

RIL 202-2011/by 61

**Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
Suomen Betoniyhdistys ry**

**Betonirakenteiden
suunnitteluohje
Eurokoodit EN 1992-1-1
ja EN 1992-1-2**



JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
Suomen Betoniyhdistys 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 978-951-758-536-1

ISSN 0356-9403

Painopaikka: Saarijärven Offset Oy, 2011

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/Suomen Betoniyhdistys ry

Alkusanat

Eurokoodien virallinen käyttö alkoi syksyllä 2007, jolloin ns. ensimmäisen paketin kansalliset liitteet valmistuivat. Eurokoodien laajamittainen käyttö on alkamassa, kun kantavien rakenteiden määräykset ja ohjeet uudistuvat lähtökohtana eurokoodien määrittelemä suunnittelujärjestelmä.

Tässä julkaisussa ovat Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ja Suomen Betoniyhdistys yhdistäneet osaamisensa ja laatineet yhteisen suunnitteluohjeen. RIL 200-kirjasarjan tarkoituksena on saattaa käyttäjäystävällisessä ja tiiviissä muodossa eurooppalainen suunnittelujärjestelmä suomalaisten suunnittelijoiden ja muiden asiantuntijoiden käyttöön.

Julkaisun tavoitteena on antaa tiivistettyä ohjeistusta erityisesti A- ja B-vaativuusluokan betonirakenteiden suunnitteluun ”käsilaskennan” tarpeita ajatellen. Ohje perustuu standardeihin SFS-EN 1992-1-1 ja SFS-EN 1992-1-2 ja ympäristöministeriön julkaisemiin kansallisiin liitteisiin. Ohje on tarkoitettu käytettäväksi eurokoodien ja niiden kanssa yhteensopivien suunnitteluohjeiden (BY 60, RIL 201, RIL 205, RIL 206, RIL 207) kanssa, eikä sitä saa käyttää yhdessä muiden määräysten, normien tai ohjeiden kanssa, ellei tätä ole erikseen sallittu. Julkaisun laadinnassa on huomioitu Eurocode Help Deskin johtoryhmässä määritellyjä suunnitteluohjeen yleisiä periaatteita.

Ohjeen päätoimittaja ja kirjoittaja on Klaus Söderlund. Materiaalia kirjaan ovat toimittaneet Jarno Aaltonen, Mikko Toivonen ja Mikko Salminen.

Julkaisun laadintaa on johtanut ohjausryhmä, johon kuuluivat Klaus Söderlund, Jarno Aaltonen, Mikko Toivonen, Olli Kerokoski, Timo Tikanoja, Vesa Virtanen, Jussi Mattila (BY) ja Gunnar Åström (RIL). Julkaisuhankkeen projektipäällikkönä toimi Gunnar Åström.

Kiitämme ohjeen rahoittajaa, kirjoittajia, lausunnonantajia sekä kaikkia muita ohjeen laadintaan osallistuneita tahoja, jotka ovat tiedoillaan ja kannanotoillaan mahdollistaneet tämän ohjeen syntymisen. Uskomme, että tämä ja muut RILin ja BY:n eurokoodi-suunnitteluohjeet ovat erittäin tarpeellisia uuden rakenteiden suunnittelujärjestelmän käyttöönotossa ja käytössä.

Marraskuussa 2011

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Ralf Lindberg
puheenjohtaja

Helena Soimakallio
toimitusjohtaja

SUOMEN BETONIYHDISTYS ry

Jussi Mattila
toimitusjohtaja

Varoitus: Eurokoodi 2:n ja suunnitteluohjeen päivitysmahdollisuus.

Tämä suunnitteluohje perustuu Eurokoodi 2 suunnittelustandardin versioihin SFS-EN 1992-1-1, SFS-EN 1992-1-2 ja niiden Suomen kansallisiin liitteisiin. RIL kerää suunnitteluohjeesta käyttökokemuksia ja seuraa eurokoodien kansainvälistä ylläpitoa. Mikäli tässä ohjeessa havaitaan virheitä, kansallisiin liitteisiin vahvistetaan muutoksia tai eurokoodeihin tulee suunnitteluohjeen pätevyyteen vaikuttavia korjauksia, RIL tekee suunnitteluohjeeseen tarvittavat päivitykset, jotka julkaistaan RILin kotisivuilla, www.ril.fi. Eurokoodeihin liittyvät päivitykset julkaistaan internetissä Eurokoodi help deskin sivuilla (www.eurocodes.fi) ja tieto niistä toimitetaan automaattisesti ylläpitorekisteriin ilmoittautuneille.

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

Palautetta RILin julkaisuista

RILin kotisivuilta www.ril.fi kohdasta Julkaisut Muut palvelut.

Sisällysluettelo

JOHDANTO	11
BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU SFS-EN 1992-1-1 JA SFS-EN 1992-1-2 SUUNNITTELUOHJE	15
1. YLEISTÄ	15
1.1 Soveltamisala	15
1.2 Velvoittavat viittaukset	15
1.3 Oletukset	15
1.4 Määritelmät	15
1.6 Merkinnät	15
2. SUUNNITTELUPERUSTEET	17
2.1 Vaatimukset	17
2.2 Rajatilamitoituksen perusteet	17
2.3 Perusmuuttujat	17
2.3.1 Kuormat ja ympäristön vaikutukset	17
2.3.2 Materiaali- ja tuoteominaisuudet	17
2.3.3 Betonin muodonmuutokset	18
2.3.4 Mittatiedot	18
2.4 Varmuuden osoittaminen osavarmuuslukumenetelmällä	18
2.4.1 Yleistä	18
2.4.2 Mitoitusarvot	18
2.4.3 Kuormayhdistelmät	18
2.6 Perustuksia koskevat lisävaatimukset	19
2.7 Kiinnityksiä koskevat vaatimukset	19
3. MATERIAALIT	21
3.1 Betoni	21
3.1.2 Lujuus	21
3.1.3 Kimmoinen muodonmuutos	22
3.1.4 Viruminen ja kutistuminen	22
3.1.6 Puristuslujuuden ja vetolujuuden mitoitusarvot	22
3.2 Betoniteräs	23
3.2.1 Yleistä	23
3.2.7 Mitoitusoletukset	23
4. SÄILYVYYS JA RAUDOITUKSEN BETONIPEITE	25
4.1 Yleistä	25
4.2 Ympäristöolosuhteet	25
4.3 Säilyvyysvaatimukset	25
4.4 Vaatimustenmukaisuuden osoittamismenetelmät	25
4.4.1 Betonipeite	25
4.4.1.1 Yleistä	25
4.4.1.2 Betonipeitteen vähimmäisarvo c_{min}	27
4.4.1.3 Suunnittelussa huomioonotettava mittapoikkeama	28

5.	VOIMASUUREIDEN LASKEMINEN	29
5.1	Yleistä	29
5.1.1	Yleiset vaatimukset	29
5.1.2	Perustuksia koskevat erityisvaatimukset	29
5.1.3	Kuormitustapaukset ja kuormayhdistelmät	29
5.2	Mittaepätarkkuudet	30
5.3	Rakenteen mallintaminen	30
5.3.1	Kokonaistarkastelussa käytettävät rakennemallit	30
5.3.2	Mittatiedot	31
5.3.2.1	Laippojen toimiva leveys (kaikki rajatilat)	31
5.3.2.2	Rakennuksissa käytettävien palkkien ja laattojen tehollinen jännemitta	31
5.8	Normaalivoiman kuormittaman rakenneosan toisen kertaluvun vaikutukset	31
5.8.3	Toisen kertaluvun vaikutusten yksinkertaistettuja kriteerejä	31
5.8.3.1	Erillisten sauvojen hoikkuskriteeri	31
5.8.3.2	Erillisten sauvojen hoikkuus ja nurjahduspituus	32
5.8.8	Nimelliseen kaarevuuteen perustuva menetelmä	32
5.8.9	Vino taivutus	34
6.	MURTORAJATILAT (ULS)	35
6.1	Taivutus ja normaalivoima	35
6.2	Leikkaus	38
6.2.1	Yleinen mitoitusmenettely	38
6.2.2	Leikkausraudoittamattomat rakenteet	39
6.2.3	Leikkausraudoitetut rakenteet	39
6.2.4	Uuman ja laippojen välinen leikkautuminen	40
6.2.5	Leikkaus eri aikaan valettujen betonien rajapinnassa	42
6.3	Vääntö	43
6.4	Lävistys	43
6.6	Ankkuroinnit ja limijatkokset	46
6.7	Paikallinen puristus	46
7.	KÄYTTÖRAJATILAT (SLS)	49
7.1	Yleistä	49
7.2	Jännitysten rajoittaminen	49
7.3	Halkeilun rajoittaminen	50
7.4	Taipuman rajoittaminen	60
8	RAUDOITUKSEN JA JÄNTEIDEN YKSITYISKOHTIEN SUUNNITTELU	63
8.1	Yleistä	63
8.2	Tankojen väliset etäisyydet	63
8.3	Tankojen taivutustelojen sallitut halkaisijat	63
8.4	Pääraudoituksen ankkurointi	64
8.5	Hakojen ja leikkausraudoituksen ankkurointi	65
8.6	Ankkurointi hitsattujen tankojen avulla	65
8.7	Limijatkokset ja mekaaniset jatkokset	67
8.7.1	Yleistä	67
8.7.2	Limijatkokset	67
8.7.3	Limityspituus	68

8.7.4	Poikittaisraudoitus limitysalueella	68
8.7.4.1	Vedettyjen tankojen edellyttämä poikittaisraudoitus	68
8.7.4.2	Pysyvästi puristettujen tankojen edellyttämä sideraudoitus	69
9.	RAKENNEOSIEN YKSITYISKOHTIEN SUUNNITTELU JA ERITYISSÄÄNNÖT	71
9.1	Yleistä	71
9.2	Palkit	71
9.2.1	Pääraudoitus	71
9.2.1.1	Poikkileikkauksen raudoituksen vähimmäis- ja enimmäisalat	71
9.2.1.2	Muiden yksityiskohtien suunnittelu	71
9.2.1.3	Pääraudoituksen katkaisukohtat	72
9.2.1.4	Alapinnan raudoituksen ankkurointi reunatuilla	72
9.2.1.5	Alapinnan raudoituksen ankkurointi välituilla	73
9.2.2	Leikkausraudoitus	74
9.2.5	Välilliset tuet	75
9.3	Laatat	76
9.3.1	Taivutusraudoitus	76
9.3.1.1	Yleistä	76
9.3.1.2	Laattojen raudoitus tukien lähellä	76
9.3.1.3	Nurkkaraudoitus	76
9.3.1.4	Raudoitus vapailla reunoilla	77
9.4	Pilarilaatat	77
9.5	Pilarit	77
9.5.1	Yleistä	77
9.5.2	Pääraudoitus	77
9.5.3	Hakaraudoitus	78
9.6	Seinät	78
9.6.1	Yleistä	78
9.6.2	Pystyraudoitus	78
9.6.3	Vaakaraudoitus	79
9.7	Seinämaiset palkit	79
9.8	Perustukset	79
9.8.1	Paaluanturat	79
9.8.3	Sidepalkit	80
9.8.4	Kallionvarainen pilariantura	80
9.10	Sidejärjestelmät	81
9.10.1	Yleistä	81
9.10.2	Sideraudoituksen mitoitus	81
9.10.2.1	Yleistä	81
9.10.2.2	Rengasraudoitus	81
9.10.2.3	Sisäiset siteet	82
9.10.2.4	Pilareiden ja seinien vaakasiteet	83
9.10.2.5	Pystysiteet	83
9.10.3	Sideraudoituksen jatkuvuus ja ankkurointi	83

10.	BETONIELEMENTTEJÄ JA BETONIELEMENTTIRAKENTEITA KOSKEVAT LISÄSÄÄNNÖT	85
10.1	Yleistä.	85
10.9	Mitoittamisen ja yksityiskohtien suunnittelun erityissäännöt	85
10.9.1	Laattojen kiinnitysmomentit	85
10.9.2	Seinän ja laatan väliset liitokset	85
10.9.3	Laatastot	86
10.9.4	Elementtien liitokset ja tuet	87
10.9.4.1	Materiaalit	87
10.9.4.2	Liitosten mitoitusta ja detaljisuunnittelua koskevat yleissäännöt	87
10.9.4.3	Puristusvoimia siirtävät liitokset	87
10.9.4.7	Raudoituksen ankkurointi tuilla	88
10.9.5	Tukipinnat.	89
10.9.5.2	Yhdessä toimivien rakenneosien tukipinnat.	89
10.9.5.3	Erillisten rakenneosien tukipinnat.	91
10.9.7	Sidejärjestelmät	92
12.	RAUDOITTAMATTOMAT JA VÄHÄN RAUDOITETUT BETONIRAKENTEET	93
12.1	Yleistä.	93
12.3	Materiaalit.	93
12.3.1	Betoni: suunnittelussa käytettävät lisäoletukset.	93
12.9	Rakeneosien detaljisuunnittelu ja erityissäännöt.	93
12.9.3	Seinä- ja pilarianturat	93
Liite 1.	Symmetrisesti raudoitettujen poikkileikkausten yhteisvaikutusdiagrammit	95
Liite 2.	Rakenteiden yksinkertaistetut kuormayhdistelmät	101
Liite 3.	Esimerkkejä voimasuureiden käsilaskumenetelmistä.	109
Liite 4.	Palomitoitus (yksinkertaistettu)	115
Liite 5.	Laskuesimerkkejä	119
	Esimerkki 1: Jatkuvan palkin keskikenttä.	119
	Esimerkki 2: Ristiin kantava laatta 6x6m	121
	Esimerkki 3: Sivusiirtymättömän kehän pilari	124
Liite 6.	Kansallinen liite EN 1991-1-1	127
Liite 7.	Kansallinen liite EN 1991-1-2	145

Ilmoittajat

Ilmoitukset julkaisun lopussa.

Betroc Oy
Betset Oy
Celsa Steel Service Oy
Embra Oy
JA-KO Betoni Oy
Parma Oy
Peikko Finland Oy
Pielisen Betoni Oy
Rajaville Oy
Tammet Oy

JOHDANTO

YLEISTÄ

Eurokoodi-standardeja käytetään rakennusten sekä maa- ja vesirakennuskohteiden suunnittelussa. Tämä sovellusohje on tarkoitettu lähinnä käytettäväksi talonrakennuskohteiden suunnittelussa.

Eurokoodi-järjestelmää ei saa käyttää yhdessä muiden määräysten, normien tai ohjeiden kanssa, ellei tätä ole erikseen sallittu. Muiden suunnitteluohjeiden käyttö on sallittu, kunhan ne eivät ole ristiriidassa eurokoodien kanssa. Tällaisia tilanteita voi tulla vastaan esim. tapauksissa, joissa suunniteltava kohde on sellainen, ettei sitä koskevaa ohjeistusta suoranaisesti ole eurokoodissa.

OHJEEN KÄYTTÖ

Tässä ohjeessa on lyhennetty ja tiivistetty alkuperäisen eurokoodistandardin SFS-EN 1992-1-1 ja osaa SFS-EN 1992-1-2 sisältöä luettavuuden ja helpomman käsiteltävyyden aikaansaamiseksi. Ohje on laadittu käsilaskennan tarpeita ajatellen. Kansallisessa liitteessä (National Annex) tehdyt Suomea koskevat valinnat on suoraan sisällytetty ohjeen tekstiin ja kaavoihin.

Ohjeeseen on lisätty yksinkertaistetut yleis- ja kuormitusohjeet (SFS-EN 1990 ja 1991), liite 2. Lisäksi ohje sisältää käsilaskennan apuvälineitä, kuten voimasuureiden laskentakaavoja ja eri poikkileikkausten M/N-yhteisvaikutusdiagrammeja.

Ohje perustuu painatushetkellä (syksy 2011) käytössä oleviin käännöksiin ja siinä on huomioitu tähän mennessä ilmoitetut korjaukset. EN-standardeihin liittyvät muutokset ja korjaukset, ks. www.eurocodes.fi.

Useissa kohdissa on tehty yksinkertaistavia valintoja, joilla on pyritty helpottamaan standardin käyttöä. Näillä valinnoilla on saatettu hieman vähentää laskennan teoreettista tarkkuutta kuitenkin niin, että ne johtavat varmalla puolella oleviin tuloksiin.

Seuraavat asiat tulee ottaa huomioon:

- ohjeen avulla voidaan suunnitella a-, b- ja c-vaativuusluokkaan kuuluvat taivannomaiset paikalla valetut rakenteet. Näissä rakenteissa voidaan käyttää valmiita elementtejä, mutta tämä ohje ei koske näiden elementtien mitoitus
- ohje käsittelee seuraamusluokat 1 ja 2 ($k_{fi} = 1,0$)
- vaikka standardin SFS-EN 1992-1-1 usein vähäinformatiivisia periaatteita (p) ei yleensä tässä ohjeessa ole toistettu, ovat ne tietysti voimassa
- mitoituksessa käytetään tarvittaessa standardin SFS-EN 1992-1-1 tarkempia ohjeita ja kaavoja.

Suunnitteluohjeiden yksinkertaistukset sisältävät seuraavia rajoituksia:

- käyttöikä on 50 vuotta
- ohje ei koske jännitetyjä rakenteita
- betonin lujuusluokka on C25/35, C30/37 tai C35/45

- momenttien siirtoja ei tehdä
- rakenteissa ei saa olla oleellista vetoa pituusakselin suunnassa, koska halkeama-
leveyden kaavat eivät silloin päde
- betonipeite $c_{nom} \leq 50$ mm
- palkin tai muun rakenneosan tehollinen korkeus on alle 1 m
- elementtejä sisältävissä rakenteissa
 - ei saa olla painuvia tukia (palkkeja)
 - ontelolaattojen suurin korkeus on 400 mm
- rakenteissa ei saa esiintyä vääntöä.

Lisäksi on lähes joka kohdassa mitoitusohjeisiin liittyviä rajoituksia rakenteen mitoille ja sen raudoitukselle.

KANSALLISET LIITTEET STANDARDEIHIN EN 1992

Sovellettaessa eurokoodeja kantavien rakenteiden suunnitteluun on noudatettava ympäristöministeriön vahvistamia kansallisia liitteitä. Kansallinen liite mm. määrittelee, miten eurokoodia sovelletaan kohdissa, missä on annettu mahdollisuuksia kansallisiin valintoihin (esim. parametrien arvoja, vaihtoehtoisten laskentamenetelmien käyttömahdollisuus ja opastavien liitteiden käyttö).

OHJEESSA NOUDATETUT MERKINTÄTAVAT

Tässä ohjeessa on käytetty seuraavia tekstin merkintätapoja:

Eurokooditeksti (normaalia tekstiä)

Normaali teksti (normaali kirjasintyyppi) on eurokoodin tekstiä (periaatesäännöt ja soveltamissäännöt), lainattu joko suoraan tai esitetty tiivistetyssä muodossa.

Kansallisen liitteen teksti (kursivoitua tekstiä)

Tekstin osat, jotka sisältävät kansallisen liitteen (National Annex) määrittelyjä ja valintoja, on kursivoitu. Eurokoodin periaate- tai soveltamissääntöön on sisällytetty Suomen kansallisen liitteen mukainen ratkaisu. Tekstiä on joko lainattu suoraan tai esitetty tiivistetyssä muodossa.

Sovellus- tai lisäohjeita eurokoodin esittämiin asioihin (pienennetty ja sisennetty teksti)

- Teksti on pienennetty, vedetty sisään ja varustettu täytetyllä ympyrällä. Teksti on viitestandardin mukainen eurokoodin periaate- tai soveltamissääntöä noudattava ohje, eurokoodin periaatesääntöä selittävä tai tulkitseva lisäohje tai lisäohjeilla tai -vaatimuksilla täydennetty eurokoodin soveltamissääntö. Esitetyt yksinkertaistukset ovat varmalla puolella olevia yksinkertaistettuja eurokoodin soveltamissääntöjä.

Kappaleiden numerointi ja otsikot

Kappaleiden numeroinnissa noudatetaan ensimmäisen ja toisen tason standardin numerointia, alemman tason kappaleita on voitu yhdistellä. Tässä ohjeessa puuttuva numero ilmaisee siten poistettua kohtaa. Tämän ohjeen lisäkappaleiden jälkeen tulee aina S-kirjain (esim. 6.3.1S). Eurokoodin kappaleiden otsikot on paikoitellen lyhennetty ja selkeytetty.

Kaavat

Eurokoodista peräisin olevien kaavojen tunnuksot ovat samat kuin eurokoodissa (esim. 6.23). Kun kaavaan on liitetty Suomen kansallisen liitteen mukaisia parametrien arvoja liitetään siihen pääte FI (esim. 6.24FI). Tämän ohjeen lisäkaavat tai kaavat joita on muutettu on varustettu S-kirjaimella (esim. kaava 6.1.1S). N tarkoittaa, että ko. kaava (tai taulukko) voi sisältää kansallisia valintoja.

Kuvat ja taulukot

Eurokoodien ja kansallisen liitteen kuva- ja taulukkonumerointi on säilytetty, kun niitä on käytetty sellaisenaan (esim. Kuva 6.3 tai Taulukko 4.1). Tämän ohjeen omien kuvien ja taulukoiden numeroon on lisätty S-kirjain ja ne on numeroitu juoksevasti (Kuva 6.3.1S). N, ks. kohta Kaavat.

OHJEEN KÄYTTÖ ULKOMAHAN PROJEKTEISSA

Tämä ohje on tarkoitettu käytettäväksi kotimaan kohteissa. Suunniteltaessa muihin maihin tulee käyttää ko. standardia ja kyseisen maan kansallista liitettä.

EUROKOODIN PERIAATE- JA SOVELTAMISSÄÄNNÖT JA NIIDEN MERKINNÄT

Eurokoodeissa on *periaatesääntö* merkitty P-kirjaimella kohdan numeron jälkeen.

Periaatesäännöt ovat

- yleisiä määräyksiä ja määritelmiä, joille ei ole vaihtoehtoa sekä
- vaatimuksia ja analyttisiä malleja, joille ei sallita vaihtoehtoa, ellei niin erityisesti mainita.

Soveltamissäännöt (vain kohdan numero, ei kirjainmerkintää) ovat yleisesti hyväksytyjä sääntöjä, jotka ovat periaatesääntöjen mukaisia tai täyttävät niiden vaatimuksia. Standardin soveltamissääntöjen vaihtoehtona saa käyttää muiden rakenteiden suunnitteluohjeita, mikäli osoitetaan, että nämä muut ohjeet ovat asianomaisten periaatesääntöjen mukaisia ja johtavat rakenteiden varmuuden, käyttökelpoisuuden ja säilyvyyden kannalta vähintään samanarvoiseen tulokseen kuin mitä eurokoodin mukaisia sääntöjä käytettäessä on odotettavissa.

Jos soveltamissäännön sijaan käytetään muuta mitoitusohjetta, mitoituksen tulosta ei voi pitää täysin eurokoodin mukaisena, vaikka mitoitus onkin standardin periaatesääntöjen mukainen. Käytännön eurokoodipohjaisessa suunnittelussa periaate-

ja soveltamissäännöt liittyvät kiinteästi toisiinsa, joten niitä ei ole tässä ohjeessa eritelty. Ks. tarkemmin EN-standardit.

OHJEEN YLLÄPITO JA PÄIVITTÄMINEN

Eurokoodien kehittäminen tulee jatkumaan. Tietoja eurokoodin EN 1992-1 päivityksistä ja korjauksista löytyy osoitteesta www.eurocodes.fi. Tähän ohjeeseen liittyviä täydennyksiä, korjauksia ym. päivityksiä löytyy julkaisun omalta sivulta, ks. www.ril.fi, kohta Julkaisut, RIL 202.