

# **RIL 201-4-2017**

**Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry**

**Rakenteiden vaurionsietokyvyn  
varmistaminen  
onnettomuustilanteessa**



RILin julkaisuilla on oma kotisivu, joka löytyy osoitteesta [www.ril.fi/kirjakauppa](http://www.ril.fi/kirjakauppa) ko. kirjan kohdalta. Sinne on koottu tiedot julkaisun painoksista sekä mahdolliset lisäinformaatiot.

**JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

**MYYNTI:**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry  
Lapinlahdenkatu 1 B, 4. krs, 00180 Helsinki  
[www.ril.fi/kirjakauppa](http://www.ril.fi/kirjakauppa)

ISBN 978-951-758-617-7 (nid.)

ISBN 978-951-758-618-4 (pdf)

ISSN 0356-9403

Painopaikka: Grano Oy, 2017

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

Standardeista tehdyt lainaukset on julkaistu Suomen Standardisoimisliiton SFS:n luvalla.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

## Alkusanat

Rakennusten kantavien rakenteiden suunnittelu ja toteutus kuuluvat niihin rakentamisen osa-alueisiin, joissa virheet voivat aiheuttaa erittäin vakavia seuraamuksia, jopa ihmishenkien menetyksiä. Tästä syystä suunnittelun ja toteutuksen osalta puhutaankin virheiden ”nollatoleranssista”. Suunnittelujärjestelmien ohjeet ja kaavat antavat keskimäärin noin kaksinkertaisen murtovarmuuden suunniteltuihin kuormiin nähden. Tämä on useimmiten riittävää ottamaan huomioon rakenneosissa ja liitoksissa esiintyvät pienet virheet ja laatupoikkeamat.

Yksittäisten rakenneosien ja liitosten kantavuuden menetys ei välttämättä ole katastrofaalista, mikäli vaurio pysyy paikallisena. Rakennusten kattosortumien vauriotutkimukset 2000-luvulla ovat osoittaneet, että kattorakenteiden laajat ns. jatkuvat sortumat ovat johtuneet suunnittelussa ja toteutuksessa tehdyistä virheistä. Suunnittelussa ei ole useinkaan otettu riittävästi huomioon paikallisen vaurion aiheuttamaa ennakoimatonta onnettomuuskuormitustilannetta, vaikka määräykset ja ohjeet näin edellyttävät. Suunnittelukäytännön kehittämiseksi onkin tältä osin lisäohjeistustarvetta.

Asiaa käsittelevän ohjeen laadinta alkoi alan asiantuntijoilta tulleen ehdotuksen pohjalta vuonna 2015. Samanaikaisesti oli käynnissä ympäristöministeriössä Suomen rakentamismääräyskokoelman kantavia rakenteita koskevan osan uudistus, jossa vaatimukset ja ohjeet on annettu osassa ”Rakenteiden lujuus ja vakaus”. Rakenteiden kuormien osalta uudistus sisältää vaatimukset ja suositukset onnettomuuskuormastandardin SFS-EN 1991-1-7 soveltamiseen liittyen. Eurokoodien soveltamista koskevat asetukset tulivat voimaan vuoden 2017 alusta. Samanaikaisesti ministeriö julkaisi eurokoodeihin liittyvät ohjeet, jotka sisältävät eurokoodien kansalliset liitteet.

Ohjeen pääkirjoittaja on Tapio Leino. Kirjoitustyötä on avustanut Gunnar Åström. Puurakenteita koskevia suunnitteluohjeita (luvussa 5 ja 6) on ollut kirjoittamassa Tero Lahtela. Ohjeen laadintaa on ohjannut laaja ja aiheeseen kiitettävästi paneutunut asiantuntijaryhmä. Ohjausryhmään ovat kuuluneet Tapio Aho, Jukka Bergman, Tuomo Haara, Jouni Hakkarainen, Antti Haapasalmi, Jouko Lamminen, Tapio Leino, Jussi Mattila, Veikko Numminen, Juha Sieberg, Timo Tikanoja, Tomi Toratti, Juha Valjus, Aki Vuolio ja Gunnar Åström (RIL, pj. ja sihteeri). RILin hankkeen projektipäällikkönä on ollut Gunnar Åström

Ohje on ollut lausuntokierroksella ja saatu kehittävä palaute on ollut erittäin tärkeä ohjeen viimeistelyssä.

Ohjeen rahoittajia ovat ympäristöministeriö, Betoniteollisuus ry, Puutuoteteollisuus ry, Teräsrakenneyhdistys ja SKOL ry.

Kiitämme kirjoittajia sekä ohjausryhmää, rahoittajia ja lausunnonantajia, jotka asiantuntijuudellaan ja sitoutumisellaan ovat mahdollistaneet tämän ohjeen syntymisen. Uskomme, että tämä on tärkeä ohje eurokoodipohjaisessa suunnittelumaailmassa, joka nostaa onnettomuustilanteiden hallinnan tietämystä ja parantaa tältä osin rakentamisen laatua ja rakenteellista turvallisuutta.

Toukokuussa 2017

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Tuomas Särkilähti  
puheenjohtaja

Helena Soimakallio  
toimitusjohtaja

## Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO .....	9
1.1	Ohjeen tavoitteet ja sisältö .....	9
1.2	Rakenteiden vaurioiden syitä ja taustoja .....	10
1.3	Termit ja määritelmät .....	13
2.	RAKENTEIDEN VAURIONSIIETOKYKY JA PAIKALLISEN VAURION RAJAAMINEN .....	17
2.1	Yleistä .....	17
2.2	Menettelytapoja rakenteiden vaurionsietokyvyn parantamiseksi .....	18
2.3	Jatkuvan sortuman kuvaus .....	20
3.	VAURIONSIIETOKYVYN VARMISTAMINEN RAKENNUSPROSESSIN ERI VAIHEISSA .....	23
3.1	Yleistä .....	23
3.2	Käytetty suunnittelu- ja toteutusjärjestelmä .....	23
3.3	Osapuolet ja heidän tehtävänsä .....	24
3.4	Suunnittelun pääkohdat ja toimenpiteet hankkeen eri vaiheissa .....	26
4.	RAKENNUKSEN VAURIONSIIETOKYVYN PARANTAMISEN MENETTELYTAVAT JA NIIDEN KÄYTTÖ .....	31
4.1	Yleistä .....	31
4.2	Seuraamusluokan valinta .....	31
4.2.1	Standardin SFS-EN 1990 määrittelemä seuraamusluokitus .....	31
4.2.2	Kansallisen liitteen tarkennukset onnettomuustilanteita varten (asetusteksti ja ohje) .....	33
4.3	Menettelytavat rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistamiseksi .....	34
4.4	Menettelytapojen käyttö .....	35
4.4.1	Seuraamusluokka ja onnettomuustilanteet .....	35
4.4.2	Menettelytavan valinta seuraamusluokassa CC1 .....	36
4.4.3	Menettelytavan valinta monikerrosrakennuksissa (CC2 ja CC3a/CC3b) .....	37
4.4.4	Menettelytavan valinta hallimaisissa rakennuksissa (CC2 ja CC3a/CC3b) .....	39
4.5	Paikallisen vaurion hyväksyttävä raja .....	40
4.5.1	Yleistä .....	40
4.5.2	Monikerroksinen rakennus .....	41
4.5.3	Hallimainen rakennus .....	41
4.6	Sidontaperiaate (sidejärjestelmä) ja sidevoimat .....	42
4.6.1	Yleistä .....	42
4.6.2	Siteet ja sidevoimien laskenta .....	43
4.7	Vaihtoehtoiset kuormansiirtoreitit .....	45
4.7.1	Yleistä .....	45
4.7.2	Vaihtoehtoisten kuormansiirtoreittien suunnittelu .....	45
4.7.3	Vaihtoehtoisten kuormansiirtoreittien tarkastelu tietokonemallinnuksella .....	46
4.8	Avainasemassa olevat rakenneosat .....	47
4.8.1	Yleistä .....	47

4.8.2	Nurkkapilareiden erityistarkastelu seuraamusluokassa CC3b	48
4.9	Riskinarviointi	50
4.10	Luotettavuuden lisääminen muilla menettelytavoilla	52
4.10.1	Yleistä	52
4.10.2	Staattisen määräämättömyyden hyödyntäminen	54
4.10.3	Rakenneliitosten sitkeyden huomioon ottaminen	54
4.10.4	Kriittiset rakenteet ja liitokset	55
5.	MONIKERROSRAKENNUKSET	59
5.1	Yleistä	59
5.2	Betoni- ja liittorunkoiset rakennukset	59
5.2.1	Yleistä	59
5.2.2	Menettelyt vaurionsietokyvyn hallintaan	60
5.3	Puurakenteiset kerrostalot	61
5.3.1	Yleistä	61
5.3.2	Menettelytavat	63
5.3.3	Sidontamenetelmien käyttötavat puurakenteissa	63
5.3.4	Vaihtoehtoiset kuormansiirtymisreitit puurakenteissa	66
6.	HALLIMAISET RAKENNUKSET	71
6.1	Yleistä	71
6.1.1	Hallirakennusten seuraamusluokitus	71
6.1.2	Menettelytavat	72
6.1.3	Riskitekijöitä	72
6.2	Teräsrunkoiset hallimaiset rakennukset	74
6.2.1	Yleistä	74
6.2.2	Tyypilliset teräshallien vaurioskenaariot	74
6.2.3	Sivusiirtyminen	75
6.2.4	Rakennuksen pilarirungon siirtymätilan huomioon ottaminen	76
6.2.5	Kattojen osirakenteiden suunnittelu	77
6.2.6	Erikoisrakenteet ja -liitokset	78
6.3	Puurunkoiset hallimaiset rakennukset	79
6.3.1	Yleistä	79
6.3.2	Menettelytavat	80
6.3.3	Vaurioskenaariot	80
6.3.4	Poikittaissuuntainen jäykistäminen yksilavaisessa kehärungossa	82
6.3.5	Pituussuuntainen jäykistäminen yksilavaisessa kehärungossa	82
6.3.6	Pääkannattimen ja 3-aukkoisen kattoelementin kestävyys pääkannattimen sortuman jälkeen	85
6.3.7	Kattoelementtien liitosten kestävyuden vaikutus jatkuvaan sortumaan	88
6.4	Betonirunkoiset hallimaiset rakennukset	90
6.4.1	Yleistä	90
6.4.2	Menettelytavat	91
6.4.3	Vaurioskenaariot	92
6.4.4	Betonirunkoisten hallien vaurionsietokyvyn parantaminen	92
6.5	Teollisuusrakennukset	93

7.	SIDEJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA LASKENTAESIMERKKEJÄ	95
7.1	Yleistä .....	95
7.2	Kansallisen liitteen sidejärjestelmää koskevat ohjeet .....	95
7.2.1	Vaakasuorat rengas- ja sisäpuoliset siteet eri seuraamusluokissa .....	95
7.2.2	Seinien ja pilareiden vaakasuora sidontavoima välipohjaan...	99
7.2.3	Pilareiden ja seinien pystysiteet .....	100
7.2.4	Kantavan seinälohkon nimellispituus .....	101
7.3	Laskentaesimerkit teräs-/betoni -liittorakenteisen toimistotalon vaaka- ja pystusidonnoista .....	101
7.4	Laskentaesimerkit elementtirakennuksen vaaka- ja pystusidonnoista .....	106
7.5	Laskentaesimerkit puukerrostalon sidonnoista ja kuorman siirtymisestä .....	110
7.5.1	Rankarakenteinen suurelementtijärjestelmä (CC2a) – rengassidonta .....	110
7.5.2	Rankarakenteinen suurelementtijärjestelmä (CC2b) – vaihtoehtoinen kuormansiirtymisreitti .....	110
7.5.3	CLT-rakenteinen suurelementtijärjestelmä (CC2a ja CC2b) ..	111
7.5.4	Tilaelementtijärjestelmä (CC2a) .....	112
7.5.5	Tilaelementtijärjestelmä (CC2b) .....	113
7.5.6	Pilari-palkki-järjestelmä (CC2a) .....	113
7.5.7	Pilari-palkki-järjestelmä (CC2b) .....	113
8.	TÄYDENTÄVÄT RAKENTEET JA ERIKOISRAKENTEET .....	115
8.1	Yleistä .....	115
8.2	Lasirakenteet ja niiden liittymät .....	115
8.2.1	Yleistä .....	115
8.2.2	Lasin ominaisuudet .....	116
8.2.3	Lasin rikkoutumien .....	116
8.3	Alakattojen kiinnitysongelmat .....	117
8.4	Talotekniikan kannatukset .....	117
8.5	Muut rakennuksiin kiinnitettävät laitteet .....	118
8.6	Rakennustelineet .....	118
	LÄHDELUETTELO .....	121
	LIITTEET	
	LIITE 1. Rakenteiden vaurionsietokyvyn hallinta eurokoodien ja kansallisen liitteen mukaisesti .....	125
	LIITE 2. Seuraamusluokan ja suositeltavan menettelytavan valinta rakennustyypeittäin .....	139
	LIITE 3. Riskinarviointi ja tarkastuslistat .....	143
	LIITE 4. Muut luotettavuusluokitukset standardissa SFS-EN 1990 .....	147
	LIITE 5. Rakenteiden liitosten vaurionsietokyky .....	151
	LIITE 6. Rakennusrungon stabiilisuuskannan virheitä .....	159
	LIITE 7. Rakennuksen pilarirungon siirtymätilan huomioon ottaminen .....	163

**ILMOITTAJAHAKEMISTO**

Inspecta Oy  
Peikko Finland Oy  
Ramboll  
SS-Teracon Oy  
Sweco Rakennetekniikka

Ilmoitukset julkaisun lopussa.