

RIL 261-2013

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Routasuojaus

– rakennukset ja infrarakenteet



RILin julkaisuilla on oma kotisivu, joka löytyy osoitteesta www.ril.fi Kirjakauppa ko. kirjan kohdalta. Sinne on koottu tiedot julkaisun painoksista sekä mahdolliset lisäinformaatiot.

Palautetta RILin julkaisuista voi antaa RILin kotisivuilta www.ril.fi kohdasta Julkaisut Muut palvelut.

JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

MYYNTI:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Töölönkatu 4, 00100 Helsinki

Puh. 0207 120 600, fax 0207 120 619, email ril@ril.fi, www.ril.fi

ISBN 978-951-758-547-7

ISSN 0356-9403

Painopaikka: Tammerprint Oy, 2013

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi ja saattaminen yleisön saataviin on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Alkusanat

Suomen olosuhteissa pakkasen ja routa ovat vuosittain toistuvia ilmiöitä, joiden kanssa on opittu elämään. Roudan ja pakkasen huomioon ottaminen talon- ja infrarakentamisen suunnittelussa ja toteutuksessa hallitaan yleensä hyvin. Alan tutkimus ja kirjallisuustuotanto on ollut kattava, joten aiheen yleinen tietämystaso on ollut riittävän korkea. Vakavat suunnittelupuutteet tai rakennusvirheet ovat olleet harvinaisia. Kuitenkin mahdollisesti muuttuvat ilmasto-olosuhteet, uudet rakentamiskäytännöt sekä uudet materiaalit aiheuttavat sen, että osa pitkään käytetyistä routasuojausohjeista on vanhentumassa. Tämä koskee etenkin talonrakentamista.

Tässä julkaisussa on kattavasti käsitelty sekä talon- että infrarakentamisen routasuojauksia. Tavoitteena on parantaa alan osaamista esittämällä routailmiö ja routasuojaukset kootusti ja yhteneväisellä tavalla. Ohje on työkalu roudan vaikutusten ja routariskien hallintaan sekä routavahinkojen estämiseen. Lähtökohtana on ollut olemassa oleva ohjekirjallisuus, jonka sisältöä on hyödynnetty sekä tarvittaessa päivitetty ja tarkennettu. Ohjeisiin on lisätty uusinta tutkimustietoa. Rakentamismääräysten uudistuessa korvaantuvat viittaukset vanhoihin rakentamismääräyksiin uusia määräyksiä vastaaviksi.

Ohjeiden laadinnassa on otettu huomioon rakennusten yhä vähäisempi energiankulutus. Rakennusten alapohjan lämmöneristyksen kasvattaminen lisää routasuojaustarvetta. Uudet ohjeet perustuvat mm. tietokoneohjelmalla laadittuihin passiivi- rakennusten ja nollaenergiatalojen maaperän lämpötilajakaumalaskelmiin. Tämä julkaisu korvaa julkaisun RIL 193-1992 Routavauriot ja routasuojaus.

Julkaisu on laadittu Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen (SGY) routatoimikunnan ja RILin yhteistyönä. Tärkeän asiantuntijapanoksen ovat antaneet alan yritykset, organisaatiot sekä viranomaiset. Julkaisun laadinnasta on vastannut toimituskunta, johon kuuluivat Tuuli Kunnas (pj.), Seppo Saarelainen (päätoimittaja), Kauko Kujala, Harri Mäkelä, Harri Kivikoski, Antti Nurmikolu, Heikki Onninen, Heikki Kangas ja Gunnar Åström (RIL). Ohje on ollut lausun- tokierroksella ja lausunnoista saatu kehittävä palaute on ollut erittäin tärkeä ohjeen viimeiste- lyssä.

Työtä on ohjannut ohjausryhmä, jonka jäseniä ovat olleet Tuuli Kunnas (pj.), Asko Aalto, Kati Alakoski, Asso Erävuoma, Pekka Holopainen, Heikki Kangas, Heikki Komulainen, Tapio Kilpeläinen, Pekka Merinen, Anu Näätänen, Katja Outinen, Jarmo Pekkala, Kari Seuranen, Milko Tietäväinen, Pekka Vuola ja Gunnar Åström (RIL, siht.).

Ohjeen rahoittajia olivat ympäristöministeriö, Liikennevirasto, kaupungit Helsinki, Joensuu, Jyväskylä, Pori, Tampere ja Vantaa, Infra ry, EPS-rakennustuoteteollisuus (Soklex, Solupak, Styroplast, ThermiSol ja UK-Muovi), Finnfoam Oy, Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy ja Uusioaines Oy.

Kiitämme kirjoittajia sekä ohjausryhmää, rahoittajia ja lausunnonantajia, jotka asiantuntijuudellaan ja sitoutumisellaan ovat mahdollistaneet tämän ohjeen syntymisen. Toivomme, että julkaisu nostaa routasuojauksen tietämystä rakennusalalla ja parantaa tältä osin rakentamisen laatua.

Tammikuussa 2013

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Risto Vahanen
puheenjohtaja

Helena Soimakallio
toimitusjohtaja

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	13
2.	ILMASTO JA ROUTA	15
	2.1 Johdanto	15
	2.2 Pakkasmäärä	15
	2.3 Vuoden keskilämpötila	20
	2.4 Lumipeitteen syvyys	21
	2.5 Ilman ja pinnan lämpöastesumma	21
	Kirjallisuutta	23
3.	MAAN JÄÄTYMINEN, ROUTIMINEN JA SULAMINEN	25
	3.1 Johdanto	25
	3.2 Maan lämpötekniset ominaisuudet	26
	3.2.1 Routaantumiseen vaikuttavista tekijöistä	26
	3.2.2 Lämmönjohtavuus	27
	3.2.3 Maan jäätymis/sulamislämpö	30
	3.2.4 Tilavuuslämpökapasiteetti	30
	3.3 Maan routaantuminen ja roudan syvyys	32
	3.3.1 Roudan syvyyteen vaikuttavat tekijät	32
	3.3.2 Roudan syvyyden likimääräinen arviointi	27
	3.3.3 Roudan syvyyden laskennallinen arviointi	35
	3.3.4 Roudan syvyys lumettomalla tie- ja katualueella ja lumen peittämässä maastossa	37
	3.3.5 Routaantumisen numeerinen määrittäminen elementtimenetelmällä	40
	3.4 Routivuus	41
	3.5 Routanousukertoimen <i>SP</i> määrittäminen	43
	3.5.1 Routanousukertoimen määrittäminen	43
	3.5.2 Pohjamaan routanousukertoimen määrittäminen routanousuhavaintojen mukaan	43
	3.5.3 Routanousukertoimen määrittäminen laboratorioissa	47
	3.6 Routanousun määrittäminen	48
	3.6.1 Routanousun merkitys suunnittelussa ja mitoituksessa	48
	3.6.2 Likimääräinen menetelmä	49
	3.6.3 Kerroslaskentamenetelmä	50
	3.6.4 Routanousun laskentamalli	50
	3.7 Sulamisen ja sulamispehmenemisen arviointi	51
	3.7.1 Johdanto	51
	3.7.2 Pohjamaan sulaminen	51
	Kirjallisuutta	53
4.	ROUTA-AURIORISKIT JA SUUNNITTELUUN LÄHTÖKOHDAT	55
	4.1 Johdanto	55
	4.2 Paikallinen ilmastorasitus	57
	4.3 Paikalliset pohjasuhteet	57
	4.4 Routanousuerot	58
	4.5 Rakentamisvaihe	59

4.6	Kuivatuspuutteiden aiheuttamat riskit	60
	Kirjallisuutta	60
5.	ROUTAERISTERAKENTEIDEN VAATIMUKSET JA ROUTAERISTEMATERIAALIT	61
5.1	Yleistä	61
5.2	Routaeristemateriaaleille asetettuja vaatimuksia	61
5.2.1	Ominaisuudet	61
5.2.2	Lämmönjohtavuus	61
5.2.3	Kosteuden pääsy ja vaikutus eristeeseen	63
5.2.4	Pakkasenkestävyys	64
5.2.5	Kuormituskestävyys	64
5.2.6	Keskoikä ja ympäristökelpoisuus	65
5.3	Routaeristeet ja niiden ominaisuudet	65
5.3.1	Yleistä	65
5.3.2	Paisutetut polystyreenisolumuovilevyt (EPS)	66
5.3.3	Suulakepuristetut polystyreenisolumuovilevyt (XPS)	66
5.3.4	Polyeteenisolumuovimatot ja -levyt	67
5.3.5	Kevytsora	67
5.3.6	Vaahtolasi	68
5.3.7	Teollisuuden sivutuotteet	69
5.3.8	Muut routaeristeet	71
5.3.9	Yhteenveto routaeristeiden suunnitteluominaisuuksista	71
5.4	Routa- ja lämmöneristyksen paksuus	71
	Kirjallisuutta	73
6.	RAKENNUSTEN ROUTASUOJAUS	75
6.1	Johdanto	75
6.2	Mitoitusilmasto	75
6.3	Routasuojauksen suunnittelu- ja mitoitusperiaate	76
6.4	Roudaton perustussyvyys	78
6.4.1	Lämpimät ja puolilämpimät rakennukset	78
6.4.2	Kylmät rakennukset	80
6.5	Routasuojauksen suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavat tekijät	80
6.5.1	Pohjasuhteet	80
6.5.2	Ilmasto	80
6.5.3	Rakennus ja perustuksen rakenne	80
6.5.4	Alapohja	81
6.5.5	Perusmuuri	82
6.5.6	Ryömintätilan tuuletus ja korkeus	82
6.6	Lämpimien rakennusten routasuojauksen suunnittelu ja mitoitus	83
6.6.1	Mitoituksen kulku	83
6.6.2	Alapohjan rakenne ja lämmönvastus	84
6.6.3	Perusmuurin rakenne ja lämmönvastus	88
6.6.4	Ryömintätilan tuuletus ja routasuojaustarve	90
6.6.5	Routasuojauksen leveys	92
6.6.6	Rakennuksen ulkonurkat	93
6.6.7	Maanvastainen alapohjarakenne, alapohjan lämmönvastus $R_A \leq 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	94

6.6.8	Maanvastainen alapohjarakenne, lämmönvastus 10-14 m ² K/W	95
6.6.9	Ryömintätilainen alapohjarakenne, alapohjan lämmönvastus $R_A \leq 6,25$ m ² K/W	96
6.6.10	Ryömintätilainen alapohjarakenne, lämmönvastus > 6,25... < 10,0 m ² K/W	97
6.6.11	Puolilämpimät rakennukset/rakennusosat	97
6.6.12	Rakennuksen kylmät osat	98
6.6.13	Siirtymäkiila rakennuksen vierustalla	98
6.7	Kylmien rakennusten ja rakenteiden routasuojausten mitoitus	99
6.8	Kuivatusrakenteiden routasuojaus	99
6.8.1	Määräykset ja ohjeet	99
6.8.2	Salaojan sijoitus	99
6.8.3	Salaojituskerros	100
6.8.4	Kaivojen sijoitus ja routasuojaus	101
6.8.5	Salaojituksen ja routasuojausten sisältävän rakenteen materiaalit ja kerrospaksuudet	103
6.8.6	Salaojitusjärjestelmän toimivuuden varmistaminen	105
6.9	Mitoitus esimerkki	105
6.10	Routasuojausten rakentaminen	110
6.11	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	111
	Kirjallisuutta	115
7.	KYLMIEN RAKENTEIDEN ROUTASUOJAUS	117
7.1	Johdanto	117
7.2	Mitoitusilmasto	117
7.3	Roudaton perustusvyvyys	118
7.4	Kylmien rakenteiden routasuojausten mitoitus	119
7.5	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	123
	Kirjallisuutta	126
8.	PIHOJEN JA PIHATEIDEN ROUTASUOJAUS	127
8.1	Johdanto	127
8.2	Mitoitusilmasto	127
8.3	Suunnittelu- ja mitoituspäätte	127
8.3.1	Pohjamaan routanousuominaisuudet	127
8.3.2	Routavaurioriski ja sallittu routanousu	128
8.3.3	Routasuojaustavat	128
8.4	Routasuojausten mitoitus kivennäismaarakennetta käytettäessä	129
8.5	Routasuojausten mitoitus routaeristettyä rakennetta käytettäessä	132
8.6	Routimattoman piharakenteen paksuuden määrittäminen	135
8.7	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	136
	Kirjallisuutta	139
9.	VESI- JA VIEMÄRIJOHTOJEN ROUTASUOJAUS JA LÄMMÖNERISTÄMINEN	141
9.1	Johdanto	141
9.2	Mitoitusilmasto	142
9.3	Suunnittelu- ja mitoituspäätte	143

9.3.1	Suunnittelukriteerit	143
9.3.2	Pohjamaan vaikutus routasuojaustapaan	144
9.3.3	Lisälämpö	144
9.3.4	Käyttökeskeytykset	145
9.3.5	Lämmöneristys	145
9.4	Lämmöneristys- ja routasuojaustavan suunnittelu ja mitoitus	146
9.4.1	Rakenteet ja mitoitus	146
9.4.2	Asennussyvyyden määrittäminen	147
9.4.3	Matalalämpötilaiset vesi- ja viemärijohdot	148
9.4.4	Lämpöä luovuttavat vesi- ja viemärijohdot tai kaapelilämmitys	149
9.4.5	Lämmöneristysten vaatimukset ja periaatteet kalliokaivannossa	151
9.5	Rakentaminen	157
9.5.1	Lämmöneristeiden asentaminen	157
9.5.2	Käytännön rakentamisohjeita ja erityiskysymyksiä	158
9.6	Esimerkkejä	161
9.6.1	Vesi- ja viemärijohtojen lämmöneristämisen vaikutus routanousueroihin	161
9.6.2	Kunnallistekniikan vesijohtojen sulanapitojärjestelmä	161
	Kirjallisuutta	161
10.	KATUJEN ROUTASUOJAUS	163
10.1	Johdanto	163
10.2	Mitoitusilmasto	163
10.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	163
10.4	Kivennäismaarakenne	164
10.4.1	Pohjamaan routanousuominaisuuksien määrittäminen	164
10.4.2	Routamitoitus	165
10.4.3	Maalaatikkorakenne	167
10.5	Routaeristetty rakenne	167
10.5.1	Routaeristysten suunnittelu	167
10.5.2	Routaeristeen kuivatus	168
10.5.3	Kantavuusmitoitus	170
10.6	Erityisvaatimukset ja yleiset asennusohjeet	171
10.6.1	Katurakenteen kuivatus	171
10.6.2	Rakenteen jäykistäminen	171
10.6.3	Pohjamaan homogenisointi	171
10.6.4	Siirtymärakenteet	172
	Kirjallisuutta	172
11.	TEIDEN ROUTASUOJAUS	173
11.1	Johdanto	173
11.2	Mitoitusilmasto	175
11.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	176
11.3.1	Routamitoitus osana tierakenteen mitoitusta	176
11.3.2	Routanousun laskentatapa	177
11.3.3	Suurin sallittu laskennallinen routanousu	178
11.4	Materiaalit ja rakenteet	179
11.4.1	Pohjamaan routanousuominaisuuksien määrittäminen	179

11.4.2	Pohjamaan routaturpoaman kohdekohtainen määrittäminen	180
11.4.3	Alusrakenteen arviointi ja luokittelu	181
11.5	Routasuojaustavan valinta	186
11.5.1	Routasuojaus routimattomasta kivennäismaasta	186
11.5.2	Routaeristetty rakenne	186
11.5.3	Kevyenliikenteentien routamitoitusvaihtoehtoja	186
11.6	Erityisvaatimukset ja yleiset asennusohjeet	187
11.6.1	Tierakenteen kuivatus	187
11.6.2	Rakenteen jäykistäminen	187
11.6.3	Pohjamaan käsittely ja tasalaatuistaminen	188
11.6.4	Siirtymäkiilat ja -rakenteet	189
11.6.5	Siirtymäkiilan pohjan kaltevuus ja kiilan pituus	190
11.6.6	Siirtymäkiilojen kuivatus	190
11.6.7	Pituussuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve	191
11.6.8	Poikkisuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve	196
11.7	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	198
	Kirjallisuutta	198
12.	RAUTATEIDEN ROUTASUOJAUS	199
12.1	Johdanto	199
12.2	Mitoitusilmasto	199
12.3	Rakennekerrosmateriaalien routimattomuus	200
12.4	Routimattoman rakennekerrosrakenteen mitoitus	200
12.4.1	Routasuojaustavan valinta ja routaeristemateriaalit	200
12.4.2	Routasuojaus kivennäismaasta	201
12.4.3	Routasuojaus routaeristelevyä hyödyntäen	201
12.5	Erityisvaatimuksia olemassa olevien ratojen routasuojauksesta	205
12.5.1	Olemassa olevien ratojen routasuojaus	205
12.5.2	Routaongelmien syitä	205
12.5.3	Tietoaineistojen yhteistarkastelu routasuojaussuunnittelussa	205
12.5.4	Routakorjausten elinkaaritilavuorokaus	206
	Kirjallisuutta	207
13.	LIIKENNETUNNELEIDEN LÄMMÖNERISTYS	209
13.1	Johdanto	209
13.2	Mitoitusilmasto	209
13.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	209
13.4	Lämmöneristerakenteiden mitoitus	212
13.4.1	Liikennetunnelin seinä- ja holvirakenteen lämmöneristys	212
13.4.2	Liikennetunnelin pohjan kuivatusrakenteen lämmöneristys	212
13.4.3	Yksittäisen salaojan lämmöneristys	214
13.4.4	Lämmöneristeen paksuuden määrittäminen	214
13.5	Liikennetunneleiden lämmöneristerakenteet	215
13.6	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	216
	Kirjallisuutta	216
14.	SILTOJEN ROUTASUOJAUS	217
14.1	Johdanto	217

14.2	Mitoitusilmasto	217
14.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	217
14.4	Routasuojauksen suunnittelu	218
14.4.1	Routasuojaustavan valinta	218
14.4.2	Roudaton perustamissyvyys	219
14.4.3	Siltaperustuksen routaeristeen mitoitus	220
14.4.4	Routaeristemateriaalien ominaisuudet ja mitoitusarvot	221
14.4.5	Routaeristetyt perustuksen kuivatus sekä routaeristettä suojaavat rakenteet	221
	Kirjallisuutta	222
15.	ERIKOISRAKENTEIDEN ROUTASUOJAUS	223
15.1	Johdanto	223
15.2	Tekojääräadan routasuojaus	223
15.2.1	Yleistä	223
15.2.2	Pohjasuhteet	223
15.2.3	Avojäräadan routasuojaus	224
15.2.4	Jäähallit	225
15.2.5	Jääräadan rakenne ja mitoitus	226
15.2.6	Vastalämmityksen suunnittelu	227
15.2.7	Routaeristeen mitoitusominaisuudet	228
15.3	Jäähdytetty latu	229
15.3.1	Toiminnalliset vaatimukset	229
15.3.2	Radan rakenne	229
15.3.3	Radan routasuojaus	230
15.3.4	Radan kuivatus	231
15.3.5	Eristeen suojaus kuormituksia vastaan	232
15.4	Pakkasvaraston routasuojaus	232
15.4.1	Yleistä	232
15.4.2	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	232
15.5	Padon routasuojaus	233
15.5.1	Yleistä	233
15.5.2	Patojen suunnittelukriteerit	233
15.5.3	Padon routaantuminen ja routiminen	233
15.5.4	Maapadon routasuojaus	234
15.5.5	Betonipadon routasuojaus	236
15.5.6	Muut vesieristysrakenteet	236
15.6	Kaatopaikkojen routasuojaus	236
15.6.1	Yleistä	236
15.6.2	Suunnittelu ja mitoitus	238
15.7	Satamarakenteiden routasuojaus	238
15.7.1	Yleistä	238
15.7.2	Rakenteiden suunnittelun periaatteet	238
15.8	Pallo- ym. kenttien routasuojaus	239
15.8.1	Yleistä	239
15.8.2	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	239
15.8.3	Erytisnäkökohtia	239
15.9	Katulämmitys	240
15.9.1	Yleistä	240
15.9.2	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate	241
15.9.3	Erytisnäkökohtia	241

	Kirjallisuutta	241
16.	TYÖNAIKAINEN ROUTASUOJAUS	243
16.1	Johdanto.	243
16.2	Mitoitusilmasto	243
16.3	Suunnittelu- ja mitotusperiaate	244
16.4	Työmaatoiminta talvella	244
16.5	Suojattavat kohteet.	246
16.6	Maan pitäminen sulana lämmöneristämällä	247
16.7	Lämmitysmenetelmät.	249
16.8	Routasuojauksen ja lämmityksen mitoitus	250
16.9	Työnaikaisen routasuojauksen rakentaminen ja tarkkailu	253
	Kirjallisuutta	
	Liite 1. Merkinnät ja määritelmät.	254

Ilmoittajat

Ilmoitukset julkaisun lopussa.

Finnfoam Oy
 Geobitti Oy
 M-Plast Oy
 Rudus Oy
 Sito Oy
 Solupak Oy
 Teknologian tutkimuskeskus VTT
 Thermisol Oy
 UK-Muovi Oy
 WPS Finland Oy

