

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma / Puurakentaminen ja rakennesuunnittelu

Valteri Mäkilä

PALKIN REIÄN MITOITUSOHJELMAN TOIMINTA JA TESTAUS

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

MÄKILÄ, VALTTERI

Työn ohjaaja

Opinnäytetyö

Toimeksiantaja

Marraskuu 2009

Avainsanat

Palkin reiän mitoitusohjelman testaus

lehtori Juha Karvonen

37 sivua + 78 liitesivua

Kymi Technology

SKOL, eurokoodi, palkin reikä, mitoitus, laskentaohjelma, testaus

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu on mukana suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL Ry:n hankkeessa, jonka tuloksena on syntynyt mm. palkin reiän mitoitusohjelma eurokoodilla. SKOL:n hankkeen tarkoitus on edesauttaa eurokoodien käyttöönottoa Suomessa. Opinnäytetyön tarkoitus on kuvata palkin reiän mitoittamista eurokoodilla sekä siitä tehdyn ohjelman toimivuutta laskennallisesti ja toiminnallisesti varmennustestausraportin avulla.

Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelustandardeja. Ne on jaettu kymmeneen pääosaan, josta yksi on Eurokoodi 5. Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu otettiin Suomessa käyttöön vuonna 2007. Se tulee korvaamaan vuoden 2010 jälkeen Rakennusmääräyskokoelman osan B10. Palkin reiän mitoituksessa Eurokoodi 5:n mukaan tarkastetaan poikittainen veto, leikkaus-, taivutus-, veto- ja puristuskestävyys reiän kohdalla poikkileikkaukselle, josta reiän osuus on vähennetty.

Palkin reiän mitoitusohjelman päätarkoituksena on laskea ja mitoittaa palkin reikä niin tehokkaasti, että kokonaislaskenta-aika voidaan minimoida. Ohjelman testauksen tarkoituksena on varmistaa, että ohjelma on tehty toiminnallisesti, käytettävyydellisesti ja laskennallisesti oikeellisesti. Varmennustestausraportti todistaa, että ohjelmasta ei löydy virheitä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction engineering

MÄKILÄ, VALTTERI

Bachelor's Thesis

37 pages + 78 pages of appendices

Supervisor

Juha Karvonen, Senior Lecturer

Commissioned by

Kymi Technology

November 2009

Keywords

SKOL, eurocode, beam hole, dimensioning, calculation software, testing

Kymenlaakso University of Applied Sciences is involved in a project of the design and consultancy League, SKOL. The results of the project comprise a beam-hole design program based on the Eurocodes.

The purpose of the project was to contribute to the use of Eurocodes in Finland, while the purpose of the thesis was to describe the beam-hole design program using the Eurocode, and to test the functionality of the program computationally and functionally through certification report.

The Eurocodes are design standards for load-bearing structures. They are divided into ten main sections, one of which is Eurocode 5. The Eurocode 5 (design of timber structures) was adopted use in Finland in 2007. After the year 2010 it will replace a part B10 in building regulation. According to Eurocode 5, the transverse tensile, shear flexural, tensile and compressive resistance are tested in such a way that the hole contribution is deducted.

The main purpose of the beam hole design program is to calculate and measure the beamhole so effectively that the total calculation time can be minimized. The purpose of the program testing is to make sure that the program has been made cor

rectly functionally, computationally and as for usability. The certification testing report proved there are no errors in the program.

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 SKOL:N HANKE	
2.1 Hankkeen tarkoitus ja osallistujat	8
2.2 Hankkeen organisointi	10
2.3 Laskentaohjelmien vaatimusten määrittely	10
2.4 Laskentaohjelmien tekemiselle asetetut vaatimukset	10
2.5 Laskentaohjelmien testauksen vaatimukset	11
3 EUROKOODI	
3.1 Eurokoodi yleisesti	11
3.2 EN 1995 – Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu	12
4 PALKIN REIÄN MITOITTAMINEN	
4.1 Puupalkin reikä	13
4.2 Puiset kattorakenteet ja niihin tehdyt läpiviennit	14
5 EUROKOODI 5:N KÄYTTÖ PALKIN REIÄN MITOITUKSESSA	
5.1 Palkin reiän mitoitus eurokoodilla	16
5.1.1 Poikittainen veto	17
5.1.2 Leikkaus	18
5.1.3 Taivutus	19
5.1.4 Veto	21
5.1.5 Puristus	21
5.1.6 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutus	22
5.1.7 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus	22

6 PALKIN REIÄN MITOITUSOHJELMA

6.1 Palkin reiän mitoitusohjelma yleisesti	23
6.2 Ohjelman ulkoasu	23
6.2.1 Lähtötiedot-välilehti	24
6.2.2 Laskenta1 ja Laskenta2 -välilehdet	27
6.2.3 Tulos-välilehti	27
6.2.4 Data1-välilehti	28
6.2.5 Vuokaavio-välilehti	29
6.2.6 Ohje-välilehti	30
6.3 Ohjelman laskennallinen toiminta ja käytettävyys	31

7 PALKIN REIÄN MITOITUSOHJELMAN TESTAUS

7.1 Testauksen tarkoitus	31
7.2 Testauksen suorittaminen	31
7.3 Testaustulokset ja johtopäätökset	35

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1. Palkin reiän mitoitusohjelman varmennustestausraportti

1 JOHDANTO

Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL Ry:n rakennetoimikunta päätti käynnistää hankkeen Eurokoodi-laskentapohjien laatimiseksi. Hankkeen tavoitteena on ollut saada käytännön rakennesuunnitteluun soveltuvat, tasokkaat ja toiminnaltaan oikeelliset laskentapohjat ja sovellukset hankkeeseen osallistuvien osapuolien käyttöön 1.4.2010 mennessä. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu on yksi hankkeeseen osallistuvista oppilaitoksista. Hankkeen kautta syntyi myös tarve palkin reiän mitoitusohjelman testaukseen, jota tämä opinnäytetyö käsittelee.

Palkin reiän mitoitusohjelma on tehty eurokoodilla, joten sen laskennallisen toiminnan ymmärtäminen voi viedä aiheeseen tutustumattomalle jonkin verran aikaa. Eurokoodien käyttöönotto vanhojen kansallisten normien tilalle tuo yleisesti haasteita sekä rakennesuunnittelutoimistoille että kouluille. Eurokoodista löytyy ymmärrettävä ohje palkin reiän mitoitukseen. Myös palkin reiästä tehtyjä vanhempia tutkimuksia ja teorioita on opinnäytetyössä käytetty hyväksi. Tosin täytyy ottaa huomioon, että palkin reiän mitoittamista ei ole käsitelty kovin monessa teoksessa.

Ensimmäisenä opinnäytetyössä selvennetään mistä, SKOL:n hankkeessa on kysymys, koska opinnäytetyö liittyy sen hankkeen tavoitteisiin. Tämän jälkeen opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti eurokoodista sekä teoriaa palkin reiän mitoituksesta. Varsinkin eurokoodi on tällä hetkellä aiheena mielenkiintoinen ja ajankohtainen. Lopuksi paneudutaan tarkasti itse palkin reiän mitoitusohjelmaan sekä sen testaamiseen. Testausvaiheeseen on SKOL:lta annettu tarkat ohjeet, ja sitä on opinnäytetyössä selvennetty.

Palkin reiän mitoitusohjelman testaus liittyy eurokoodeihin ja mitoittamiseen. Ohjelman testaukseen liittyvä varmennustestausraportti on tärkeä osa kokonaisuutta, koska sen avulla varmistutaan palkin reiän mitoitusohjelman toimivuudesta. Opinnäytetyöhön perehtyvä ymmärtää jatkossa paremmin suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liiton hankkeen tärkeyttä, eurokoodin tarkoitusta sekä palkin reiän mitoittamista. Eurokoodit ovat Suomessa kuitenkin sen verran uusia, että niiden toimintaan täytyy suhtautua kriittisesti.

2 SKOL:N HANKE

2.1 Hankkeen tarkoitus ja osallistajat

Selvitystyö Eurokoodipohjaisten laskentapohjien tarpeellisuudesta aloitettiin helmikuussa 2008 SKOL:n rakennetoimikunnassa. Hanke päätettiin aloittaa portaittain. Ensimmäinen vaihe tuli saada päätökseen 31.12.2009 ja toinen vaihe 30.6.2010. Hankkeen ns. ovet suljettiin 1.1.2009. Hankkeeseen kuului 17 insinööritoimistoa ja 9 oppilaitosta. (Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen Oy 1999.)

Eurokoodien käyttöönottoa käytännön suunnittelutehtävissä voidaan merkittävästi edesauttaa laatimalla kattavat ja virheettömät laskentapohjat ja ohjelmistosovellukset tärkeimmistä mitoitustehtävistä. (SKOL:n yleisohje 2008.) Itse laskentapohjien teko tapahtuu vastavuoroisuus- ja tasapuolisuusperiaatteella, jolla tarkoitetaan sitä, että jokainen tekee oman osuutensa laskentapohjista ilman rahallisia kompensatioita. Lopuksi hankkeessa mukana olevat osapuolet saavat kaikki ohjelmat käyttöönsä. Hankkeessa mukana olevat suunnittelutoimistot saavat hyödyntää laskentapohjia omassa liiketoiminnassaan, mutta eivät saa luovuttaa niitä kolmansille osapuolille. Oppilaitokset voivat käyttää ohjelmia hyödyksi opetustoiminnassaan, mutta eivät saa luovuttaa niitä myytäväksi. Erilaiset materiaalijärjestöt voivat hyödyntää laskentapohjia tuotekehitystoiminnassaan, mutta eivät saa myydä niitä sellaisinaan. Jokainen hankkeen osapuoli voi jatkossa kehittää pohjia itsenäisesti eteenpäin. Kuitenkin kaikki ohjelmistojen oikeudet ovat SKOL:lla.

Hankkeeseen osallistuvat insinööritoimistot:

- Finnmap Consulting Oy
- Pöyry civil Oy
- Insinööritoimisto A-Insinöörit Oy
- Ramboll Finland Oy
- WSP Finland Oy
- Insinööritoimisto Magnus Malmberg Oy
- Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen Oy
- Vahanen Oy

- Insinööritoimisto Tasoplan oy
- Porin Juva Oy
- Insinööritoimisto Jääskeläinen Oy
- Citec Civil Engineering Oy
- Insinööritoimisto Controlteam Oy
- Insinööritoimisto Konstru Oy
- Optiplan Oy
- Insinööritoimisto SRT Oy
- Contria Oy.

Hankkeeseen osallistuvat oppilaitokset:

- Oulun seudun ammattikorkeakoulu
- Metropolia ammattikorkeakoulu
- Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu
- Yrkeshögskolan Novia
- Hämeen ammattikorkeakoulu
- Vaasan ammattikorkeakoulu
- Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
- Saimaan ammattikorkeakoulu
- Tampereen ammattikorkeakoulu

Hankkeeseen osallistuvat materiaalijärjestöt:

- Betoniyhdistys
- Teräsrakenneyhdistys
- Puuinfo.

Lisäksi hankkeeseen osallistuu Eurokoodi- helpdesk. (Insinööritoimisto Yli-
mäki & Tinkanen Oy 2009.)

2.2 Hankkeen organisointi

Itse laskentapohjien ohjausryhmään kuuluu 9 jäsentä, joilla on hallussaan hankkeen yleisohjaus ja vastuu kokonaisuudesta. Heillä on myös ylin päätävä ja vastuu kokonaisuikataulusta. Ohjausryhmä on lisäksi laatinut ja hyväksynyt toimialaryhmille kirjalliset ohjeet.

Toimialaryhmät on jaettu neljään eri kategoriaan, joita ovat: betoni-, teräs-, puu- ja muut rakenteet. Jokaiseen näistä ryhmistä on sijoitettu insinööritoimistoja, oppilaitoksia ja kunkin alan materiaalijärjestö. Työ on jaettu eri osapuolille siten, että toimistot vastaavat pääasiassa laskentapohjien laatimisesta ja osasta testaustoimintaa. Oppilaitokset vastaavat testauksesta ja materiaalijärjestöt omien sovellusten päivittämisestä ja kehittämisestä. Toimialaryhmät ottavat päävastuun hankkeen käytännön toteutuksesta.

Jokaisella yksittäisellä laskentapohjalla on oma määrittelyn kirjoittaja, toteuttaja ja varmentaja. (Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen Oy 2009.) Tämä koskee siis myös palkin reiän mitoitus- ohjelmaa. Puurakenteiden toimialaryhmä on kirjoittanut palkin reiän mitoituksen määrittelyn, Ylimäki & Tinkanen on tehnyt itse laskentaohjelman ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulu on testannut ohjelman.

2.3 Laskentaohjelmien vaatimusten määrittely

SKOL:n Eurocode- laskentapohjien laadintahanke osa 2, joka koskee vaatimusten määrittelyä, tuo esille sen, mitä itse laskentapohjien toivotaan tekevän. Eli määrittely on teksti, jossa ilmenee työn tavoite, vaatimukset ja ratkaisun suuntaviivat. (SKOL 2.)

2.4 Laskentaohjelmien tekemiselle asetetut vaatimukset

SKOL:n Eurocode- laskentapohjien laadintahanke osa 3, joka koskee ohjelman toimintaa, käyttöliittymää ja dokumentointia, ohjeistaa laskenta- ja mitoitusohjelmien yleisen toiminnan, käyttöliittymän ulkonäön ja käyttäytymisen sekä dokumentoin-

nin. Laskentapohjien halutaan olevan siten ulkonäöltään yhteneväiset ja toimintoiltaan oikeelliset. (SKOL 3.)

2.5 Laskentaohjelmien testauksen vaatimukset

SKOL:n Eurocode- laskentapohjien laadintahanke osa 4, joka koskee ohjelmien testausta, ohjeistaa laskenta- ja mitoituspohjien toiminnan ja laskennan oikeellisuuden testauksen. Testauksen tarkoituksena on varmistaa, että ohjelma varmasti toimii laskennallisesti ja toiminnollisesti oikein. (SKOL 4.)

3 EUROKOODI

3.1 Eurokoodi yleisesti

Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelustandardeja. Ne laati eurooppalainen standardisointijärjestö CEN Euroopan komission toimeksiannosta. Eurokoodin päätarkoituksena on parantaa eurooppalaisen rakennusteollisuuden kilpailukykyä Euroopassa sekä muualla maailmassa. (SFS Eurokoodit 2009.)

Eurokoodit on otettu käyttöön myös Suomessa. Tähän vaikuttaa osaltaan julkisten hankintojen sääntely sekä rakennusdirektiivin kautta tuleva rakennustuotteiden CE- merkintä. Vähitellen eurokoodit korvaavat kansalliset rakenteiden suunnittelua koskevat liitteet. (SFS Eurokoodit 2009.) Eurokoodit saatetaan voimaan ympäristöministeriön asetuksella. Suomessa eurokoodit tulevat voimaan viidessä eri vaiheessa. Ensimmäinen osio tuli voimaan jo 1.11.2007 ja viimeinen osio tulee voimaan helmikuussa 2010. Nykyinen rakentamismääräyskokoelman B-sarja poistuu käytöstä 31.3.2010. Rakentamiskohteen suunnittelussa ei saa käyttää kun yhtä järjestelmää. (Virtanen 2009a.)

Eurokoodin kehittäminen ja päivittäminen perustuu viimeiseen luotettavaksi todettuun tietoon. Korjauksia nykyisiin jo julkaistuihin eurokoodeihin on jo tehty ja ne viedään uusiin käännöksiin 2010 alkupuolella. Eurokoodien jatkokehitystä varten on tehty pientyöryhmä, joka valmistelee eurokoodien jatkokehittelyn toimeksiantoa. Heidän lähtökohtanaan on parantaa jo olemassa olevia palo- ja eurokoodin

osia sekä kehittää tarvittaessa uusia osia. Eurokoodin uusia osia ovat mm. kantavat lasirakenteet ja kuituvahvisteiset polymeerit. (Virtanen 2009b)

Eurokoodi-järjestelmä sisältää seuraavat pääosat:

- EN 1990 Eurokoodi 0: Suunnittelun perusteet
 - EN 1991 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormitukset
 - EN 1992 Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu
 - EN 1993 Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu
 - EN 1994 Eurokoodi 4: Teräs- betoniliittorakenteiden suunnittelu
 - EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu
 - EN 1996 Eurokoodi 6: Muurattujen rakenteiden suunnittelu
 - EN 1997 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu
 - EN 1998 Eurokoodi 8: Rakenteiden suunnittelu kestävyuden suhteen maanjäristyksessä
 - EN 1999 Eurokoodi 9: Alumiinirakenteiden suunnittelu.
- (SFS Eurokoodit 2009.)

Eurokoodit ovat olleet haaste kaikille osapuolille. Suomen on pidettävä huoli siitä, että omat tärkeät asiat tulevat eurokoodi- ja tuotestandardeihin. Eurokoodeja kehitetään jatkuvasti. Tutkimustulokset julkaistaan englanniksi. Käytössä on yhteinen eurooppalainen tutkimuspohja. Eurokoodeilla on vaikutusta mm. rakentamisen laatuun sekä vientiin. Eurokoodit yhdessä tuotestandardien kanssa luovat nykyistä järjestelmää laajemmin yhtenäisen suunnittelusysteemin. (Virtanen 2009b.)

3.2 EN 1995 – Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu

Eurokoodi 5 otettiin Suomessa käyttöön vuonna 2007. Se tulee korvaamaan vuoden 2010 jälkeen RakMk:n osan B10. Tähän saakka voidaan näitä määräyksiä käyttää rinnakkain. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL on tehnyt Eurokoodi 5:n pohjalta teokset RIL 205-1-2007 ja RIL 205-2-2007, jotka koskevat puurakenteiden suunnittelua eurokoodilla. (Puuinfo 2009.) Kattava palkin reiän mitoitusohje esitetään teoksessa RIL 205- 1- 2007.

Puurakenteita suunniteltaessa käytetään Eurokoodi 5:n (EN 1995) lisäksi Eurokoodi 0:a (EN 1990) ja Eurokoodi 1:tä (EN 1991), jotka sisältävät suunnittelun perusteet ja rakenteiden kuormitukset. Puurakenteita suunniteltaessa täytyy huomioida myös palomääräykset ja ohjeet sekä ääneneristysmääräykset.

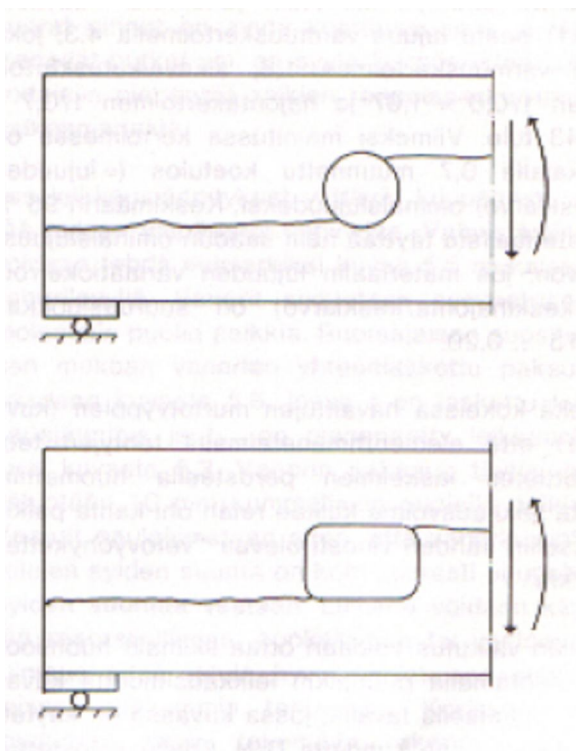
Verrattaessa Eurokoodi 5:tä suomalaiseen kansalliseen suunnitteluohjeeseen B10:een, on Eurokoodi 5 laajempi ja yksityiskohtaisempi. (Siikanen 1998, 97.) Siirtymävaiheessa kansallisista liitteistä eurokoodiin on suunnittelijan seurattava Eurokoodi 5:n mahdollisia muutoksia.

4 PALKIN REIÄN MITOITTAMINEN

4.1 Puupalkin reikä

Yleisesti reiät ovat haitallisia puurakenteissa ja niitä tulisi välttää. Kuitenkin reiät voivat olla välttämättömyys esimerkiksi LVIST- tekniikan vuoksi. Suunniteltaessa palkkiin reikää, täytyy tiedostaa, että reikä aiheuttaa suuria häiriöitä palkin jännitysjakamaan. Lisäksi reikää ei varmasti tarvitse tehdä tuelle, mikä on tärkeää. Suorakaiteen muotoisten reikien kulmat on muistettava pyöristää. Kuperiin palkkeihin ei tule tehdä yli 50mm suurempia reikiä. (Puisten palkkien suunnittelu ja mitoitus 2006.)

Sen lisäksi, että reiät aiheuttavat poikkileikkauksen pienenemisestä aiheutuvan jännityslisän, ne tuovat jännityshuippuja reiän läheisyyteen. Teoreettisesti ja koekellisesti reiän vaikutusta liimapuun lujuuteen on tutkittu. Tutkimuksissa on tullut esille reiän aiheuttamat häiriöt rakenteen tavanomaiseen jännitysjakamaan. Useasti esiintyviä häiriöitä ovat reikien läheisyyteen syntyvät poikittaiset vetojännitykset ja leikkausjännitykset. Kannattaa ottaa huomioon, että pelkästään kuivumis- halkeamat heikentävät puupalkin lujuutta syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa, joten reiän aiheuttama heikennys palkissa voi käytännössä pienentää palkin kantavuutta huomattavasti. Kuvassa 1. on näytetty tyypillinen murtuma leikkausvoiman vaikutuksesta, jolloin puupalkin poikittaiset vetojännitykset ovat ylittäneet puun poikittaisen vetolujuuden. (Kortesmaa 1981, 137- 139.)



Kuva 1. Tyypillisiä halkeamia puupalkin reiän ympäristössä (Kortesmaa 1981, 137- 139.)

Kokeissa havaittujen murtotyyppien (Kuva 1.) sekä tehtyjen teoreettisten laskelmien perusteella on huomattu, että leikkausvoima kulkee reiän ohi kahta palkin akseliin nähden vinosti olevaa ”vetovyöhykettä” pitkin. (Kortesmaa 1981, 137- 139.)

Eräs hyvä tapa pienentää reikien reunoissa esiintyvää kuivumishalkeamariskiä on kosteussuojata reikien kohdalla syiden suuntaan vastaan kohtisuorat pinnat ja läpimenevät putket ym. on järkevää lämmöneristää. (Kortesmaa 1981, 137- 139.)

4.2 Puiset kattorakenteet ja niihin tehdyt läpiviennit

Kuvasta 2 voi nähdä miten hyvällä suunnittelulla voidaan tehdä rakenteet ilman, että ilmastoinnin tai sähkötarvikkeiden vuoksi palkkeihin tarvitsisi tehdä läpiviennitejä.

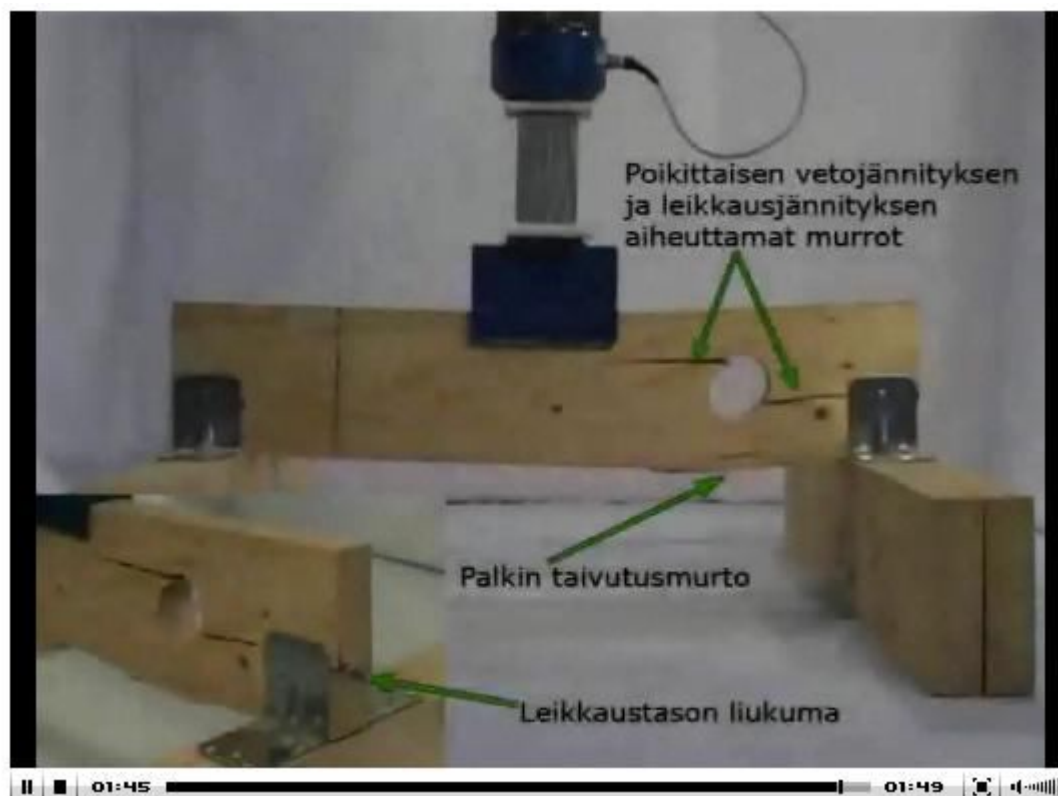


Kuva 2. Monitoimitalo Lappeenranta (Kuva: Mikko Auerniitty.)



Kuva 3. Joensuun arena (Kuva: Esko Jämsä.)

Ristikkorakenteet mahdollistavat helpot läpiviennit. Palkkirakenteissa putkien, kaapeleiden ym. sijoittaminen on vaikeampaa. (Kuva 3.).



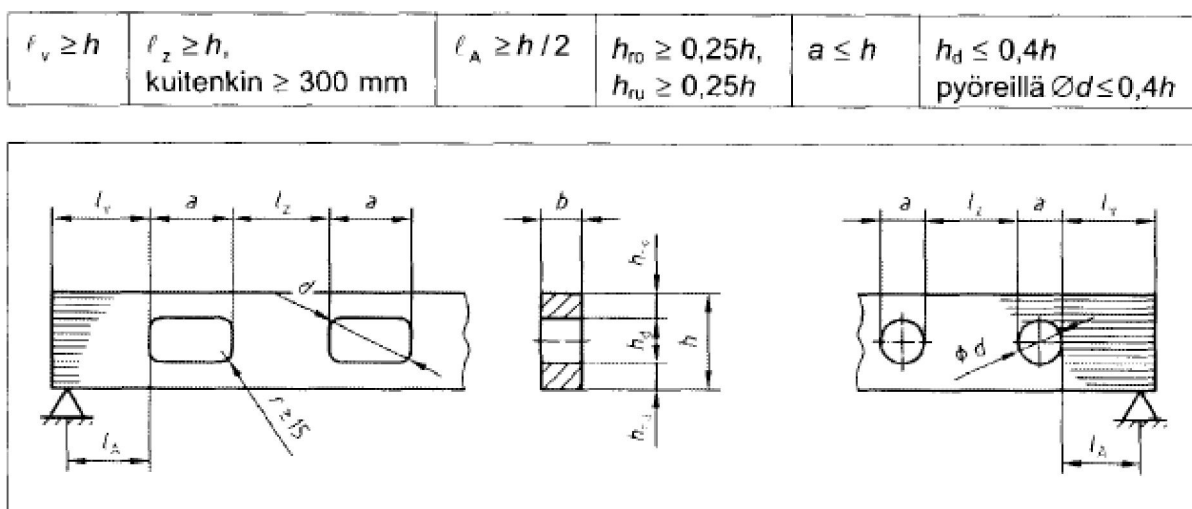
Kuva 4. Taivutusmurtoon kuormitettu reiällinen palkki (Puuinfo 2010c, opetusvideot)

Palkkiin tehty reikä esimerkiksi läpivientien vuoksi joudutaan suunnittelemaan tarkasti, jotta vältetään mahdolliselta onnettomuudelta. Kuva 4 osoittaa, mitä palkille tapahtuu, kun se ei enää kestä tulevaa kuormitusta. Reikien välttämiseksi voidaan johdot vetää palkkien suuntaisesti, mikäli se on mahdollista.

5 EUROKOODI 5:N KÄYTTÖ PALKIN REIÄN MITOITUKSESSA

5.1 Palkin reiän mitoitus eurokoodilla

Eurokoodilla mitoittaessa puupalkin reikää oletetaan puun olevan liimapuu- tai LVL-palkki. Reikien tulee olla pyöreitä tai kulmistaan vähintään $r = 15 \text{ mm}$:n kaarevuussäteellä pyöristettyjä suorakaiteen muotoisia aukkoja (perustuu DIN 1052:2004-08 mukaiseen mitoitusmenetelmään). Reiän halkaisijan ollessa $d > 50 \text{ mm}$ tulee kuvassa 5 esitettyjen mittojen täyttää seuraavat ehdot:



Kuva 5. Reiällisen palkin merkinnät (RIL 205-1- 2007)

Poikittaisen vedon lisäksi tulee palkin leikkaus-, taivutus-, veto- ja puristuskestävyys tarkastaa reiän kohdalla poikkileikkaukselle, josta reiän osuus on vähennetty. Tällä tavalla tarkastettaessa vähennetään vain reiän pinta-ala muiden jännityshuipputarkastelujen sisältyessä edellä esitettyyn kohtaan. (RIL 205-1-2007, 88.) Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutus sekä taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus tulee myös tarkastaa.

5.1.1 Poikittainen veto

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{F_{t,90,d}}{0,5 \cdot b \cdot l_{t,90}} \leq f_{t,90,d} \quad (\text{Kaava 1})$$

missä

b palkin paksuus

$f_{t,90,d}$ puun poikittaisen vetolujuuden mitoitusarvo ja

$$l_{t,90} = \begin{cases} 0,5 \cdot (h_d + h) & \text{suorakaiteen muotoisille aukoilta} \\ 0,35 \cdot d + 0,5 \cdot h & \text{pyöreille rei'ille.} \end{cases}$$

Poikittainen vetovoima $F_{t,90,d}$ riippuu reiän kohdalla vaikuttavasta palkin leikkausvoimasta V_d ja taivutusmomentista M_d seuraavasti:

$$F_{t,90,d} = \frac{V_d \cdot h_d}{4 \cdot h} \cdot \left(3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) + 0,008 \cdot \frac{M_d}{h_r}, \quad (\text{Kaava 2})$$

missä

$$h_r = \begin{cases} \min(h_{ro}; h_{ru}) & \text{suorakaiteen muotoisille aukoilta} \\ \min(h_{ro} + 0,15 \cdot d; h_{ru} + 0,15 \cdot d) & \text{pyöreille rei'ille} \end{cases}$$

h, h_{ro}, h_{ru}, d määritelty kuvassa 2.

h_d suorakaidereillä aukon korkeus ja pyöreillä rei'illä

$$h_d = 0,7 \cdot d$$

(RIL 205-1 -2007, 88.)

5.1.2 Leikkaus

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (\text{Kaava 3})$$

Vallitsevaa tilannetta vastaava leikkauslujuuden mitoitusarvo:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_M}, \quad (\text{Kaava 4})$$

missä

$f_{v,k}$ puun ominaislujuus leikkaukselle

k_{mod} on muunnoskerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman keston ja kosteuden vaikutus

γ_M materiaaliominaisuuden osavarmuusluku

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A_{eff}} \quad (\text{Kaava 5})$$

missä

τ_d leikkausjännityksen mitoitusarvo

V_d leikkausvoima

A_{eff} jäännöspinta-ala poikkileikkaukselle, josta reikä on vähennetty

(SFS EN 1995- 1- 1, 22,35.)

5.1.3 Taivutus

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (\text{Kaava 6})$$

Taivutuslujuuden mitoitusarvo:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}, \quad (\text{Kaava 7})$$

missä

$f_{m,k}$ puun ominaislujuus taivutukselle.

Jännitysten mitoitusarvot, joista suurempi on mitoittava:

$$\sigma_y = \frac{M}{I} \cdot (h - e_1) \quad \text{yläreunan jännitys} \quad (\text{Kaava 8})$$

$$\sigma_a = \frac{M}{I} \cdot e_1 \quad \text{alareunan jännitys} \quad (\text{Kaava 9})$$

missä

M taivutusmomentti

I neliömomentti

h, e_1 kts. kuva 3.

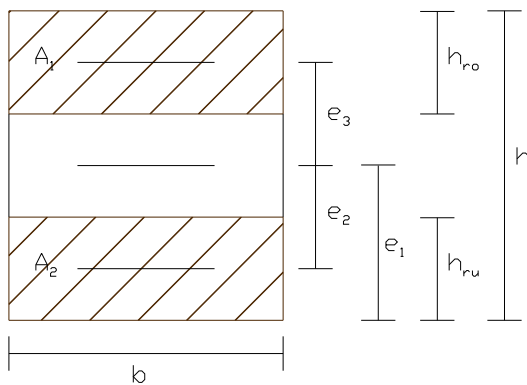
Yhdistetyn poikkipinnan neliömomentti:

Steinerin sääntöä hyväksi käyttäen saadaan:

$$I = I_1 + A_1 \cdot e_2^2 + I_2 + A_2 \cdot e_3^2 \quad \Rightarrow$$

$$I = \frac{b \cdot h_{ru}^3}{12} + b \cdot h_{ru} \cdot e_2^2 + \frac{b \cdot h_{ro}^3}{12} + b \cdot h_{ro} \cdot e_3^2 \quad (\text{Kaava 10})$$

(Hietikko, Lehtonen 1994, 45-51)



Kuva 6. Puupalkin poikkileikkaus

5.1.4 Veto

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\sigma_{t,o,d} \leq f_{t,0,d} \quad (\text{Kaava 11})$$

Syysuuntaisen vetojännityksen mitoitusarvo

$$\sigma_{t,o,d} = \frac{N_d}{A_{eff}} \quad (\text{Kaava 12})$$

missä

N_d normaalivoima,

Vetolujuuden mitoitusarvo:

$$f_{t,0,d} = \frac{f_{t,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} \quad (\text{Kaava 13})$$

missä

$f_{t,0,k}$ puun vetolujuuden ominaisarvo

(SFS EN 1995- 1- 1, 33.)

5.1.5 Puristus

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\sigma_{c,o,d} \leq f_{c,0,d} \quad (\text{Kaava 14})$$

Syysuuntaisen puristusjännityksen mitoitusarvo:

$$\sigma_{t,o,d} = \frac{N_d}{A_{eff}} \quad (\text{Kaava 15})$$

Puristuslujuuden mitoitusarvo:

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M}, \quad (\text{Kaava 16})$$

missä

$f_{c,0,k}$ puun puristuslujuuden ominaisarvo

(SFS EN 1995- 1- 1, 33.)

5.1.6 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutus

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (\text{Kaava 17})$$

(SFS EN 1995- 1- 1, 37.)

5.1.7 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus

Seuraavan ehdon tulee toteutua:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (\text{Kaava 18})$$

(SFS EN 1995- 1- 1, 37.)

6 PALKIN REIÄN MITOITUSOHJELMA

6.1 Palkin reiän mitoitusohjelma yleisesti

Laskentapohjan päätarkoitus on laskea ja mitoittaa palkin reikä niin tehokkaasti, että kokonaislaskenta-aika voidaan minimoida. Ohjelma tarkastaa poikittaisen vetokestävyyden sekä palkin leikkaus-, taivutus-, puristus- ja vetokestävyyden poikkileikkaukselle, josta on vähennetty reiän pinta-ala. (RIL 205-1-2007)

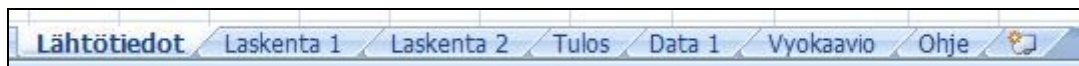
Ohjelmaa varten suunnittelija tarvitsee lähtöarvot (Kuva 8). Kuorman aikaluokka ja materiaalin käyttöluokka valitaan kuormituksen ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Puutavaraksi voidaan valita joko liimapuu tai kertopuu. Reiän muoto voi olla pyöreä tai suorakaide. Huomioitava on, että suorakaiteen muotoisessa reiässä täytyy olla vähintään 15mm:n kulmapyöristykset. Palkin ja reiän geometria on tiedettävä. Geometrian arvot tulee laittaa ohjelmaan positiivisina. Reiän kohdalla vaikuttava normaalivoima voidaan syöttää lähtöarvoihin positiivisena, jos sauva on vedetty ja negatiivisena, jos sauva on puristettu. Taivutusmomentti ja leikkausvoima tulee syöttää aina positiivisina arvoina huolimatta suunnasta. Jos jotain voimaa ei esiinny palkissa reiän kohdalla, voidaan kyseinen kenttä jättää tyhjäksi.

Ohjelma ilmoittaa kestävyyttä käyttöasteina. Jos jokin ohjelman ilmoittamista käyttöasteista ylittää 100% laskentapohja ilmoittaa virheestä ja täytyy miettiä muutoksia. Ohjelma myös ilmoittaa, jos lähtöarvot ovat virheelliset.

6.2 Ohjelman ulkoasu

Ohjelman pääalustana toimii MS Excel 2007. Laskenta on pyritty tekemään yhteiseksi siten, että laskentapohjan käyttö on helppoa, havainnollista ja tehokasta. Ohjelman laskentapohjalla näytetään omina kokonaisuuksinaan lähtöarvojen syöttäminen ja laskennan kontrollointi, itse palkin reiän laskenta ja mitoitus, tulostus sekä materiaali- ja muut vakioparametrit. Lisäksi omalle välilehdelle on sijoitettu laskentapohjan toiminnan selittävä vuokaavio ja toiminta- ja käyttöohje. Tulokset sekä Lähtötiedot- välilehtien yläosaan on sijoitettu täytettäväksi rakennuskohde, työnumero, tekijä, päiväys, sisältö ja sijainti. Niissä näkyy myös SKOL:n logo. (Kuva 8; SKOL 3.)



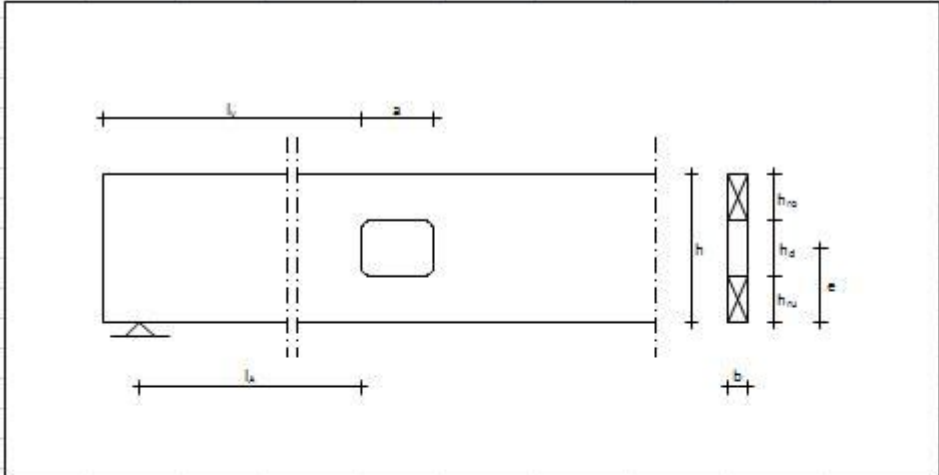
Palkin reiän mitoitus- laskentapohja muodostuu välilehdistä: (Kuva 7.)




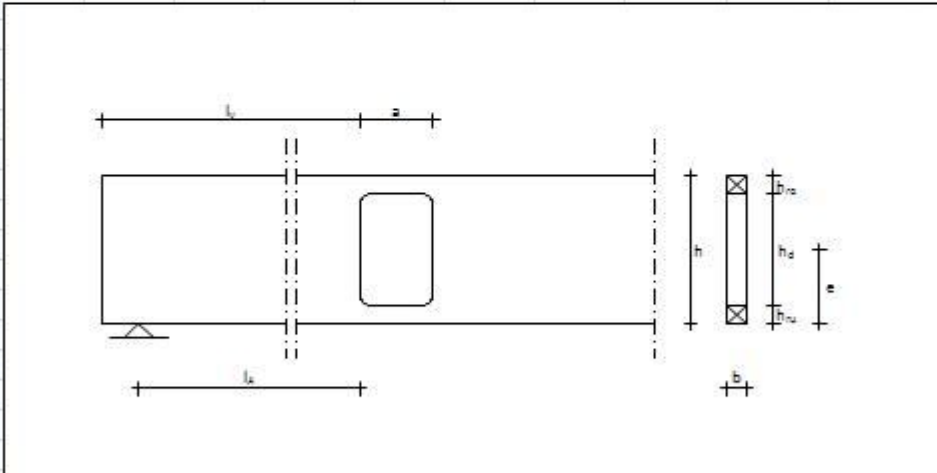
Kuva 7. Laskentapohjassa käytetyt välilehdet

6.2.1 Lähtötiedot- välilehti

Lähtötiedot- välilehti on laskentapohjassa ensimmäisenä. Siihen sijoitetaan mitoituksessa käytettävät lähtöarvot. Kuvan avulla saadaan selvennettyä laskentaa. Tällä välilehdellä näkyy myös laskennan tuloksen kontrolloinnin kannalta keskeiset tulosarvot. Kuvasta 8 voidaan huomata, että esimerkiksi laskennassa käyttöasteet eivät ylity ja lähtöarvot ovat oikeelliset. Jos käyttöasteet ylittyvät tai lähtöarvot ovat virheelliset, ohjelma ilmoittaa siitä kuvan 9 mukaisesti.

		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä: x	Sivu: 1 (1)
Rakennuskohde: x	Työ no: x	Sisältö: x	Sijainti: x
Palkin reiän mitoitus		Versio 0.2	
Aikaluokka = Karkkipitkä		b = 50 mm	
Käyttöluokka = z		h = 400 mm	
Puutavara = GL32c		d =	
Reiän muoto = Suorakaisa		h _d = 150 mm	
		a = 200 mm	
Reiän kohdalla vaikuttavat voimat		l _r = 800 mm	
N _d = -10,0 kN		l _a = 700 mm	
V _d = 5,0 kN		e = 200 mm	
M _d = 10,0 kNm		h _{ns} = 125 mm	
		h _{ns} = 125 mm	
			
Tarkistukset			
Käyttöaste poikittaisen vedon suhteen =	96 %		
Käyttöaste leikkauksen suhteen =	28 %		
Käyttöaste yhdistettyjen rasitusten suhteen =	37 %		
▶ ▶ Lähtötiedot / Laskenta 1 / Laskenta 2 / Tulos / Data 1 / Vyokaavio / Ohje			

Kuva 8. Lähtötiedot- välilehti

		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä: x	Sivu: 1(1)
Rakennuskohde: x	Työ no: x	Sisältö: x	Sijainti: x
Palkin reiän mitoitus		Versio 0.2	
Aikaluokka = Pyyryä	b = 50 mm		
Käyttöluokka = 1	h = 400 mm		
Puutavara = GL32c	d =		
Reiän muoto = Suerakaide	$h_d = 300$ mm		VIRHE - $hd > 0,4 \cdot h$
	a = 200 mm		
Reiän kohdalla vaikuttavat voimat			
$N_d = -10,0$ kN	$l_s = 800$ mm		
$V_d = 5,0$ kN	$l_k = 700$ mm		
$M_d = 10,0$ kNm	e = 200 mm		
	$h_{re} = 50$ mm		VIRHE - $h_{re} < 0,25 \cdot h$
	$h_{ru} = 50$ mm		VIRHE - $h_{ru} < 0,25 \cdot h$
			
Tarkistukset			
Käyttöaste poikittaisen vedon suhteen =	197 %		VIRHE - käyttöaste glittyy
Käyttöaste leikkauksen suhteen =	94 %		
Käyttöaste yhdistettyjen rasitusten suhteen =	83 %		
← ▶ ▶ ▶ Lähtötiedot / Laskenta 1 / Laskenta 2 / Tulos / Data 1 / Vyokaavio / Ohje			

Kuva 9. Lähtötiedot- välilehti, jossa on virhe ilmoituksia


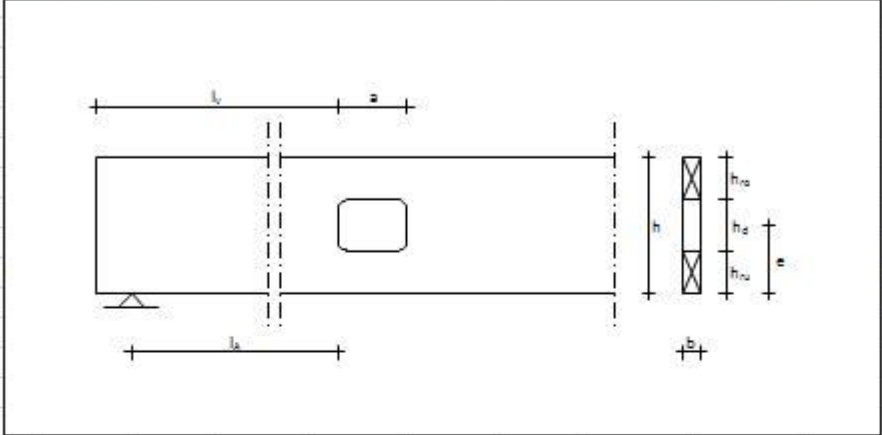
Ohjelma antaa lähtötiedoissa virheilmoituksen mukana tiedon siitä, mikä on mennyt arvoissa vikaan.

6.2.2 Laskenta1 ja Laskenta2 -välilehdet

Laskentavälilehdillä suoritetaan palkin reiän laskenta ja mitoittaminen. Laskenta1-välilehdellä sijaitsevat kaikki laskentafunktiot, väli- ja lopputulokset. Lisäksi tässä välilehdellä on laskennan etenemistä selittävät tekstit. Laskenta2- välilehdellä suoritetaan Lähtötiedot-välilehdelle tulevan kuvan mittatiedot.

6.2.3 Tulos- välilehti

Tulos- välilehdelle on koottu kaikki keskeiset lähtöarvot, kuvat ja tulokset. Kaikki arvot mahtuvat yhdelle A4-paperille, joten tulokset on helppo arkistoida ja todistaa tarvittaessa. Jos jokin arvo on laskennassa virheellinen, se näkyy virheilmoituksena myös tällä välilehdellä.

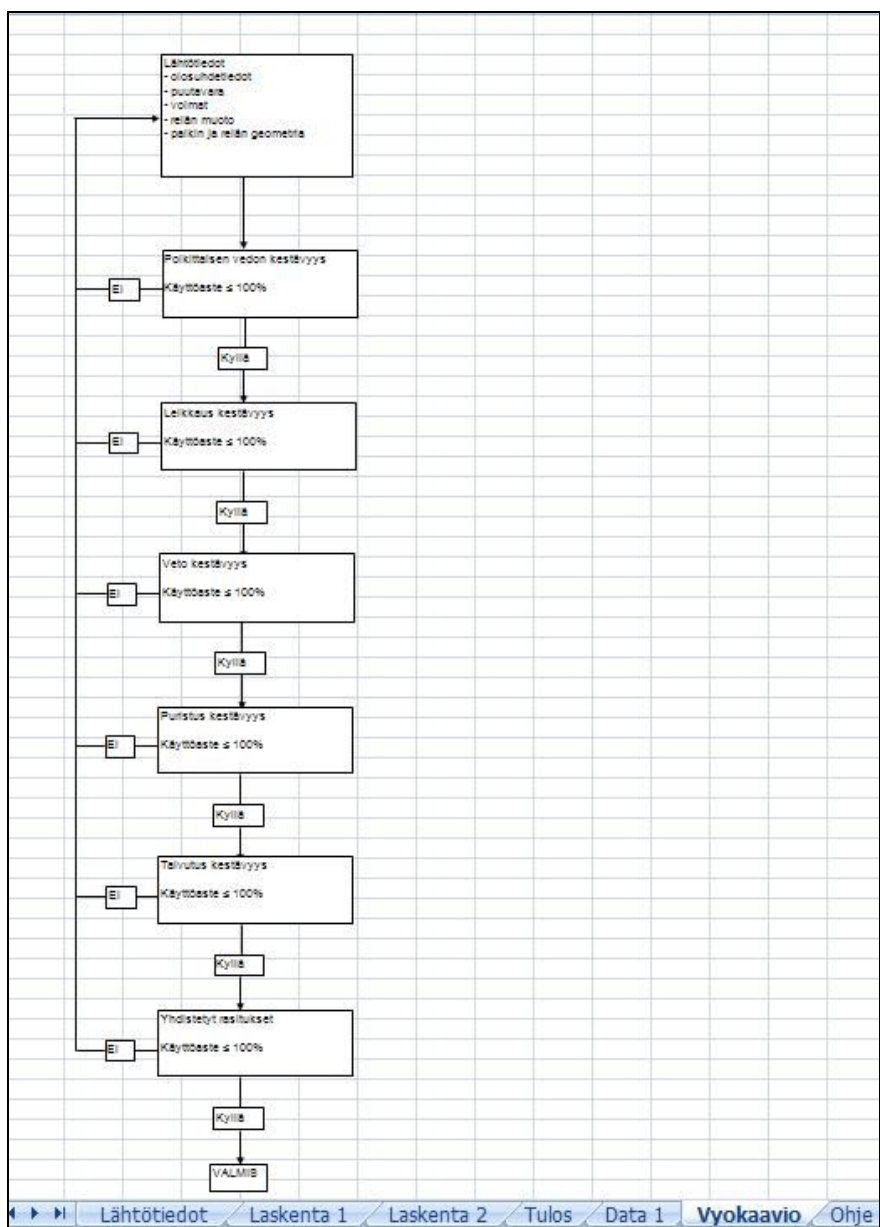
		Rakennelaskelma, lähtötiedot	
		Tekijä: #	Sivu: 1(1)
Rakennuskohde: #	Työ no: #	Sisältö: #	Sijainti: #
Palkin reiän mitoitus		Versio 0.2	
			
Aikaluokka = Keskipitkä	b = 50 mm	l1 = 800 mm	
Käyttöluokka = 2	h = 400 mm	l2 = 700 mm	
Puutavara = GL32c	e = 200 mm	d =	
Nd = -10,0 kN	h1 = 125 mm	h2 = 150 mm	
Vd = 5,0 kN	h2 = 125 mm	a = 200 mm	
Md = 10,0 kNm			
Poikittainen veto			
$\sigma_{1,30,d}$ = 0,288 N/mm ²	$f_{1,30,d}$ = 0,30 N/mm ²	$\sigma_{1,30,d} / f_{1,30,d}$ = 96 %	
Leikkaus			
T_d = 0,60 N/mm ²	$f_{v,d}$ = 2,13 N/mm ²	$T_d / f_{v,d}$ = 28 %	
Taivutus ja veto			
$\sigma_{1,d}$ = 0,00 N/mm ²	$f_{t,d}$ = 13,00 N/mm ²		
$\sigma_{v,d}$ = 7,92 N/mm ²	$f_{v,d}$ = 21,33 N/mm ²	$\sigma_{1,d} / f_{t,d} + \sigma_{v,d} / f_{v,d}$ = 37 %	
Taivutus ja puristus			
$\sigma_{v,d}$ = 0,80 N/mm ²	$f_{c,d}$ = 17,67 N/mm ²		
$\sigma_{v,d}$ = 7,92 N/mm ²	$f_{v,d}$ = 21,33 N/mm ²	$(\sigma_{v,d} / f_{c,d})^2 + \sigma_{v,d} / f_{v,d}$ = 37 %	
← ▶ ▶ Lähtötiedot Laskenta 1 Laskenta 2 Tulos Data 1 Vyokaavio Ohje			

Kuva 10. Tulos- välilehti

6.2.4 Data1-välilehti

Data1- välilehdeltä löytyvät kaikki olosuhde- ja materiaalitiedot. Kaikki olosuhde- ja materiaalitiedot on taulukoitu ja niitä käytetään esimerkiksi silloin, kun Laskenta- välilehdillä viitataan näihin arvoihin.

6.2.5 Vuokaavio-välilehti



Kuva 11. Vuokaavio- välilehti

Vuokaavion tarkoitus on selventää palkin reiän mitoituksessa käytettävää laskentaa. Kuvasta 11 voi nähdä, miten mitoitus on koottu yksinkertaistaen kaavioksi, joka muodostuu haaraumista ja ehdoista. Haarauma on joukko laskentafunktioita, jotka suoritetaan järjestyksessä. Ehdon kohdalla ohjelmavuo jakautuu kahteen haaraumaan, riippuen siitä onko ehto tosi tai epätosi. Jos kaikkien ehtojen käyttöasteet pysyvät alle 100%:ssa, laskenta on onnistunut.

6.2.6 Ohje-välilehti

Palkin reiän mitoituksen toiminta- ja käyttöohje on koottu viimeiselle välilehdelle. Siinä ilmenee ohjelman yleiskuvaus, oikeudet ja vastuu, laskennan perusteet, lähtöarvoselvitykset ja ohjelman mitoitukseen käytetty lähde.

Palkin reiän mitoitus
versio 0.2 (28.10.2009)

Toiminta- ja käyttöohje

1. Yleiskuvaus
Ohjelmalla voidaan mitoittaa liima- tai kerto-puupalkkissa oleva reikä. Ohjelma tarkistaa poikittaisen vetokestävyyyden sekä palkin leikkaus- taivutus- ja puristus/vetokestävyyyden poikkileikkaukselle josta on vähennetty reiän pinta-ala.

2. Oikeudet ja vastuu
Copyright: Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen ja Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry, 2009 - 2010

Tämä lisenssisopimus muodostaa palkin reiän mitoitus-ohjelmistoa koskevan sopimuksen lisenssin saajan ja lisensoijan, Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen yhdessä Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry:n, välillä. Käyttämällä ohjelmistoa hyväksytte tämän lisenssisopimuksen sisältämät ehdot ja rajoitukset jo ennen ohjelmiston käyttöönottoa.

Ohjelmisto ja kaikki siihen liittyvät oikeudet ovat lisensoijan omaisuutta. Lisenssisopimuksen perusteella teillä ei ole omistus- tai immateriaalioikeuksia ohjelmistoon vaan ainoastaan rajoitettu käyttöoikeus ilman käyttöoikeuden siirto-oikeutta kolmannelle osapuolelle. Ohjelmistoa voidaan käyttää vain lisenssin saajan sisäisessä toiminnassa. Lisenssin saajalla on oikeus ottaa kopioita ohjelmistosta omaan käyttöönsä. Kaikkien tällaisten kopioiden on sisällettävä lisensoijan tekijänoikeutta sekä muita oikeuksia koskevat ilmoitukset. Lisensoija antaa käyttöoikeuden ohjelmistoon "sellaisena kuin se on" ilman mitään velvollisuutta ohjelmiston virheiden korjaamiseen tai ohjelmiston päivittämiseen.

Lisenssin saaja on yksin vastuussa ohjelmiston käytöstä ja siitä saatavista laskelmista ja tulosteista, siihen syötetyistä tiedoista ja niihin sisältyvistä virheistä. Lisensoija ei takaa ohjelmiston tai sen avulla tehtyjen laskelmien tai tulosteiden virheettömyyttä. Ohjelmisto laskee voimassaolevien suunnittelustandardien ja suunnitteluohjeiden sekä niiden yleisesti hyväksytyjen kansallisten liitteiden ja sovellusohjeiden mukaisesti, mutta se ei poista lisenssin saajan vastuuta laskelmien oikeellisuudesta. Lisenssisopimuksen ehdoton vaatimus on, että kaikki ohjelmiston tulosteet tarkistetaan perusteellisesti ennen niiden toteuttamista.

3. Laskennan perusteet


Ohjelma tarkistaa reiän sijaintiin ja kokoon liittyvät ehdot (RIL 205-1-2007 6.7S) ja laskee poikittaisen vetokestävyyyden johon vaikuttaa leikkausvoima ja taivutusmomentti reiän kohdalla. Ohjelma laskee reiällisen poikkileikkauksen poikkileikkauksuureet ja tarkistaa sen vedolle, puristukselle, leikkaukselle, taivutukselle ja niiden yhteisvaikutukselle.

4. Lähtöarvot

Kuorman aikaluokka ja materiaalin käyttöluokka valitaan kuormituksen ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Puutavaraksi voidaan valita liimapuu tai kertopuu. Reiän muoto on pyöreä tai suorakaide. Suorakaiteen muotoisessa reiässä täytyy olla vähintään 15mm kulmapyöristykset. Palkin ja reiän geometriatiedot on selvitetty kuvassa. Geometriatietojen arvot on oltava positiivisia.

Reiän kohdalla vaikuttava normaalivoima voidaan syöttää positiivisena, jos sauva on vedetty ja negatiivisena, jos sauva on puristettu. Taivutusmomentti ja leikkausvoima syötetään aina positiivisina arvoina huolimatta suunnasta. Mikäli jotain voimaa ei esiinny palkissa reiän kohdalla, voidaan kyseinen kenttä jättää tyhjäksi.

5. Lähteet
RIL 205-1-2007



▶ ▶
Lähtötiedot
Laskenta 1
Laskenta 2
Tulos
Data 1
Vyokaavio
Ohje

Kuva 12. Ohje- välilehti

6.3 Ohjelman laskennallinen toiminta ja käytettävyys

Laskentapohjan toteutus- ja toimintaperiaatteena on helppo ja nopea käytettävyys sekä laskennan ja tulosten selkeys. (SKOL 3.) Suunnittelija valitsee tietojensa mukaan käytettävän aikaluokan, käyttöluokan, käytettävän puutavaran, reiän muodon, vaikuttavat voimat sekä palkin ja reiän geometrian. Näiden pohjalta ohjelma mitoittaa ja ilmoittaa tulokset. Laskentapohjaan on syötetty laskentafunktiot ja makrot (koodit). Lähtötiedot-välilehdellä oleva kuva muuttuu geometrian tietojen mukaan.

7 PALKIN REIÄN MITOITUSOHJELMAN TESTAUS

7.1 Testauksen tarkoitus

Testauksen tarkoituksena on varmistaa, että palkin reiän mitoitus-ohjelma on tehty toiminnallisesti, käytettävyydellisesti ja laskennallisesti oikeellisesti. Oikein laskeminen tarkoittaa, että lopputulosten lisäksi myös välitulosten ja tarkistustulosten täytyy olla oikein. Testauksen yhtenä osana on tarkastaa ohjelmassa käytettävän laskennan kattavuus. Kattavuuden tarkastuksella varmistetaan, että laskentapohjalla on toteutettu kaikki laskennan perusteiden ja teorian vaatimukset ja rajoitukset. Laskentapohjan testauksen tehtävänä on myös vakuuttaa, että laskentapohja laskee ja mitoittaa oikein. (SKOL 4.)

7.2 Testauksen suorittaminen

Palkin reiän mitoitusohjelma on testattu ns. white-box-testauksena, jolla tarkoitetaan sitä, että käytettävissä on laskentapohjan laskentafunktiot ja makrot. Ensimmäiseksi on suunniteltu testitapaukset laskentapohjan suunnitelmien ja laskennan perusteiden ja teorioiden perusteella. Seuraavaksi on suoritettu itse testaus käsin laskien. Testauksen suoritus alkaa lähtötietojen raja-arvoanalyysillä, jatkuu tarkastusehtojen raja-arvoanalyysillä ja loppuu kombinaatiotestaukseen. Testitapauksista ja niiden odotetuista tuloksista on tehty kirjallinen testisuunnitelmadokumentti. (Liite 1.)

Testitapausten suunnittelun lähtökohtana on käytetty RIL 205-1-2007 teoksen palkin reiän mitoitus eurokoodilla laskentaohjetta. Testitapauksiin on sisällytetty normaalisti kuormitetut, hyvin vähän kuormitetut ja kestävyuden ylärajoilla olevat testitapaukset. Lähtöarvojen- ja tarkastusehtojen raja-arvoanalyysiä sekä kombinaatiotestausta varten on suunniteltu jokaiselle erikseen omat lähtöarvot. Suunnittelun aikana on taulukoitu lähtötietoarvojen vaihtoehdot. Alapuolella olevasta kuvasta (Kuva 13) voi nähdä, miten lähtötietojen raja-arvoanalyysin lähtöarvot on taulukoitu. Kehystetyt arvot esiintyvät testauslaskennassa ns. vakioina. Ensimmäinen testitapaus lasketaan kehystetyistä arvoista. Sen tulos on ns. normaali eli, jossa olosuhdetiedot, käytetty puutavara, palkin ja reiän geometria, kuormitukset ja käyttöasteet ovat keskiarvoisia. Seuraavassa testitapauksessa aikaluokka on pysyvä keskipitkän sijaan ja muut arvot ovat kehystettyjä arvoja. Laskenta jatkuu em. tapaa hyväksikäyttäen niin pitkälle, että kaikki taulukossa olevat suunnittelun lähtöarvot on käyty kertaalleen läpi.

Aikaluokka	pysyvä	pitkäaikainen	keskipitkä	lyhytaikainen	hetkellinen
Käyttöluokka	1	2	3		
Puutavara	GL24c	GL32h	kerto-S	kerto-T	
Reiän muoto	pyöreä	suorakaide			
N_d	-10	-0,01	0	0,01	10
V_d	-5	-0,01	0	0,01	5
M_d	-10	-0,01	0	0,01	10
b	-90	-0,01	0	0,01	90
h	-405	-0,01	0	0,01	405
Pyöreän reiän halkaisija d	-150	-0,01	0	0,01	150
Suorakaiteen reiän korkeus h_d	-150	-0,01	0	0,01	150
Suorakaiteen reiän leveys a	-200	-0,01	0	0,01	200
l_v	-800	-0,01	0	0,01	800
l_A	-700	-0,01	0	0,01	700
e	-202,5	-0,01	0	0,01	202,5

Kuva 13. Lähtötietojen raja-arvoanalyysin lähtöarvot

Suunnitellessa lähtöarvoja testaukseen huomioidaan, että osa kombinaatioiden testitapauksista on jo lähtötietojen ja tarkastusehtojen raja-arvoanalyysien testitapauksissa, eikä niitä tarvitse laskea enää uudelleen.

Laskennan oikeellisuuden testaukseen kuuluu myös kattavuuden tarkistus. Testitapausten suunnittelun jälkeen testaaja on jo perehtynyt laskentaan niin hyvin, että pystyy varmentamaan ohjelman huomioivan kaikki palkin reiän mitoitusta koskevat laskennan perusteet ja teorioiden vaatimukset ja rajoitukset. Kattavuutta tarkistetaan myös testien suorittamisen aikana. Jos ohjelmassa olisi ennen testien suorittamista virheitä, niistä pitäisi ilmoittaa ohjelman tekijälle. Oikeellisuustestejä saa suorittaa vasta sitten, kun tiedetään, että kattavuudessa ei ole aukkoja.

Suoritusvaiheen ensimmäiset testitapaukset koostuvat lähtötietojen raja-arvoanalyysistä. Siinä em. tavalla jokainen lähtöarvo muodostaa oman testitapauksensa. Varmennustestausraportissa (Liite 1) lähtötietojen raja-arvoanalyysin testitapauksia on 69 kappaletta. Tarkastusehtojen raja-arvoanalyysissä testitapaukset muodostuvat käyttöasteiden mukaan. Eli poikittaisen vedon, taivutuksen, leikkauksen, vedon ja puristuksen ja taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen sekä taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöasteet ovat tässä testaustapauksessa merkkäavia. Liitteestä 1 voi huomata, että jokainen näistä käyttöasteesta saa testitapauksissa arvon reilusti alle 100 %, vähän alle 100 %, 100 %, vähän yli 100 % ja reilusti yli 100 %. Tarkastusehtojen raja-arvoanalyysin testitapauksia on 20 kappaletta. Kombinaatiotestauksessa testitapaukset syntyvät poikittaisen vedon (PV), leikkauksen (L), taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen (VT) sekä taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen (PT) käyttöasteista liitteen 1. mukaisesti. Eli ensimmäinen kombinaatioiden testitapaus syntyy esimerkiksi siten, että PV:n käyttöaste on alle 100 %, L:n käyttöaste on alle 100 %, VT:n käyttöaste on alle 100 % ja PT:n käyttöaste on taas yli 100 %. Seuraavassa testitapauksessa muut käyttöasteista ovat esimerkiksi alle 100 %, mutta VT:n käyttöaste on tällä kertaa yli 100 %. Näistä neljästä tapauksesta käydään em. tavalla jokainen mahdollinen kombinaatio läpi. Tällä tavalla saadaan 16 eri testitapauksia. Yhteensä testitapauksia palkin reiän mitoitushjelmasta tuli 105 kappaletta.

Suoritusvaiheessa on laskettu jokainen suunniteltu testitapaus ja saadut tulokset on kirjattu dokumentin taulukkoon odotettujen tulosten rinnalle. (Kuva 14.) Odotetut tulokset ovat ohjelman laskemia tuloksia ja saadut tulokset ovat käsin laskettuja tuloksia. Saatuja ja odotettuja tuloksia vertaamalla päätetään, että onko testitapaus onnistunut vai epäonnistunut.

Testitapaus 3	Aikaluokka keskipitkä			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm ⁴	472913438 mm ⁴
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_{ca}	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_a	700			
e	202,5			
h_{ca}	127,5			
h_{ca}	127,5			
Lopullinen tulos:		Omnistuu		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

Kuva 14. Testitapaus 3:n taulukko

Laskentapohjan oikeellisuuden testauksen suorituksesta on tehty kirjallinen dokumentti, varmennustestausraportti (Liite 1). Varmennustestiraportti jakautuu lyhyeen kuvaukseen laskentapohjan toiminnasta sekä maininnasta laskentapohjan kattavuuden tarkastuksesta, lähtötietojen, tarkastusehtojen ja kombinaatioiden raja-arvoanalyysin lähtötietojen arvotaulukoista ja testitapauksista sekä varmennustestauksen signeerauksesta.

Jos testausvaiheessa huomataan ohjelman laskennassa tai toiminnassa virheitä, ne merkitään varmennustestausraporttiin. Ohjelma korjataan ensimmäisen testikierroksen perusteella. Korjauksien jälkeen ohjelmaan suoritetaan taas uusi testauskierros. Korjaukset tekee ohjelman tekijä. (SKOL 4.)

7.3 Testaustulokset ja johtopäätökset

Palkin reiän mitoitus- ohjelmasta ei löydy virheitä. Kaikki 105 testitapausta ovat onnistuneita. Käsien laskemalla saadaan täysin samat tulokset kuin ohjelmalla laskettaessa. Ohjelma on ulkoasultaan, käytettävyydeltään, kattavuudeltaan ja toiminnaltaan vaatimusten määrittelyn mukainen.

Kun ohjelman ensimmäistä versiota kokeiltiin, huomattiin heti, että ohjelma ilmoittaa virhe ilmoitukset väärin. Ne ohjelman tekijä korjasi ennen kuin itse testaus aloitettiin, joten se ei vaikuttanut varmennustestausraporttiin.

Palkin reiän mitoitus- ohjelma on tehty todella huolellisesti. Siinä on huomioitu kaikki SKOL:n ohjeet ohjelman tekoa varten. Ohjelman tekijä on lisäksi löytänyt kaikki olennaiset asiat palkin reiän mitoituksesta.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön mitoituksen osuus on haastava, mutta toisaalta sen kautta voi myös oppi paljon. Opinnäytetyössä tutustutaan eurokoodin käyttöön ja opitaan mitoittamaan riittävä palkki. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda esille palkin reiän mitoittaminen eurokoodilla, siihen SKOL:n kautta tuleva mitoitusohjelma sekä mitoitusohjelman testaaminen. Palkin reiän mitoitus- ohjelma tulee varmasti säästämään monen suunnittelijan aikaa ja rahaa. Suunnittelutoimistojen mitoituskäyttöön tulevan ohjelman testaamiseen pitää käyttää paljon aikaa ja vaivaa, jotta se on varmasti luotettava ja turvallinen. Ohjelman testauksen dokumentointiin käytetty varmennustestausraportti antaa selkeän kuvan siitä, että ohjelma toimii laskennallisesti moitteettomasti ja että se on valmis konkreettiseen käyttöön. Ohjelman testausvaiheessa tuli esille myös, että ohjelma on kattavuudeltaan ja toiminnaltaan virheetön.

LÄHTEET

Hietikko, E., Lehtonen, U. 1994. Lujuuslaskennan perusteet. Helsinki: Kustannus-yhtiö Otava.

Insinööritoimisto Ylimäki & Tinkanen Oy 2009, SKOL eurocode – Laskentapoh-jien laadintahanke.

Kortesmaa, M. 1981. Puurakenteet 4. Laskentamenetelmät. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

Matti J. Virtanen 2009a. Eurokoodien käyttöönoton tilanne, Eurokoodiseminaari 25.11.2009, Hanasaari.)

Matti J. Virtanen 2009b. Eurokoodien tulevaisuus, Eurokoodiseminaari 25.11.2009, Hanasaari.)

Puisten palkkien suunnittelu ja mitoitus 2006. Otaniemi. Saatavissa: http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/prp/prp2006/luennot/Luento5/Taivutetut_puurakenteet.pdf [Viitattu 21.12.2009.]

Puuinfo 2009. Eurokoodi 5. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/eurokoodi-5-lyhennetty-ohje-puurakenteiden-suunnittelu> [Viitattu 21.12.2009.]

Puuinfo 2010a. monitoimitalo Lappeenranta. Kuva Mikko Auerniitty. Saatavissa: http://www.comma.fi/Puuinfo/index.cfm?/imageDetails_FN&imgid=20235767&xtIntCode=0&srct=searchresults [Viitattu 26.1.2010.]

Puuinfo 2010b. Joensuun arena. Kuva Esko Jämsä. Saatavissa: http://www.comma.fi/Puuinfo/index.cfm?/imageDetails_FN&imgid=20164670&xtIntCode=0&srct=searchresults [Viitattu 26.1.2010.]

Puuinfo 2010c. opetusvideot, reikäpalkki. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/opetusvideot> [Viitattu 26.1.2010.]

RIL 205-1-2007, Puurakenteiden suunnitteluohje Eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL Oy.

SFS EN 1995-1-1. Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu, osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

SFS Eurokoodit 2009. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/julkaisut/eurokoodit/> [Viitattu 21.12.2009.]

Siikanen, U. 1998. Puurakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SKOL:n yleisohje 2008.

SKOL 2. 2008, Eurocode-laskentapohjien laadintahanke, Osa 2 Vaatimusten määrittelyohje.

SKOL 3. 2008, Eurocode-laskentapohjien laadintahanke, Osa 3 Toiminta-, käyttöliittymä- ja dokumentointiohje.

SKOL 4. 2008 Eurocode-laskentapohjien laadintahanke, Osa 4 Testausohje.



Luottamuksellinen

Varmennustestiraportti

Palkin reiän mitoitus

Testikierros 1

Dokumentin versio:

Versio	Kirjoittaja	Päiväys	Selitys
1.0	Valtteri Mäkilä	28.10.2009	1. testikierros

Sisältö:

1	DOKUMENTIN TARKOITUS	7
2	LASKENTAPOHJAN KUVAUS	7
2.1	Testattu laskentapohjatiedosto	7
2.2	Laskentapohjan kattavuuden tarkastus	7
3	LÄHTÖTIETOJEN RAJA-ARVOANALYYSI	8
3.1	Lähtöarvovaihtoehdot	8
3.2	Aikaluokka pysyvä	8
3.3	Aikaluokka pitkäaikainen	9
3.4	Aikaluokka keskipitkä	10
3.5	Aikaluokka lyhytaikainen	11
3.6	Aikaluokka hetkellinen	11
3.7	Käyttöluokka 1	12
3.8	Käyttöluokka 2	13
3.9	Käyttöluokka 3	13
3.10	Puutavara GL24c	14
3.11	Puutavara GL32h	14
3.12	Puutavara kerto-S	15
3.13	Puutavara kerto-T	15
3.14	Reiän muoto pyöreä	16
3.15	Reiän muoto suorakaide	17
3.16	$N_d = -10$ kN	17
3.17	$N_d = -0,01$ kN	17

3.18	$N_d = 0 \text{ kN}$	18
3.19	$N_d = 0,01 \text{ kN}$	19
3.20	$N_d = 10 \text{ kN}$	19
3.21	$V_d = -5 \text{ kN}$	20
3.22	$V_d = -0,01 \text{ kN}$	21
3.23	$V_d = 0 \text{ kN}$	22
3.24	$V_d = 0,01 \text{ kN}$	22
3.25	$V_d = 5 \text{ kN}$	23
3.26	$M_d = -10 \text{ kNm}$	23
3.27	$M_d = -0,01 \text{ kNm}$	24
3.28	$M_d = 0 \text{ kNm}$	25
3.29	$M_d = 0,01 \text{ kNm}$	26
3.30	$M_d = 10 \text{ kNm}$	26
3.31	$b = -90 \text{ mm}$	27
3.32	$b = -0,01 \text{ mm}$	27
3.33	$b = 0 \text{ mm}$	28
3.34	$b = 0,01 \text{ mm}$	29
3.35	$b = 90 \text{ mm}$	30
3.36	$h = -405 \text{ mm}$	30
3.37	$h = -0,01 \text{ mm}$	31
3.38	$h = 0 \text{ mm}$	31
3.39	$h = 0,01 \text{ mm}$	32
3.40	$h = 405 \text{ mm}$	33
3.41	Pyöreän reiän halkaisija $d = -150 \text{ mm}$	33
3.42	Pyöreän reiän halkaisija $d = -0,01 \text{ mm}$	34
3.43	Pyöreän reiän halkaisija $d = 0 \text{ mm}$	35
3.44	Pyöreän reiän halkaisija $d = 0,01 \text{ mm}$	35
3.45	Pyöreän reiän halkaisija $d = 150 \text{ mm}$	36
3.46	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = -150 \text{ mm}$	36

3.47	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = -0,01$ mm	37
3.48	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = 0$ mm	38
3.49	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = 0,01$ mm	39
3.50	Suorakaiteiden reiän korkeus $h_d = 150$ mm	39
3.51	Suorakaiteisen reiän leveys $a = -200$ mm	40
3.52	Suorakaiteisen reiän leveys $a = -0,01$ mm	40
3.53	Suorakaiteisen reiän leveys $a = 0$ mm	41
3.54	Suorakaiteisen reiän leveys $a = 0,01$ mm	42
3.55	Suorakaiteisen reiän leveys $a = 200$ mm	43
3.56	$l_v = -800$ mm	43
3.57	$l_v = -0,01$ mm	44
3.58	$l_v = 0$ mm	44
3.59	$l_v = 0,01$ mm	45
3.60	$l_v = 800$ mm	46
3.61	$l_A = -700$ mm	46
3.62	$l_A = -0,01$ mm	47
3.63	$l_A = 0$ mm	48
3.64	$l_A = 0,01$ mm	48
3.65	$l_A = 700$ mm	49
3.66	$e = -202,5$ mm	49
3.67	$e = -0,01$ mm	50
3.68	$e = 0$ mm	51
3.69	$e = 0,01$ mm	52
3.70	$e = 202,5$ mm	52
4	TARKASTUSEHTOJEN RAJA-ARVOANALYYSI	53
4.1	Lähtöarvovaihtoehdot	53
4.2	Toisaalla olevat testitapaukset	53
4.3	Poikittaisen vedon käyttöaste huomattavasti alle 100%	54
4.4	Poikittaisen vedon käyttöaste 99%	54

4.5	Poikittaisen vedon käyttöaste 100%	55
4.6	Poikittaisen vedon käyttöaste 101%	55
4.7	Poikittaisen vedon käyttöaste huomattavasti yli 100%	56
4.8	Leikkauksen käyttöaste huomattavasti alle 100%	57
4.9	Leikkauksen käyttöaste 99%	57
4.10	Leikkauksen käyttöaste 100%	58
4.11	Leikkauksen käyttöaste 101%	59
4.12	Leikkauksen käyttöaste huomattavasti yli 100%	59
4.13	Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti alle 100%	60
4.14	Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste 99%	60
4.15	Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste 100%	61
4.16	Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste 101%	62
4.17	Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti yli 100%	63
4.18	Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti alle 100%	63
4.19	Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste 99%	64
4.20	Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste 100%	64
4.21	Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste 101%	65
4.22	Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti yli 100%	66
5	KOMBINAATIOTESTAUS	67
5.1	Lähtöarvovaihtoehdot	67
5.2	Toisaalla olevat testitapaukset	67
5.3	PV alle, L alle, VT alle, PT alle	68
5.4	PV alle, L alle, VT alle, PT yli	68
5.5	PV alle, L alle, VT yli, PT alle	68
5.6	PV alle, L alle, VT yli, PT yli	68
5.7	PV alle, L yli, VT alle, PT alle	69
5.8	PV alle, L yli, VT alle, PT yli	70
5.9	PV alle, L yli, VT yli, PT alle	70
5.10	PV alle, L yli, VT yli, PT yli	71

5.11	PV yli, L alle, VT alle, PT alle	72
5.12	PV yli, L alle, VT alle, PT yli	72
5.13	PV yli, L alle, VT yli, PT alle	73
5.14	PV yli, L alle, VT yli, PT yli	74
5.15	PV yli, L yli, VT alle, PT alle	74
5.16	PV yli, L yli, VT alle, PT yli	75
5.17	PV yli, L yli, VT yli, PT alle	75
5.18	PV yli, L yli, VT yli, PT yli	76
6	VARMENNUSTESTAUKSEN VAKUUTUS	78

1 Dokumentin tarkoitus

Tämä dokumentti on SKOL:n Eurocode-hankkeessa toteutetun palkin reiän mitoitus 0.2 talonrakennuksen laskenta- ja mitoituslaskentapohjan varmennustestisuunnitelma ja -raportti.

Laskentapohjan varmennustestaus perustuu SKOL Eurocode-laskentapohjien laadinta-hankkeen Testausohjeeseen.

2 Laskentapohjan Kuvaus

Tämä laskentaohjelma koskee reiällisiä liimapuu- ja LVL-palkkeja, kun reiät ovat pyöreitä tai kulmistaan vähintään $r = 15\text{mm}$ kaarevuussäteellä pyöristettyjä suorakaiteen muotoisia aukkoja. Laskentaohjelma huomioi RIL 205-1-2007 mukaan poikittaisen vedon lisäksi palkin leikkaus-, taivutus- ja veto/puristuskestävyyden reiän kohdalla poikileikkaukselle, josta on vähennetty reiän osuus.

2.1 Testattu laskentapohjatiedosto

Laskentapohjan nimi: Palkin reiän mitoitus

Laskentapohjan versionumero: 0.2

Tiedoston nimi: Palkin reiän mitoitus 0.2

Päiväys ja kellonaika: 28.10.2009

Koko: 218 kt

2.2 Laskentapohjan kattavuuden tarkastus

Laskentapohjan laskennan ja mitoituksen kattavuus on tarkastettu ja todettu vaatimusmäärittelyn, suunnitelmien ja toiminta- ja käyttöohjeen mukaiseksi.

3 Lähtötietojen Raja-arvoanalyysi

Tässä luvussa on kuvattu *palkin reiän mitoitus 0.2* lähtötietojen laskennan oikeellisuuden varmennustestitapaukset, niiden odotetut ja saadut tulokset sekä tulkinnat testitapauksen onnistumisesta tai epäonnistumisesta.

3.1 Lähtöarvovaihtoehdot

Aikaluokka	pysyvä	pitkäaikainen	keskipitkä	lyhytaikainen	hetkellinen
Käyttöluokka	1	2	3		
Puutavara	GL24c	GL32h	kerto-S	kerto-T	
Reiän muoto	pyöreä	suorakaide			
N_d	-10	-0,01	0	0,01	10
V_d	-5	-0,01	0	0,01	5
M_d	-10	-0,01	0	0,01	10
b	-90	-0,01	0	0,01	90
h	-405	-0,01	0	0,01	405
Pyöreän reiän halkaisija d	-150	-0,01	0	0,01	150
Suorakaiteen reiän korkeus h_d	-150	-0,01	0	0,01	150
Suorakaiteen reiän leveys a	-200	-0,01	0	0,01	200
l_v	-800	-0,01	0	0,01	800
l_A	-700	-0,01	0	0,01	700
e	-202,5	-0,01	0	0,01	202,5

Lisäksi taulukoiden lähtötiedoissa ilmenee arvot h_{ro} ja h_{ru} , jotka muuttuvat arvojen h ja e vaikutuksesta. Niihin ei voi ohjelmassa itsenäisesti vaikuttaa.

3.2 Aikaluokka pysyvä

Testitapaus	Aikaluokka pysyvä			
1				
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	pysyvä	Poikittainen veto KA	89%	89%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	30%	30%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	36%	36%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$

M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	4%	4%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	36%	36%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	36%	36%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.3 Aikaluokka pitkäaikainen

Testitapaus 2	Aikaluokka pitkäaikainen			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	pitkäaikainen	Poikittainen veto KA	77%	77%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	25%	25%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	31%	31%
N_d	-10	I	472913438mm ⁴	472913438 mm ⁴
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	4%	4%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	31%	31%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	31%	31%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			

h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.4 Aikaluokka keskipitkä

Testitapaus 3	Aikaluokka keskipitkä			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.5 Aikaluokka lyhytaikainen

Testitapaus 4	Aikaluokka lyhytaikainen			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	lyhytaikainen	Poikittainen veto KA	60%	60%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	20%	20%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	24%	24%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	24%	24%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	24%	24%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.6 Aikaluokka hetkellinen

Testitapaus 5	Aikaluokka hetkellinen			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	hetkellinen	Poikittainen veto KA	49%	49%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	16%	16%

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	19%	19%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	405	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	19%	19%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	20%	20%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.7 Käyttöluokka 1

Testitapaus 6	Käyttöluokka 1			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	1	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			

l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Samat arvot kuin Testitapaus 3:ssä ($k_{mod} = 0,8$).			

3.8 Käyttöluokka 2

KTS. Testitapaus 3

3.9 Käyttöluokka 3

Testitapaus 8	Käyttöluokka 3			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	82%	82%
Käyttöluokka	3	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	27%	27%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	33%	33%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	4%	4%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	33%	33%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	33%	33%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			

Lopullinen tulos:	Onnistunut
Suorituksen tai tuloksen selitys:	

3.10 Puutavara GL24c

KTS. Testitapaus 3

3.11 Puutavara GL32h

Testitapaus 10	Puutavara GL32h			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	47%	47%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL32h	Leikkaus KA	13%	13%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	20%	20%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	20%	20%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	20%	20%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:	Onnistunut			
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.12 Puutavara kerto-S

Testitapaus 11	Puutavara kerto-S			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	29%	29%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	kerto-S	Leikkaus KA	12%	12%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	15%	15%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	15%	15%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	15%	15%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.13 Puutavara kerto-T

Testitapaus 12	Puutavara kerto-T			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	47%	47%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	kerto-T	Leikkaus KA	20%	20%

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	24%	24%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	24%	24%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	24%	24%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.14 Reiän muoto pyöreä

Testitapaus 13	Reiän muoto pyöreä			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	55%	55%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1483,7728 N	1483,7728 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	pyöreä	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%
d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%
l_v	800			
l_A	700			

e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.15 Reiän muoto suorakaide

KTS. Testitapaus 3

3.16 $N_d = -10$ kN

KTS. Testitapaus 3

3.17 $N_d = -0,01$ kN

Testitapaus 16	$N_d = -0,01$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-0,01	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			

l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.18 $N_d = 0$ kN

Testitapaus 17	$N_d = 0$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	0	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.19 $N_d = 0,01$ kN

Testitapaus 18	$N_d = 0,01$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	0,01	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.20 $N_d = 10$ kN

Testitapaus 19	$N_d = 10$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	5%	5%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	405	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	31%	31%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.21 $V_d = -5\text{ kN}$

Testitapaus 20	$V_d = -5\text{ kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	-5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			

l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.22 $V_d = -0,01$ kN

Testitapaus 21	$V_d = -0,01$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	-0,01	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.23 $V_d = 0$ kN

Testitapaus 22	$V_d = 0$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	22%	22%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	627,45098N	627,45098N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	0%	0%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm ⁴	472913438 mm ⁴
V_d	0	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.24 $V_d = 0,01$ kN

Testitapaus 23	$V_d = 0,01$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	22%	22%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	630,10175N	630,10175N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	0%	0%

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	0,01	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.25 $V_d = 5\text{ kN}$

KTS. Testitapaus 3

3.26 $M_d = -10\text{ kNm}$

Testitapaus 25	$M_d = -10\text{ kNm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	-10	Veto KA		

b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:		Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.		

3.27 $M_d = -0,01$ kNm

Testitapaus 26	$M_d = -0,01$ kNm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	-0,01	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			

Lopullinen tulos:	Onnistunut
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.

3.28 M_d = 0 kNm

Testitapaus 27	M _d = 0 kNm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	45%	45%
Käyttöluokka	2	F _{t,90,d}	1325,3823N	1325,3823N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N _d	-10	I	472913438mm ⁴	472913438 mm ⁴
V _d	5	Suurin taivutusjännitys	0 N/mm ²	0 N/mm ²
M _d	0	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	0%	0%
h _d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	0%	0%
a	200			
l _v	800			
l _A	700			
e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:	Onnistunut			
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.29 $M_d = 0,01$ kNm

Testitapaus 28	$M_d = 0,01$ kNm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	46%	46%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1326,0098N	1326,0098N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	0%	0%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	0 N/mm^2	0 N/mm^2
M_d	0,01	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	0%	0%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	0%	0%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.30 $M_d = 10$ kNm

KTS. Testitapaus 3

3.31 b = -90 mm

Testitapaus 30	b = -90 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	-90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.32 b = -0,01 mm

Testitapaus 31	b = -0,01			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	-0,01	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.33b = 0 mm

Testitapaus 32	b = 0 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	0	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			

l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.34b = 0,01 mm

Testitapaus 33	b = 0,01 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	603192%	603192%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	200535%	200535%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	240861%	240861%
N_d	-10	I	$52545,938 \text{ mm}^4$	$52545,938 \text{ mm}^4$
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$38537,71 \text{ N/mm}^2$	$38537,71 \text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	0,01	Puristus KA	28011%	28011%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	240861%	249861%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	8087136%	8087136%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

3.35 b = 90 mm

KTS. Testitapaus 3

3.36 h = -405 mm

Testitapaus 35	h = -405 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	-405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	-682,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.37h = -0,01 mm

Testitapaus 36	h = -0,01 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	-0,01	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	-277,51			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.38h = 0 mm

Testitapaus 37	h = 0 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	0	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	-277,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.39h = 0,01 mm

Testitapaus 38	h = 0 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	0,01	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			

l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	-277,49			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.40h = 405 mm

KTS. Testitapaus 3

3.41 Pyöreän reiän halkaisija $d = -150$ mm

Testitapaus 40	Pyöreän reiän halkaisija $d = -150$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
d	-150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	277,5			
h_{ru}	277,5			

Lopullinen tulos:	Onnistunut
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.

3.42 Pyöreän reiän halkaisija $d = -0,01$ mm

Testitapaus 41	Pyöreän reiän halkaisija $d = -0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
d	-0,01	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	-202,505			
h_{ru}	202,505			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.43 Pyöreän reiän halkaisija d = 0 mm

Testitapaus 42	Pyöreän reiän halkaisija d = 0 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
d	0	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	202,5			
h_{ru}	202,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.44 Pyöreän reiän halkaisija d = 0,01 mm

Testitapaus 43	Pyöreän reiän halkaisija d = 0,01 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	19%	19%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	395,13337 N	395,13337 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	14%	14%

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	25%	25%
N_d	-10	I	498225937	498225937
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,06 N/mm ²	4,06 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
d	0,01	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	202,495			
h_{ru}	202,495			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.45 Pyöreän reiän halkaisija $d = 150$ mm

KTS. Testitapaus 13

3.46 Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = -150$ mm

Testitapaus 45	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = -150$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		

b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	-150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	277,5			
h_{ru}	277,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:		Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.		

3.47 Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = -0,01$ mm

Testitapaus 46	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = -0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	-0,01	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	202,505			

h_{ru}	202,505			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.48 Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = 0$ mm

Testitapaus 47	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = 0$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	0	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	202,5			
h_{ru}	202,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta. Palkki on tällä lähtöarvolla reiätön.			

3.49 Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = 0,01$ mm

Testitapaus 48	Suorakaiteisen reiän korkeus $h_d = 0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	19%	19%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	395,16408 N	395,16408 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	14%	14%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	25%	25%
N_d	-10	I	498225937	498225937
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,06 N/mm ²	4,06 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
h_d	0,01	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	202,495			
h_{ru}	202,495			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.50 Suorakaiteiden reiän korkeus $h_d = 150$ mm

KTS. Testitapaus 3

3.51 Suorakaiteisen reiän leveys a = -200 mm

Testitapaus 50	Suorakaiteisen reiän leveys a = -200 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	-200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.52 Suorakaiteisen reiän leveys a = -0,01 mm

Testitapaus 51	Suorakaiteisen reiän leveys a = -0,01 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	-0,01			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.53 Suorakaiteisen reiän leveys a = 0 mm

Testitapaus 52	Suorakaiteisen reiän leveys a = 0 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	0			

l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta. Palkki on tällä lähtöarvolla reiätön.			

3.54 Suorakaiteisen reiän leveys $a = 0,01$ mm

Testitapaus 53	Suorakaiteisen reiän leveys $a = 0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333N	1952,8333N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	0,01			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

3.55 Suorakaiteisen reiän leveys $a = 200$ mm

KTS. Testitapaus 3

3.56 $l_v = -800$ mm

Testitapaus 55	$l_v = -800$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	-800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.57 $l_v = -0,01$ mm

Testitapaus 56	$l_v = -0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	-0,01			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:		Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.		

3.58 $l_v = 0$ mm

Testitapaus 57	$l_v = 0$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	0			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.59 $l_v = 0,01$ mm

Testitapaus 58	$l_v = 0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			

l_v	0,01			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä vähimmäismitasta.			

3.60 $l_v = 800$ mm

KTS. Testitapaus 3

3.61 $l_A = -700$ mm

Testitapaus 60	$l_A = -700$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	-700			
e	202,5			

h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.62 $l_A = -0,01$ mm

Testitapaus 61	$l_A = -0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	-0,01			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.63 $l_A = 0$ mm

Testitapaus 62	$l_A = 0$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	0			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:		Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.		

3.64 $l_A = 0,01$ mm

Testitapaus 63	$l_A = 0,01$ mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	0,01			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä vähimmäismitasta.			

3.65 $l_A = 700$ mm

KTS. Testitapaus 3

3.66 $e = -202,5$ mm

Testitapaus 65	e = -202,5 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		

V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	-202,5			
h_{ro}	532,5			
h_{ru}	-277,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.67 e = -0,01 mm

Testitapaus 66	e = -0,01 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	-0,01			

h_{ro}	330,01			
h_{ru}	-75,01			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.68e = 0 mm

Testitapaus 67	e = 0 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	0			
h_{ro}	330			
h_{ru}	-75			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä lähtöarvosta.			

3.69e = 0,01 mm

Testitapaus 68	e = 0,01 mm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	VIRHE	VIRHE
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$		
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA		
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA		
N_d	-10	I		
V_d	5	Suurin taivutusjännitys		
M_d	10	Veto KA		
b	90	Puristus KA		
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$		
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	0,01			
h_{ro}	329,99			
h_{ru}	-74,99			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa virheellisestä vähimmäismitasta.			

3.70e = 202,5 mm

KTS. Testitapaus 3

4 Tarkastusehtojen Raja-arvoanalyysi

Tässä luvussa on kuvattu *palkin reiän mitoitus 0.2* ohjelman *tarkastusehtojen* laskennan oikeellisuuden varmennustestitapaukset, niiden odotetut ja saadut tulokset sekä tulkinnat testitapausten onnistumisesta tai epäonnistumisesta.

4.1 Lähtöarvovaihtoehdot

Aikaluokka	keskipitkä				
Käyttöluokka	2				
Puutavara	GL24c				
Reiän muoto	suorakaide				
N_d	-293	-276	-273	-10	155
	158	178	$f_{t,0,d} * (1 - (\delta_{m,d}/f_{m,d}) * A_{eff} * 10^{-3})$		
	$-(\sqrt{1 - (\delta_{m,d}/f_{m,d})}) * f_{c,0,d} * A_{eff} * 10^{-3}$				
V_d	5	15	22,3	22,6	35
	$(A_{eff} * f_{v,d} * 10^{-3}) / 1,5$				
M_d	10	25	26		
b	90	$F_{t,90,d} / (0,5 * l_{t,90} * f_{t,90,d})$			
h	405				
Suorakaiteen reiän korkeus h_d	150				
Suorakaiteen reiän leveys a	200				
l_v	800				
l_A	700				
e	202,5				

Lisäksi taulukoiden lähtötiedoissa ilmenee arvot h_{r0} ja h_{ru} , jotka muuttuvat arvojen h ja e vaikutuksesta. Niihin ei voi ohjelmassa itsenäisesti vaikuttaa.

4.2 Toisaalla olevat testitapaukset

Testitapaus 22 Luku 3.23 $V_d = 0$ kN

Testitapaus 3 Luku 3.4 Aikaluokka keskipitkä

4.3 Poikittaisen vedon käyttöaste huomattavasti alle 100%

KTS. Testitapaus 22

4.4 Poikittaisen vedon käyttöaste 99%

Testitapaus 71	$M_d = 25\text{kNm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	99%	99%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	2894,0098 N	2894,0098 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	67%	67%
N_d	-10	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	10,70 N/mm ²	10,70 N/mm ²
M_d	25	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	67%	67%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	67%	67%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.5 Poikittaisen vedon käyttöaste 100%

Testitapaus 72	$b = F_{t,90,d} / (0.5 * l_{t,90} * f_{t,90,d})$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	100%	100%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333 N	1952,8333 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	33%	33%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	40%	40%
N_d	-10	I	316952760	316952760
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	6,39 N/mm ²	6,39 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	$F_{t,90,d} / (0.5 * l_{t,90} * f_{t,90,d})$	Puristus KA	5%	5%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	40%	40%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	40%	40%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.6 Poikittaisen vedon käyttöaste 101%

Testitapaus 73	$M_d = 26\text{kNm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	101%	101%

Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	2956,7549 N	2956,7549 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	70%	70%
N_d	-10	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	11,13 N/mm ²	11,13 N/mm ²
M_d	26	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	70%	70%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	70%	70%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.			

4.7 Poikittaisen vedon käyttöaste huomattavasti yli 100%

Testitapaus 74	$V_d = 15 \text{ kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	158%	158%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	4603,5979 N	4603,5979 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	67%	67%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438	472913438
V_d	15	Suurin taivutusjännitys	10,70 N/mm ²	10,70 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%

a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.			

4.8 Leikkauksen käyttöaste huomattavasti alle 100%

KTS. Testitapaus 3

4.9 Leikkauksen käyttöaste 99%

Testitapaus 76	$V_d = 22,3\text{kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	224%	224%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	6538,6561 N	6538,6561 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	99%	99%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	22,3	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{N/mm}^2$	$4,28\text{N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			

h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.			

4.10 Leikkauksen käyttöaste 100%

Testitapaus 77	$V_d = (A_{eff} * f_{v,d} * 10^{-3}) / 1,5$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	226%	226%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	6575,7668 N	6575,7668 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	100%	100%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438 mm^4	472913438 mm^4
V_d	$(A_{eff} * f_{v,d} * 10^{-3}) / 1,5$	Suurin taivutusjännitys	$4,28 \text{ N/mm}^2$	$4,28 \text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.11 Leikkauksen käyttöaste 101%

Testitapaus 78	$V_d = 22,6\text{kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	227%	227%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	6818,179 N	6818,179 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	101%	101%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	22,6	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

4.12 Leikkauksen käyttöaste huomattavasti yli 100%

Testitapaus 79	$V_d = 35\text{kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	340%	340%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	9905,1271 N	9905,1271 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	156%	156%

Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-10	I	472913438mm^4	472913438mm^4
V_d	22,6	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	405	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

4.13 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti alle 100%

KTS. Testitapaus 3

4.14 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste 99%

Testitapaus 81	$N_d = 155\text{ kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333 N	1952,8333 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	155	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	$4,28\text{ N/mm}^2$	$4,28\text{ N/mm}^2$

M _d	10	Veto KA	72%	72%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	99%	99%
h _d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l _v	800			
l _A	700			
e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.15 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste 100%

Testitapaus 82	$N_d = f_{t,0,d} * (1 - (\delta_{m,d} / f_{m,d}) * A_{eff} * 10^{-3})$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	F _{t,90,d}	1952,8333 N	1952,8333 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N _d	$f_{t,0,d} * (1 - (\delta_{m,d} / f_{m,d}) * A_{ef} * 10^{-3})$	I	472913438	472913438
V _d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M _d	10	Veto KA	73%	73%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	100%	100%
h _d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l _v	800			
l _A	700			

e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.16 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste 101%

Testitapaus 83	N _d = 158 kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	F _{t,90,d}	1952,8333 N	1952,8333 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N _d	158	I	472913438	472913438
V _d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M _d	10	Veto KA	74%	74%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	101%	101%
h _d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l _v	800			
l _A	700			
e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:		Ohjelma ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.		

4.17 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti yli 100%

Testitapaus 84	$N_d = 178 \text{ kN}$ ja $M_d = 25 \text{ kNm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	99%	99%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	2894,0098 N	2894,0098 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	67%	67%
N_d	178	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	10,70 N/mm ²	10,70 N/mm ²
M_d	25	Veto KA	83%	83%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	150%	150%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	67%	67%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.			

4.18 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti alle 100%

KTS. Testitapaus 3

4.19 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste 99%

Testitapaus 86	$N_d = -273 \text{ kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333 N	1952,8333 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-273	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	85%	85%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	99%	99%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.20 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste 100%

Testitapaus 87	$N_d = -(\sqrt{1 - (\delta_{m,d} / f_{m,d})}) * f_{c,0,d} * A_{eff} * 10^{-3}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333 N	1952,8333 N

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	$-(\sqrt{1-(\delta_{m,d}/f_{m,d}))})*f_{c,0,d}*A_{eff}*10^{-3}$	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	86%	86%
h	450	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	100%	100%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:				

4.21 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste 101%

Testitapaus 88	$N_d = -276$ kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	67%	67%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1952,8333 N	1952,8333 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	-276	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	86%	86%
h	450	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,d}/f_{m,d}$	27%	27%

h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	101%	101%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.			

4.22 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutuksen käyttöaste huomattavasti yli 100%

Testitapaus 89	$N_d = -293 \text{ kN}$ ja $M_d = 25 \text{ kNm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	99%	99%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	2894,0098 N	2894,0098 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	67%	67%
N_d	-293	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	10,70 N/mm ²	10,70 N/mm ²
M_d	25	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	91%	91%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	67%	67%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	150%	150%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		

Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.
-----------------------------------	----------------------------------------------------

5 Kombinaatiotestaus

Tässä luvussa on kuvattu *palkin reiän mitoitus 0.2* ohjelman laskennan oikeellisuuden *kombinaatiotestauksen* varmennustestitapaukset, niiden odotetut ja saadut tulokset sekä tulkinnat testitapausten onnistumisesta tai epäonnistumisesta.

5.1 Lähtöarvovaihtoehdot

Aikaluokka	keskipitkä				
Käyttöluokka	2				
Puutavara	GL24c				
Reiän muoto	suorakaide				
N_d	-450	-300	-200	10	200
V_d	0	5	22,6	40	
M_d	10	26	40	50	
b	90				
h	5	405			
Suorakaiteen reiän korkeus h_d	150				
Suorakaiteen reiän leveys a	200				
l_v	800				
l_A	700				
e	202,5				

Lisäksi taulukoiden lähtötiedoissa ilmenee arvot h_{r0} ja h_{ru} , jotka muuttuvat arvojen h ja e vaikutuksesta. Niihin ei voi ohjelmassa itsenäisesti vaikuttaa.

5.2 Toisaalla olevat testitapaukset

Testitapaus 3 Luku 3.4 Aikaluokka keskipitkä

Testitapaus 88 Luku 4.21 Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus käyttöaste 150%

Testitapaus 84 Luku 4.17 Taivutuksen ja vedon yhteisvaikutus käyttöaste 150%

Testitapaus 74 Luku 4.7 $V_d = 15$ kN

Testitapaus 79 Luku 4.12 $V_d = 35$ kN

5.3 PV alle, L alle, VT alle, PT alle

KTS. Testitapaus 3

5.4 PV alle, L alle, VT alle, PT yli

KTS. Testitapaus 88

5.5 PV alle, L alle, VT yli, PT alle

KTS. Testitapaus 84

5.6 PV alle, L alle, VT yli, PT yli

Testitapaus 93		$M_d = 40$ kNm ja $V_d = 0$ kN		
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	86%	86%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	2509,8039 N	2509,8039 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	0%	0%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	107%	107%
N_d	-10	I	472913438	472913438
V_d	0	Suurin taivutusjännitys	17,13 N/mm ²	17,13 N/mm ²
M_d	40	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	107%	107%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	107%	107%
a	200			
l_v	800			

l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.7 PV alle, L yli, VT alle, PT alle

Testitapaus 94	$V_d = 40 \text{ kN}, h_d = 5$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	36%	36%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	770,35155 N	770,35155 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	114%	114%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	25%	25%
N_d	-10	I	498225000	498225000
V_d	40	Suurin taivutusjännitys	4,06 N/mm ²	4,06 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
h_d	5	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	200			
h_{ru}	200			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteen ylityksestä.			

5.8 PV alle, L yli, VT alle, PT yli

Testitapaus 95	$V_d = 40 \text{ kN}, N_d = -450, h_d = 5$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	36%	36%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	770,35155 N	770,35155 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	114%	114%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	25%	25%
N_d	-450	I	498225000	498225000
V_d	40	Suurin taivutusjännitys	4,06 N/mm ²	4,06 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	89%	89%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
h_d	5	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	105%	105%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	200			
h_{ru}	200			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.9 PV alle, L yli, VT yli, PT alle

Testitapaus 96	$V_d = 40 \text{ kN}, N_d = 300 \text{ kN}, h_d = 5,$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	36%	36%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	770,35155 N	770,35155 N

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	114%	114%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	25%	25%
N_d	300	I	498225000	498225000
V_d	40	Suurin taivutusjännitys	4,06 N/mm ²	4,06 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	89%	89%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	115%	115%
h_d	5	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	25%	25%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	200			
h_{ru}	200			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.10PV alle, L yli, VT yli, PT yli

Testitapaus 97	$V_d = 40 \text{ kN}$, $M_d = 40 \text{ kNm}$, $h_d = 5 \text{ mm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	92%	92%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	1970,3516 N	1970,3516 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	114%	114%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	102%	102%
N_d	3	I	498225000	498225000
V_d	40	Suurin taivutusjännitys	16,26 N/mm ²	16,26 N/mm ²
M_d	40	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	2%	2%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	102%	102%
h_d	5	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	102%	102%

a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	200			
h_{ru}	200			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.11 PV yli, L alle, VT alle, PT alle

KTS. Testitapaus 74.

5.12 PV yli, L alle, VT alle, PT yli

Testitapaus 99	$M_d = 26 \text{ kNm}$ ja $N_d = -200 \text{ kN}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	101%	101%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	2956,7549 N	2956,7549 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	70%	70%
N_d	-200	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	11,13 N/mm ²	11,13 N/mm ²
M_d	26	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	62%	62%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	70%	70%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	108%	108%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			

e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.13PV yli, L alle, VT yli, PT alle

Testitapaus 100	M _d = 26 kNm ja N _d = 200 kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	101%	101%
Käyttöluokka	2	F _{t,90,d}	2956,7549 N	2956,7549 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	70%	70%
N _d	-200	I	472913438	472913438
V _d	5	Suurin taivutusjännitys	11,13 N/mm ²	11,13 N/mm ²
M _d	26	Veto KA	93%	93%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	163%	163%
h _d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	70%	70%
a	200			
l _v	800			
l _A	700			
e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.14PV yli, L alle, VT yli, PT yli

Testitapaus 101	$M_d = 50 \text{ kNm}$			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	153%	153%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	4462,6372 N	4462,6372 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	22%	22%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	134%	134%
N_d	-10	I	472913438	472913438
V_d	5	Suurin taivutusjännitys	21,41 N/mm ²	21,41 N/mm ²
M_d	50	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	134%	134%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	134%	134%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.15PV yli, L yli, VT alle, PT alle

KTS. Testitapaus 79

5.16PV yli, L yli, VT alle, PT yli

Testitapaus 103	V _d = 22,6 ja N _d = -300 kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	227%	227%
Käyttöluokka	2	F _{t,90,d}	6618,179 N	6618,179 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	101%	101%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N _d	-300	I	472913438	472913438
V _d	22,6	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M _d	10	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	93%	93%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
h _d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	114%	114%
a	200			
l _v	800			
l _A	700			
e	202,5			
h _{ro}	127,5			
h _{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.17PV yli, L yli, VT yli, PT alle

Testitapaus 104	V _d = 22,6 ja N _d = 200 kN			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	227%	227%
Käyttöluokka	2	F _{t,90,d}	6618,179 N	6618,179 N

Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	101%	101%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	27%	27%
N_d	200	I	472913438	472913438
V_d	22,6	Suurin taivutusjännitys	4,28 N/mm ²	4,28 N/mm ²
M_d	10	Veto KA	93%	93%
b	90	Puristus KA	0%	0%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	120%	120%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	27%	27%
a	200			
l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

5.18PV yli, L yli, VT yli, PT yli

Testitapaus 105	$V_d = 22,6$ ja $M_d = 40$ kNm			
Lähtötiedot:		Tulokset:		
Nimi	Arvo	Nimi	Odotettu tulos	Saatu tulos
Aikaluokka	keskipitkä	Poikittainen veto KA	292%	292%
Käyttöluokka	2	$F_{t,90,d}$	8500,532 N	8500,532 N
Puutavara	GL24c	Leikkaus KA	101%	101%
Reiän muoto	suorakaide	Taivutus KA	107%	107%
N_d	-10	I	472913438	472913438
V_d	22,6	Suurin taivutusjännitys	17,13 N/mm ²	17,13 N/mm ²
M_d	40	Veto KA	0%	0%
b	90	Puristus KA	3%	3%
h	450	$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	107%	107%
h_d	150	$(\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,d} / f_{m,d}$	107%	107%
a	200			

l_v	800			
l_A	700			
e	202,5			
h_{ro}	127,5			
h_{ru}	127,5			
Lopullinen tulos:		Onnistunut		
Suorituksen tai tuloksen selitys:	Ohjelma ilmoittaa käyttöasteiden ylityksistä.			

6 Varmennustestauksen Vakuutus

Tässä dokumentissa on SKOL:n Eurocode-hankkeen Kymenlaakson ammattikorkeakoulun -toimialaryhmän alaisuudessa toteutetun *palkin reiän mitoitus 0.2* laskentapohjan laskennan oikeellisuuden varmennustestien suoritetut testitapaukset ja niiden tulosten analysointi.

Lähtötietojen raja-arvoanalyysin testitapauksia on: 69 kpl

näistä *epäonnistuneita* testitapauksia on: 0 kpl

Tarkastusehtojen raja-arvoanalyysin testitapauksia on: 20 kpl

näistä *epäonnistuneita* testitapauksia on: 0 kpl

Kombinaatiotestauksen testitapauksia on: 16 kpl

näistä *epäonnistuneita* testitapauksia on: 0 kpl

Puupalkin reiän mitoitus 0.1 -laskentapohjan laskenta ja mitoitus tapahtuu laskentateorioiden ja -perusteiden mukaisesti oikein.

Laskentapohja kattavuus tarkastettu: 28.10.2009

Laskentapohjan oikeellisuuden varmennustestit suunniteltu: 9.10.2009 – 19.10.2009

Laskentapohjan oikeellisuuden varmennustestit suoritettu: 10.10.2009 – 26.10.2009

Varmennustestien suunnittelija ja suorittaja: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

Varmennustestien suunnittelijat ja suorittajat: Valtteri Mäkilä

SKOL:n Eurocode-hankkeen <toimialaryhmän nimi> -toimialaryhmän vetäjä: <nimi>

<Paikka ja raportin hyväksymispäiväys>