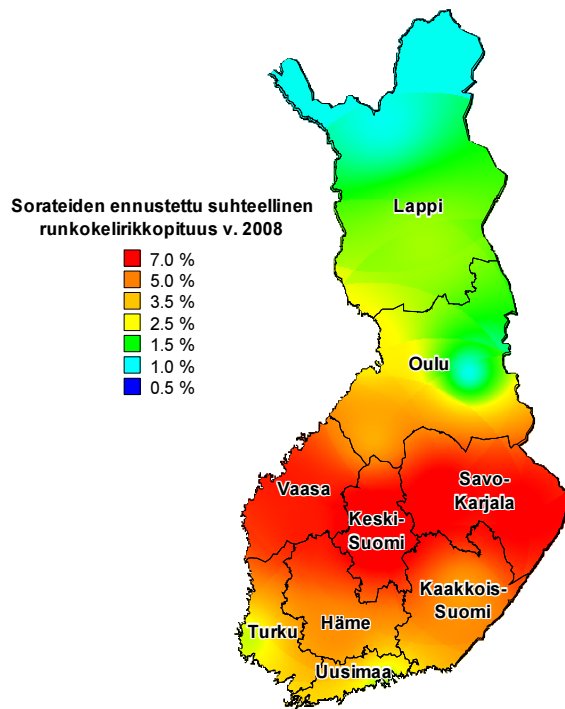
Toteutuva kelirikko riippuu myös kevään olosuhteista. Painorajoitussuunnittelua käsittelevässä tutkimuksessa (TIEH3201031-v) roudan sulamisnopeus, sademäärä ja yöpakkasten lukumäärä sulamisaikana, kun lämpösusma kasvaa 500 .. 2500°C_h, voivat vaikuttaa noin ± 50% suhteellisen kelirikon määrään. Vaikka kevään 2008 sulamisajan olosuhteet olisivat helpot, ei kelirikosta ennusteen mukaan tule vielä helppoa. Tätä tukee myös sulamisajan pohjavesiennuste.

Lapin, Oulun ja Savo-Karjalan tiepiireissä kelirikkoa esiintyy selvästi keskimääräistä enemmän. Myös Vaasan, Keski-Suomen ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä kelirikkoa esiintyy keskimääräistä enemmän (kuva 11).



Kuva 11. Kevään 2008 kelirikkoennusteen poikkeama alueen keskimääräisestä kelirikosta.

Sorateilla suhteellisesti eniten runkokelirikkoa esiintyy Vaasan, Keski-Suomen ja Savo-Karjalan tiepiireissä. Suuret suhteelliset kelirikkopituudet näillä alueilla toistuvat ennusteessa vuosittain, koska alueilla oli tilastojakson 1998 - 2003 aikana pisimmät keskimääräiset kelirikkopituudet. Todellisuudessa kelirikkopituudet ovat ilmeisesti vähentyneet korjaustoimenpiteiden vuoksi, mikä on havaittu vertaamalla vuosien 2005 ja 2006 inventoituja kelirikkopituuksia ennustettuihin pituuksiin. Kelirikkokorjausten aiheuttamaa mahdollista tasomuutosta ei ole mallinnettu eikä sitä näin ollen huomioida myöskään ennusteessa (kuva 12).



Kuva 12. Ennuste sorateiden suhteellisesta kelirikkopituudesta keväällä 2008.

Raportoitu kevään 2008 kelirikon vaikeusennuste on toteutettu noudattamalla "Sorateiden runkokelirikko ja kelirikon vaikeuden ennustaminen, TIEH 3200833" ohjetta ja periaatteita. Erityisesti kevään 2008 ennusteeseen vaikutti poikkeuksellisen lämmin alkutalvi, jonka vuoksi lämpötilojen kehittymistä ennakoitiin vuosina 1996 - 2006 esiintyneiden keskimääräisten vuorokausilämpötilojen avulla. Ennustetut ja toteutuneet lämpötilat saattavat poiketa toisistaan, mikä heikentää runkokelirikon vaikeusennusteen luotettavuutta.

Tavanomaista lämpimämmän sään vuoksi roudan syvyys jäänee matalaksi etenkin Lounais-Suomessa, jolloin myös sen löyhdyttävä vaikutus jää pieneksi. Ohut routa sulaa nopeasti, jolloin roudan sulamisaika on lyhyt ja sen aiheuttamat haitat jäänevät vähäisiksi. Muualla Suomessa korkealla oleva pohjavesi routaantumisaikana ja roudan sulaessa sekä normaaliin aikaan alkanut, mutta hitaasti edennyt talvi ennakoivat vaikeaa kelirikkoa, vaikka pakkassummat jäänevät pieniksi.

4 KIRJALLISUUSLUETTELO

Kelirikkoteiden liikenteen rajoittaminen. Tiehallinnon ohjejulkaisu. Helsinki 2005. Koekäyttöversio 24.2.2005.

Lämsä V. P., Belt J., Painorajoitussuunnittelun kriteerien kehittäminen. Helsinki 2007. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 5/2007. 35 s., ISSN 1457-9871, ISBN 978-51-803-826-2, TIEH 3201031-v.

Ryynänen T., Belt J., Ehrola E. Sorateiden runkokelirikko ja kelirikon vaikeuden ennustaminen. Helsinki 2003. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 46/2003, 69 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-128-2, TIEH 3200833.

Ryynänen T., Lämsä V. P., Belt J., Ehrola E. Kelirikon vaikeus ja painorajoitukset. Helsinki 2004. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 28/2004, 50 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-281-5, TIEH 3200878.

Ryynänen T., Belt J., Kevään 2005 kelirikon vaikeusennuste. Helsinki 2005. Tiehallinto. Työraportti, 24 s.

Ryynänen T., Belt J., Kevään 2006 kelirikon vaikeusennuste. Helsinki 2006. Tiehallinto. Työraportti, 20 s.

Ryynänen T., Belt J., Kevään 2007 kelirikon vaikeusennuste. Helsinki 2007. Tiehallinto. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 17/2007, 22 s. ISSN 1458-1561, TIEH 4000561-v

Soveri J., Mäkinen R., Peltonen K. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975–1999. Suomen ympäristökeskus. Helsinki 2001. ISSN 1238-7312. ISBN 952-11-0746-4.

Seppälä M., Tuominen S. Pohjaveden virtauksen mallintaminen. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 121. Helsinki 2005. ISSN 1238-8602, ISBN 952-11-2014-2, ISBN 952-11-2015-0 (PDF).

<http://wwwi2.ymparisto.fi/i2/pohjavesikooste.html>

