



TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Institute of Structural Engineering

TESTAUSRAPORTTI NO. TRT/1901/T/2010
Heinisuo Markku, Rantala Jukka

Ohutlevyn Areco TP 128 testaus TESTAUSRAPORTTI



Tutkimusraportin numero TRT/1901/T/2010 (18 sivua)

Asiakas:

Timo Pekkinen, Finnmap Consulting Oy

Viite:

Tilaus

Dated:

06.09.2010

Tehtävä:

Profiloidun ja perforoidun ohutlevyn ARECO TP 128 testaus

Päivämäärä:

06.09.2010

Tutkijat:

Professori Markku Heinisuo
Tutkija Rantala Jukka
Tampere University of Technology
Department of Civil Engineering
Institute of Structural Engineering
P.O. Box 600
33101 Tampere

Tel: +358 40 596 5826

Fax: +358 3 3115 2161

Toimitus:

TTY:n arkisto, Tilaaja



Sisältö

Sisältö	3
JOHDANTO	4
1. Yleistä	5
2. Testatut kappaleet	5
3. TESTAUS.....	6
3.1 Testimenetelmä 1, tasainen kuormitus.....	6
3.2 Testimenetelmä 2, pistekuorma keskellä.....	9
Kuva 3.9 Testimenetelmän 2 koejärjestelystä (pistekuorma keskellä, jatkettu pelti).....	11
4. Koetulosten korjauskertoimet	12
5. Testien tulokset	13
5.1 Paksuus ja vetolujuus	13
5.2 Momenttikestävyys ja taivutusjäykkyys	14
5.3 Tukikestävyys	15
6. Johtopäätökset.....	18
7. Viitteet	18
Liite A, Vetokokeiden tulokset	
Liite B, Testimenetelmän 1 (tasainen kuormitus) tulokset	
Liite C, Testimenetelmän 2 (pistekuorma keskellä) tulokset	
Liite D, Valmistajan tuotetiedot	



JOHDANTO

Tämä raportti käsittelee kokeita jotka suoritettiin kesällä 2010 Tampereen teknillisessä yliopistossa Rakennustekniikan laitoksella. Testit tehtiin profiloitun ja perforoidun ohutlevyn ARECO TP 128 0.8 mm paksuudelle. Raportti sisältää kokeiden tulokset sekä niistä lasketut kestävyysarvot. Testit ja niiden tulosten määrittely tehtiin EN 1993-1-3, liitteen A:n mukaisesti (kylmämuokattujen rakenteiden lujuusarvojen määrittäminen testaamalla).

Kiitämme tilaajaa mielenkiintoisesta tehtävästä.

Tampere 06.09.2010

1. Yleistä

Tutkittava tuote:

Tavoite oli määrittää mitoitusarvot ARECO TP 128 ohutlevylle joka oli uumasta perferoitu ja jonka paksuus oli 0.8 mm. Ohutlevyt oli toteutetusta kohteesta purettuja kattolevyjä.

Testimenetelmä:

Testit tehtiin EN 1993-1-3 Liite A mukaisesti. Koejärjestyksessä 1 (tasainen kuormitus) määritettiin rakenteen momenttikestävyys ja taivutusjäykkyys. Välitukikestävyys ja momentin ja tukikestävyuden yhteisvaikutus pyrittiin määrittämään koejärjestyksellä 2 (pistekuorma keskellä).

Kokeiden tulosten korjaus:

Mikäli olisi haluttu selvittää tuotteelle mitoitusarvoja jotka pätevät yleisesti kyseiselle tuotteelle olisi koetuloksia korjattu koekappaleiden paksuudesta ja myötölujuudesta saatavilla korjauskertoimilla. Koska tavoite kuitenkin oli määrittää kestävyys ja jäykkyysarvot tälle nimenomaiselle tuote-erälle, jätettiin tuloksista pois em. korjauskertoimet. Paksuudet ja myötölujuus kuitenkin selvitettiin jotta varmistuttiin tuote-erän asianmukaisuudesta myös niiltä osin.

2. Testatut kappaleet

Kokeissa käytetyt peltipituudet on lueteltu alla olevassa taulukossa 2.1

:

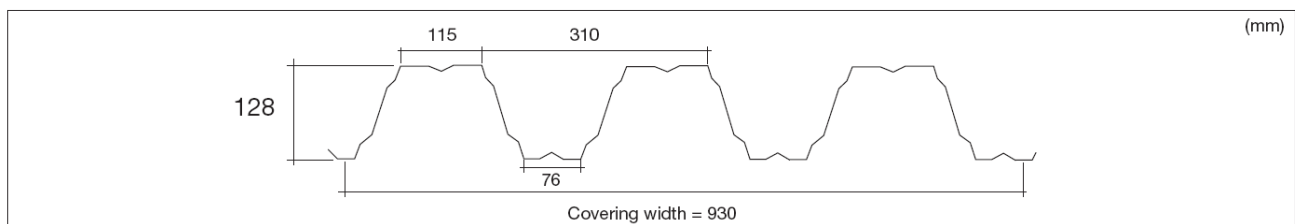
TP 128 0.8 mm	Kappale- määrä	L (mm)
Vetokoe ja paksuusmittauskappaleet	2	2000
Testimenetelmä 1 (tasainen kuormitus)	4	4000
Testimenetelmä 2 (pistekuorma keskellä, jatkuva ohutlevy)	4	2000
Testimenetelmä 2 (pistekuorma keskellä, jatkettu ohutlevy)	4	1550
Testimenetelmä 2 (pistekuorma keskellä, jatkettu ohutlevy)	4	1100

Taulukko 2.1 Kokeissa käytetyt peltipituudet.

Huomioita:

- Testimenetelmä 1 tehtiin leveä laippa tukea vasten (kapea laippa puristettuna)
- Testimenetelmät 2 tehtiin levä laippa tukea vasten (kapea laippa puristettuna)
- Tuote asennetaan normaalisti kapea laippa tukea vasten, tehdyt testit vastaavat välituella vallitsevaa tilannetta (kapea laippa puristettuna)

Testatun tuotteen mitat on esitetty alla olevassa kuvassa 2.1:



Kuva 2.1 Tuotteen mitat.

3. TESTAUS

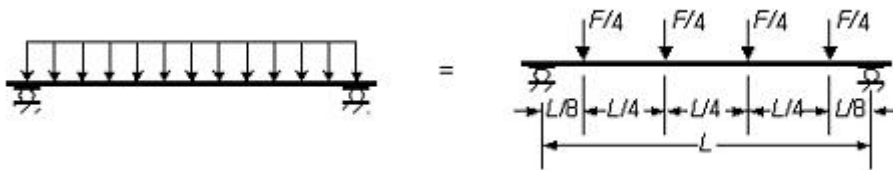
Kaikki testit suoritettiin standardin SFS-EN 1993-1-3 Annex A mukaisesti.

3.1 Testimenetelmä 1, tasainen kuormitus

Testimenetelmästä 1 saatiin seuraavat arvot

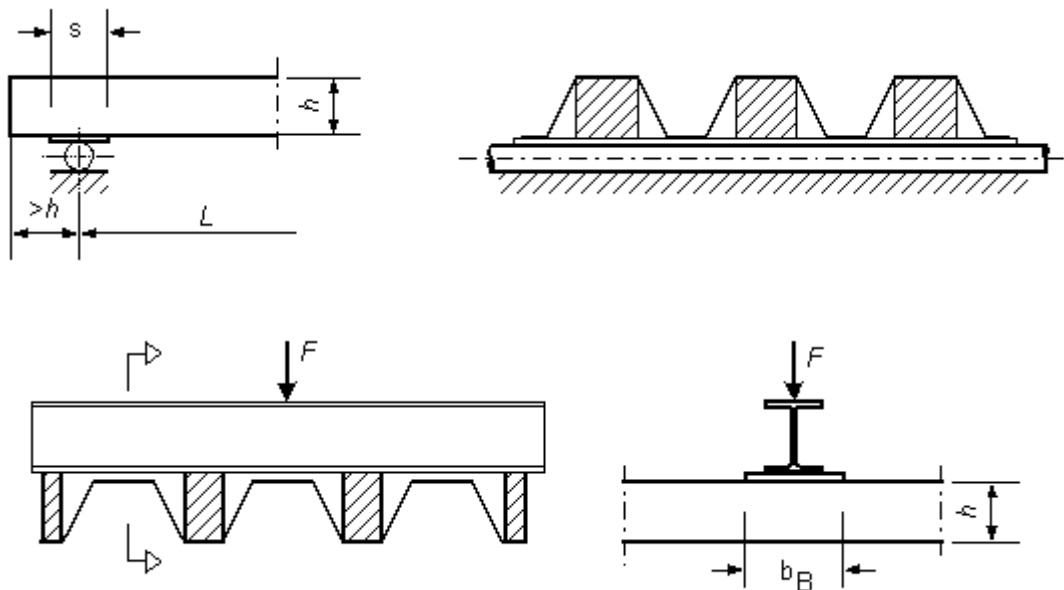
- Momenttikestävyys (kapea laippa puristettuna)
- Taivutusjäykkyys

Tasainen kuormitus mallinnettiin kokeessa standardin SFS-EN 1993-1-3 mukaisesti (kts. alla olevan kuva 3.1):



Kuva 3.1 Tasaisen kuormituksen mallinnus koetilanteessa.

Vääristymisen estämiseksi tuenta oli tuilla järjestetty alla olevan kuvan 3.2 mukaisesti.

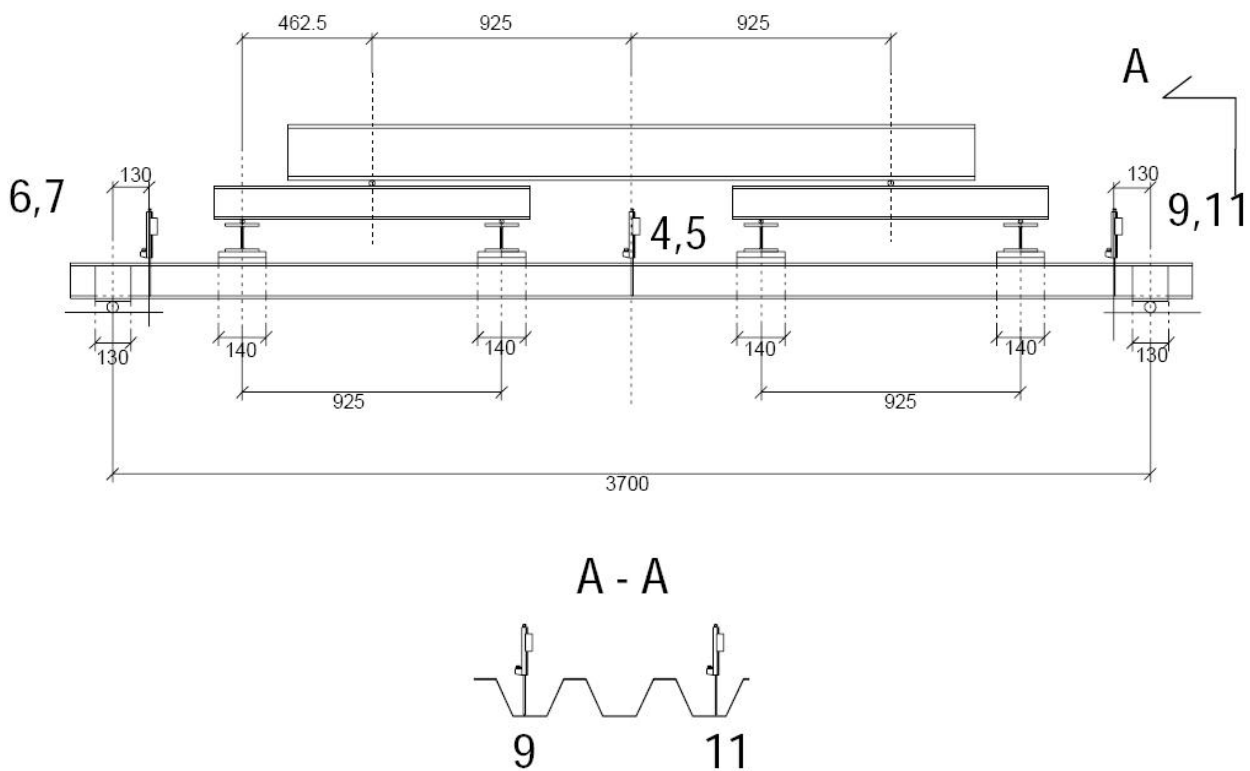


Kuva 3.2 Levyn vääntymisen estävä tukien ja kuormituslinjojen tuenta.

Jänneväli oli kokeessa $L = 3700$ mm. Tukileveys oli $s = 130$ mm (\approx ohutlevyn korkeus 128 mm). Kuormituspisteen leveys oli $b_B = 140$ mm. Ohutlevyn muodon säilyttämiseksi kokeessa sidottiin yläpuolen laipat teräsvanteilla toisiinsa. Koejärjestely ja mittakellojen numerointi on esitetty seuraavilla sivuilla kuvissa 3.3 ja 3.4.

Tunkin kuorma 1 (3)

tunkin siirtymä 2



Ylin kuormanjakopalkki: HEB 180
Väliosan kuormanjakopalkit: HEA 120
Poikittaiset kuormanjakopalkit: HEB 120

Kuva 3.3 Tasaisen kuormituksen kokeen koejärjestelyt ja mittakellojen numerointi.

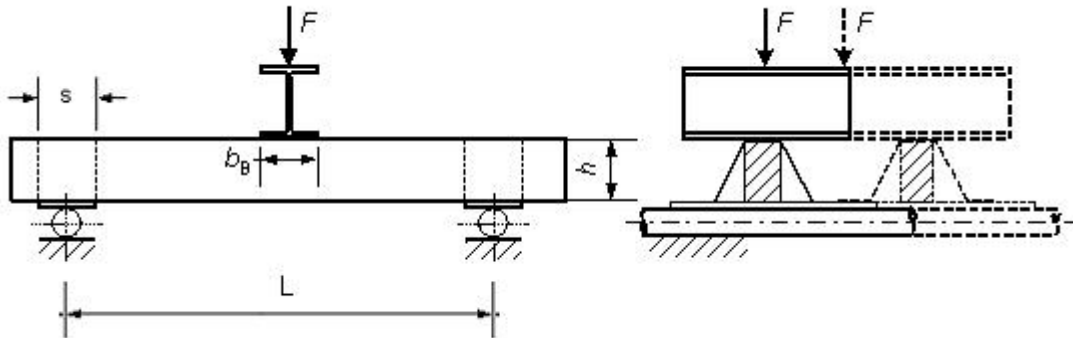


Kuva 3.4 testimenetelmän 1 koejärjestelystä (tasainen kuormitus, leveä laippa tukea vasten)

3.2 Testimenetelmä 2, pistekuorma keskellä

Testimenetelmästä 2 saatiin seuraavat arvot

- Välituen tukivoimatestävyys
- momentin ja välituen tukivoiman yhteisvaikutuskestävyys



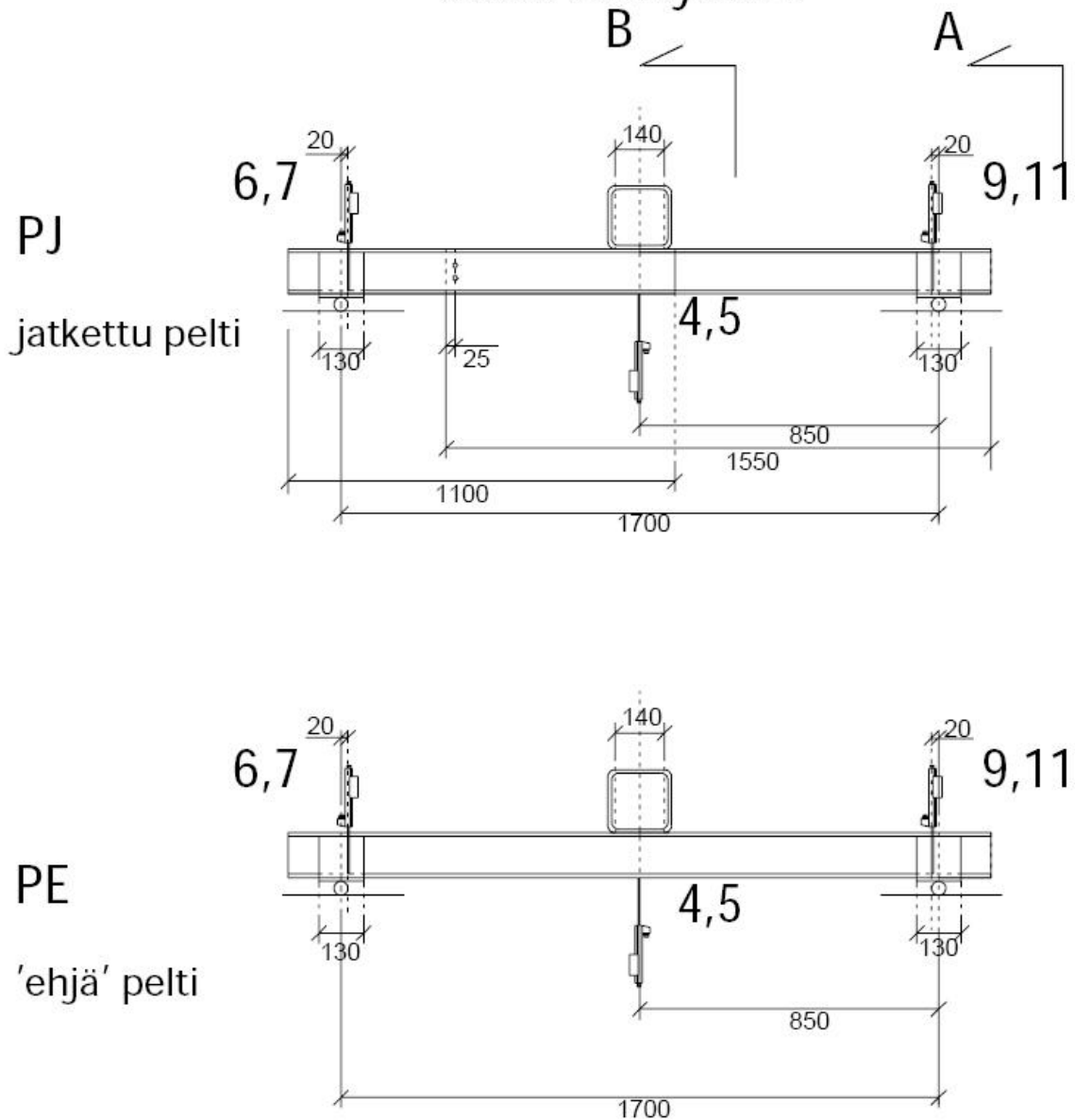
Kuva 3.6 Tukikuormituskokeen mallintaminen laboratorikoeksissa (SFS-EN 1993-1-3, Annex A).

Jänneväli oli kokeessa $L = 1700$ mm. Tukileveys oli $s = 130$ mm (\approx ohutlevyn korkeus 128 mm). Kuormituspisteen leveys oli $b_B = 140$ mm. Ohutlevyn muodon säilyttämiseksi kokeessa sidottiin yläpuolen laipat teräsvanteilla toisiinsa.

Testaus suoritettiin yhtenäiselle jatkuvalle ohutlevylle (4 koekappaletta) ja kuorman kohdalta jatkotulle ohutlevy-yhdistelmälle (4 koekappaletta). Jatkos tehtiin kahdella poraruuvilla 6,3x50 (D7504-KZN) per uuma lomittuvien peltien päistä. Koejärjestely ja mittakellojen numerointi on esitetty seuraavilla sivuilla kuvissa 3.7, 3.8 ja 3.9.

Tunkin kuorma 1 (3)

tunkin siirtymä 2



Kuva 3.7 Pistekuormituskokeen koejärjestelyt ja mittakellojen numerointi yhtenäisellä levyllä (PE) ja jatketulla levyllä (PJ).



Kuva 3.8 Testimenetelmän 2 koejärjestelystä (pistekuorma keskellä, jatkuva pelti).



Kuva 3.9 Testimenetelmän 2 koejärjestelystä (pistekuorma keskellä, jatkettu pelti).



4. Koetulosten korjauskertoimet

Paksuus mitattiin kymmenestä eri kohtaa ja myötölujuus määritettiin 6:lle koekappaleelle (kts. liite A). Myötölujuus määritettiin EN 10002-1, Liite B mukaisesti.

Ominaisarvo R_k voidaan määrittää alla olevalla kaavalla kun näytteitä on 4 tai enemmän:

$$R_k = R_m - k s$$

missä:

s on keskihajonta;

$k = 2.63$;

R_m on keskiarvo korjatuista tulosarvoista R_{adj} .

Korjattu arvo $R_{adj,i}$ näytteelle i määritetään mitatusta arvosta $R_{obs,i}$ kaavalla:

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} / \mu R$$

Vaihtoehtoinen tapa on laskea ominaisarvo seuraavasti:

- R_m on keskiarvo mitatuista arvoista $R_{obs,i}$

- $R_k = (R_m - k s) / \mu R$

Lujuusarvon korjaustermi μR saadaan kaavasta:

$$\mu R = (f_{yb,obs} / f_{yb})^\alpha (t_{obs,cor} / t_{cor})^\beta$$

EkspONENTTI α saadaan seuraavasti:

- jos $f_{yb,obs} \leq f_{yb}$: $\alpha = 0.0$

- jos $f_{yb,obs} > f_{yb}$: $\alpha = 0.5$

EkspONENTTI β saadaan seuraavasti:

- jos $t_{obs,cor} \leq t_{cor}$: $\beta = 1.0$

- jos $t_{obs,cor} > t_{cor}$: $\beta = 2.0$

Tehollinen jäyhyysmomentti:

$$I_k = I_m$$

missä:

I_m on keskiarvo mitatuista jäyhyysmomenteista I_{adj} .

Korjattu arvo $I_{adj,i}$ näytteelle i saadaan mitatusta arvosta $I_{obs,i}$ kaavalla:

$$I_{adj,i} = I_{obs,i} / \mu R$$

missä μR on korjaustermi jäyhyydelle ja saadaan kaavasta:

$$\mu R = (t_{obs,cor} / t_{cor})^\beta$$

EkspONENTTI β saadaan kuten aikaisemmin lujuusarvon korjaustermin yhteydessä.



5. Testien tulokset

5.1 Paksuus ja vetolujuus

Paksuusmittauksien tulokset on esitetty taulukossa 5.1. Tämän raportin liite A sisältää alkuperäisen vetokoetestien tulokset. Taulukossa 5.2 on esitetty näiden kokeiden tulosten yhteenveto. Taulukossa 5.3 on esitetty korjaustermien μR arvo.

Näyte	Nimellis- paksuus	Nimellis- paksuus ilman pinnoitteita	Mitattu paksuus
	mm	mm	mm
1	0,80	0,75	0,75
2	0,80	0,75	0,77
3	0,80	0,75	0,73
4	0,80	0,75	0,74
5	0,80	0,75	0,75
6	0,80	0,75	0,73
7	0,80	0,75	0,74
8	0,80	0,75	0,74
9	0,80	0,75	0,73
10	0,80	0,75	0,74
Ka.	0,80	0,75	0,745

Taulukko 5.1 Paksuusmittausten tulokset (10 mittausta).

Näyte	Nimellinen myötölujuus	mitattu myötölujuus
	N/mm ²	N/mm ²
1	350	339
2	350	392
3	350	389
4	350	368
5	350	378
6	350	366
Ka	350	372

Taulukko 5.2 vetokoetestien tulokset (6 näytettä).

Tuote	Nimellis- paksuus	Korjaus- kerroin μR	Korjaus- kerroin μR
	mm	(lujuusarvot)	(jäykkyys)
TP 128	0,80	1,024	0,993

Taulukko 5.3 Korjaustermien μR arvot.

5.2 Momenttikestävyys ja taivutusjäykkyys

Testimenetelmällä 1 (tasainen kuormitus) saatiin määritettyä momenttikestävyys ja taivutusjäykkyys. Kuormanjakopalkkien ja pellin omapaino lisättiin mitattuun kuormitukseen P . Momenttikestävyys M saatiin kaavalla:

$$M = 0.5 P_{\text{cor}} (L / 2) - 0.25 P_{\text{cor}} (3 L / 8) - 0.25 P_{\text{cor}} (L / 8)$$

, missä:

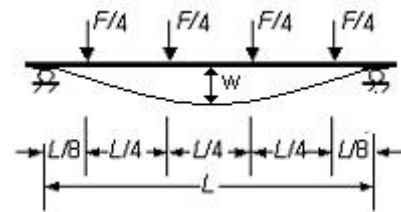
P_{cor} = korjattu kokonaiskuoma
 L = jänneväli

Keskikohdan mitattua taipumaa korjattiin tukien läheisyydessä mitatulla taipumalla. Tehollinen taivutusjäykkyys saatiin kaavalla:

$$I = k_1 P_{0.67} L^3 / (E w_{0.67} B) \quad (\text{cm}^4/\text{m})$$

, missä:

k_1 = 0,0013346
 $P_{0.67}$ = $(2/3) P_{\text{max}}$ (kN)
 L = jänneväli (mm)
 E = 210 000 (N/mm²)
 $w_{0.67}$ = Taipuma kuormalle $P_{0.67}$ (mm)
 B = Tehollinen leveys (m)
 P_{max} = Kokonaiskuorma = F (kN)



Liite B sisältää Momentti-siirtymäkuvaajat sekä kokonaiskuorma-siirtymäkuvaajat.

Alla olevassa taulukossa 5.4 on tummennetulla esitetty ominaisarvojen tulokset (korjauskertoimen μR on 1.0 kaikille tuloksille). Valmistajan ilmoittamat arvot alla tavallisella tekstillä.

	Kapea laippa puristettu				
	Nimellis- paksuus mm	Laskenta- paksuus mm	Myötö- lujuus N/mm ²	Taivutus- jäykkyys cm ⁴ /m	Momentti- kestävyys kNm/m
Mitattu	0,80	0,75	350	252,10	10,19
Valmistajan ilmoittama	0,80	0,75	350	256,96	11,00

Taulukko 5.4 Momenttikestävyys ja taivutusjäykkyyden ominaisarvot.

5.3 Tukikestävyys

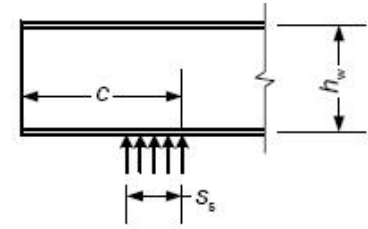
EN 1993-1-3 jakaa tukikestävyiden kahteen kategoriaan:

Kategoria 1:

- Tukireaktio päätytuella $c \leq 1,5 h_w$ (etäisyys vapaasta päästä)

Kategoria 2:

- Tukireaktio päätytuella $c > 1,5 h_w$ (etäisyys vapaasta päästä)
- Tukireaktio välituella.



Kategoria 2 jaetaan kolmeen tapaukseen:

Tapaus 1: $\beta_v \leq 0,2$:

Tapaus 2: $\beta_v \geq 0,3$:

Tapaus 3: $0,2 < \beta_v < 0,3$: lineaarinen interpolointi arvoista of $\beta_v = 0,2$ and $\beta_v = 0,3$.

Missä:

$$\beta_v = (|V_{Ed,1}| - |V_{Ed,2}|) / (|V_{Ed,1}| + |V_{Ed,2}|)$$

$|V_{Ed,1}|$ ja $|V_{Ed,2}|$ ovat absoluuttisia leikkausvoima-arvoja tukireaktion molemmilta puolilta, ja $|V_{Ed,1}| \geq |V_{Ed,2}|$.

Testimenetelmästä 2 saadaan kategorian 2 tapaus 1:n kestävydet tukileveydelle 140 mm. Ominaisarvot muille tukileveyksille voitaisiin arvioida kaavalla:

$$R_{w,Rk} = ([0,5 + (0,02 l_a/t)^{0,5}] / [0,5 + (0,02 140/t)^{0,5}]) R_{w,Rk,140 \text{ mm}}$$

Missä:

t = ohtulevyn laskentapaksuus

l_a = tukileveys

$R_{w,Rk,140 \text{ mm}}$ = ominaisarvo tukileveydelle 140 mm

$R_{w,Rk}$ = ominaisarvo tukileveydelle l_a

Jos olisi haluttu saada myös kategorian 2 tapaus 2:n kestävydet olisi lisäksi pitänyt tehdä päätytukikokeet siten että $c > 192$ mm. Tässä raportissa tyydyttiin kuitenkin tarkastelemaan vain tapauksen 1 tuloksia.

Liite C sisältää seuraavat kuvaajat testimenetelmän 2 tuloksista:

- siirtymä-kuorma kuvaaja jatkuvalle ohutlevylle
- siirtymä-kuorma kuvaaja jatkettulle ohutlevylle



Välituen tukikestävyys kategoriassa 2 tapauksella 1 ($\beta_v \leq 0.2$) ominaisarvo jatkuvalle pellille on esitetty alla (jänneväli = 1700 mm).

Keskiarvo tuloksista:	12,44 kN	
Keskihajonta:	0,366 kN	
Ominaisarvo:	11,47 kN	
Metriä kohden oleva ominaisarvo:	12,33 kN/m	▲
Ominaisarvoa vastaava momentin ominaisarvo:	5,24 kNm/m	

Välituen tukikestävyys kategoriassa 2 tapauksella 1 ($\beta_v \leq 0.2$) ominaisarvo jatkettulle pellille on esitetty alla (jänneväli = 1700 mm).

Keskiarvo tuloksista:	16,77 kN	
Keskihajonta:	0,540 kN	
Ominaisarvo:	15,35 kN	
Ominaisarvoa vastaava momentin ominaisarvo:	6,52 kNm	
Metriä kohden oleva ominaisarvo:	16,51 kN/m	●
Ominaisarvoa vastaava momentin ominaisarvo:	7,02 kNm/m	

Molemmissa tapauksissa (jatkuva/jatkettu ohutlevy) murtotapa oli puristetun laipan lommahdus, joten tukikestävyys on todennäköisesti saatuja arvoja suurempi. Nyt saatu tulos vastaa enemmän tukireaktion ja momentin yhteisvaikutusta. Puhtaan tukireaktiokestävyyden saamiseksi jänneväli tulisi testissä olla lyhyempi (esim. $L = 800$ mm) ja vastaavasti puhtaan momenttikestävyyden saamiseksi jänneväli tulisi testissä olla pidempi (esim. $L = 3700$ mm). Todellisen tukikestävyyden selvittämiseksi tehtiin vielä yksi ylimääräinen koe jännevälillä $L = 800$ mm jatkuvalle ohutlevylle.

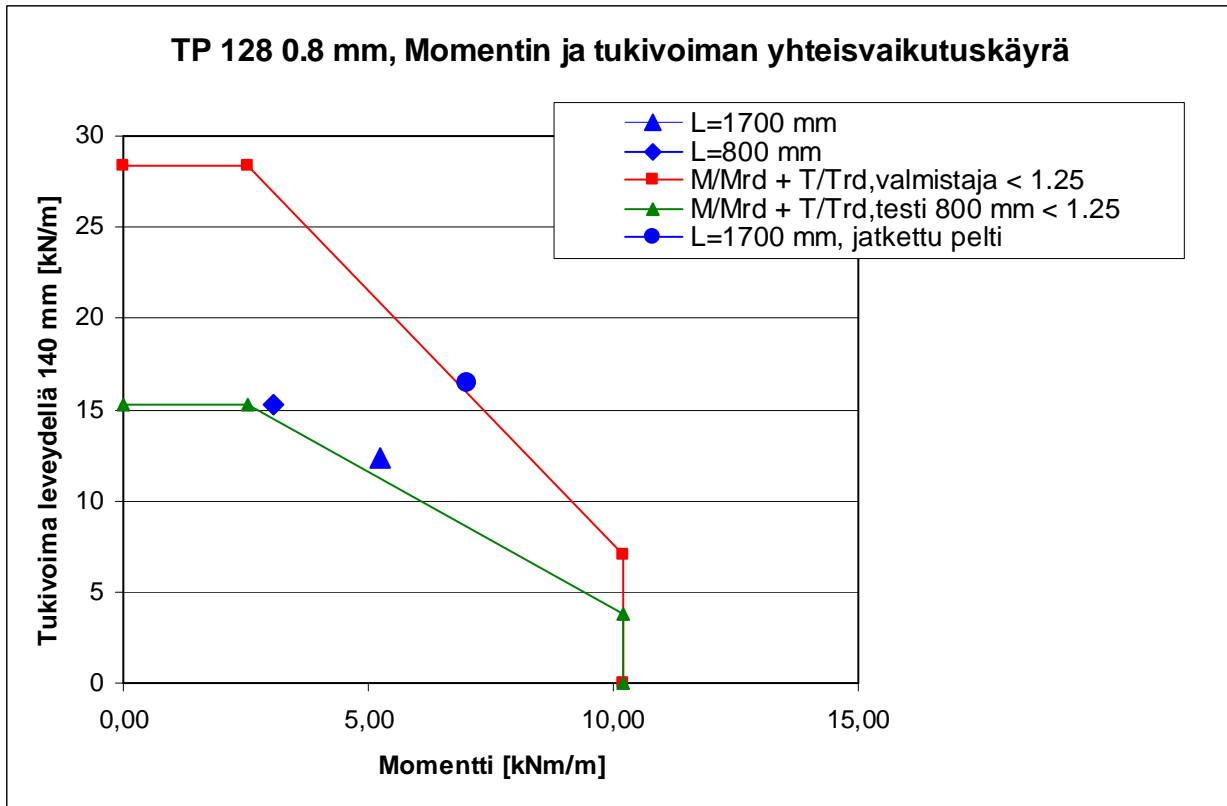
Välituen tukikestävyystestin tulokset jännevälille $L = 800$ mm kategoriassa 2 tapauksella 1 ($\beta_v \leq 0.2$) on esitetty alla.

Metriä kohden oleva tulosarvo:	15,27 kN/m	◆
Tulosarvoa vastaava momentin arvo:	3,05 kNm/m	

Valmistajan taulukosta laskettu tukikestävyys: 28,35 kN/m (kts. liite D)

Jotta voitiin päätellä miten jännevälin $L = 1700$ mm tulokset sopivat momentin ja tukireaktiokestävyyden yhteisvaikutuskaavoihin ($M/M_{rd} + T/T_{rd} < 1.25$) on seuraavalla sivulla esitetty tulosarvot yhdessä yhteisvaikutuskäyrien kanssa. Yhteisvaikutuskäyrät on luotu käyttäen valmistajan ilmoittamaa tukireaktiokestävyyttä ja kokeesta saatua tukireaktiokestävyyttä (jännevälillä $L = 800$ mm).

Alla kuvassa 5.1 on esitetty yhteisvaikutuskäyrät perustuen erilliseen $L = 800$ mm jännevälin testiin ja valmistajan ilmoittamaan tukireaktiokestävyyteen. Sinisten mitoituspisteiden pitäisi sijaita yhteisvaikutuskäyrän oikealla/yläpuolella.



Kuva 5.1 Testien tulosarvot yhdessä yhteisvaikutuskäyrien kanssa.

Vain jatkettun ohutlevyn ($L = 1700$ mm) tulokset ylätävät valmistajan ilmoittaman tukireaktiokestävyyden mukaiseen yhteisvaikutustulokseen. Muut jännevälin $L = 1700$ mm tulokset mukailevat jännevälin $L = 800$ mm mukaista tukireaktiokestävyyttä. Kokeessa jatkoskiinnikkeet (= poraruuvit) eivät pettäneet vaan murtotapa oli kuten muissakin tilanteissa puristetun laipan lommahdus.



6. Johtopäätökset

Momentti- ja taivutusjäykkyydet vastaavat likimain valmistajan ilmoittamia arvoja (momenttikestävyydellä n. 7% huonompi tulos ja taivutusjäykkyydellä n. 2% huonompi tulos), mutta tukikestävyys jää selvästi alemmaksi kuin valmistajan ilmoitus (46 % huonompi tulos). Koska valmistajan mitoitusarvot on tarkoitettu Ruotsin BKR 99:ä varten voi mitoitusarvojen määrittäminen olla erilaiset tai sitten perforointi vaikuttaa valmistajan ilmoittamaa 12% pienennystä enemmän tukireaktiokestävyydessä.

Tampereella 6.9.2010

Markku Heinisuo, TkT, Professori

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
PL 600, 33101 Tampere

Jukka Rantala, TkT, Vanhempi tutkija

Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustekniikan laitos
PL 600, 33101 Tampere

7. Viitteet

EN 1993-1-3, Eurocode 3: General rules Supplementary rules for cold-formed members and sheeting, 2004

EN 10002 Metallic materials - Tensile testing: Part 1: Method of test (at ambient temperature)



Liite A, Vetokoetulokset ARECO TP 128 0.8 mm pellille (01.09.2010)



TESTAUSSELOSTE TEST REPORT

04230

Sivu/Page 1/1
Liitteet/Appendices
1

Tilaja Purchaser	Laskutusos. Invoicing address	Tulo Arrival	Pvm. Date
Tampereen teknillinen yliopisto			01.09.2010
Aleksi Ojala		Testaus Testing	01.09.2010
Korkeakoulunkatu 5		Seloste Report	02.09.2010
PL600			
33101 Tampere			

Asiakkaan projekti nro Client's project no. 110211 RUHA

Koesauvojen irroitus ja valmistus.
Test piece preparation.

Koemenettely Test procedure SFS- EN 10002-1, 2002

VETOKOE TENSILE TEST

Näyte Sample	Dimensions a x b mm (d)	°C	Rp 0.2 MPa	Rm MPa	A 80 %
1	0.79x19.38	+20	339	446	24.8
2	0.79x19.35	+20	392	525	22.5
3	0.78x19.35	+20	389	525	21.9
4	0.78x19.42	+20	368	479	24.2
5	0.79x19.42	+20	378	514	22.3
6	0.79x19.37	+20	366	476	24.4

Mittauksen epävarmuus
Uncertainty of measurement

Rch, Rel, Rp0,2, Rm : ± 3 % (2 S) A : ± 3 % (2 S)

Testitulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Selosteen osittainen kopioiminen on kielletty ilman aineenkoetuslaitoksen lupaa.
Test results relate only to the items tested. Report shall not be reproduced except in full without the approval of the testing laboratory.

RAUTARUUKKI OYJ

Ruukki Metals
Raahen terästehdas, Raane Steelworks
Testaus ja tarkastus, Testing and Inspection

ARTO VIIRRET

Testauksen valvoja Supervisor of testing

Ulkopuolinen valvoja Stamp of surveyor



9126-41

Ryhmän nimi Division Name Ruukki Metals	Osoite Address (Rautaruukintie 155) PL 93, P.O. Box 93 FIN-92101 RAAHE, FINLAND	Puhelin Telephone 020 5911 + 358 20 5911	Telekopio Telefax 020 59 24384 + 358 20 59 24384	Y-tunnus Business ID 0113276-9
Yhtiön nimi Company Name RAUTARUUKKI OYJ	Kotipaikka Registered Office HELSINKI	Internet www.ruukki.com		ALV nro VAT No. FI 01132769

POSTAL ADDRESS
P.O. Box 600
FI-33101 TAMPERE

TEL.
+358 3 3115 11

FAX
+358 3 3115 2811

EMAIL
forename.surname@tut.fi
www.tut.fi/rtek/en



T002

Testausseloste
Test Report 04230

PÄTEVYYSSALUE/SCOPE OF ACCREDITATION

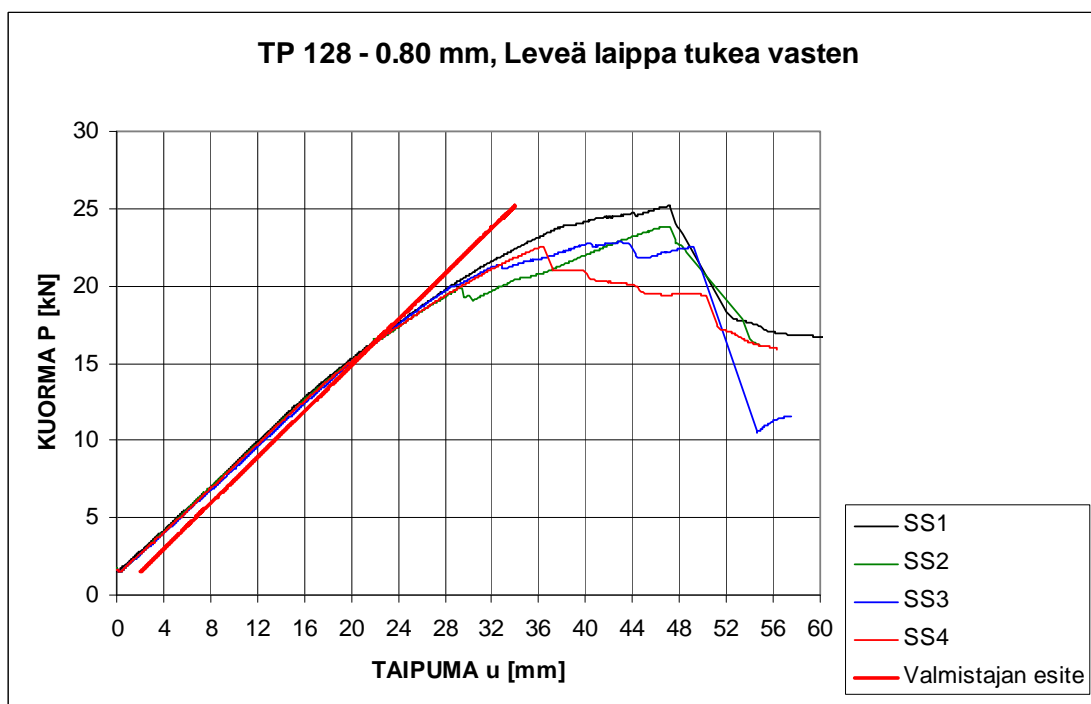
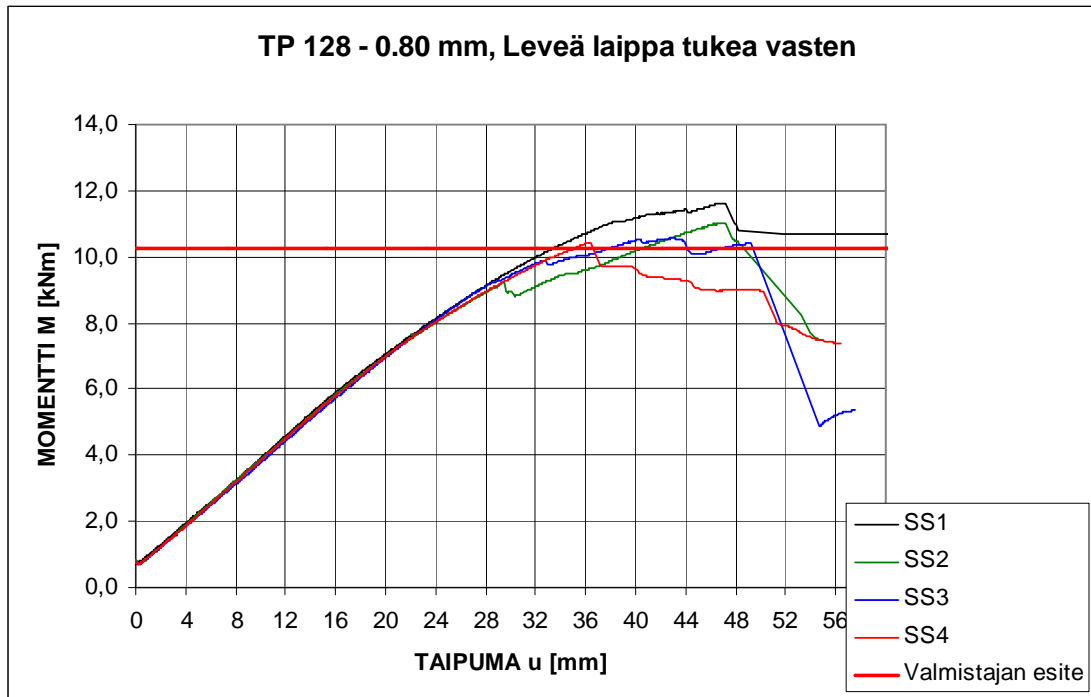
Liitteet
Appendice

Materiaali/tuote jota testataan Material/products tested	Testityyppi, mitta-alue Type of test Measured range	Testausmenetelmä Test method
Metalliset materiaalit Metallic materials	Tensile Testing/ Vetokoe	SFS-EN 10002-1: 2002 ISO 6892: 1998
	Tensile testing at elevated temperature/ Korotettu lämpötila	SFS-EN 10002-5: 1992 ISO 783: 1989
	Charpy impact test/Iskukoe Charpy-V Charpy-U	SFS-EN 10045-1: 1990 ISO 148: 1983 ISO 83: 1976
	Hardness test - Vickers test/kovuuskoe	SFS-EN ISO 6507-1: 2006
	Hardness test - Rockwell test, kovuuskoe	SFS-EN ISO 6508-1: 2006
	Brinellin kovuuskoe Hardness test Brinell	SFS-EN ISO 6506-1: 2006
	COD-koe COD-test	BS 7448: Part 1: 1991
	DWTT	ASTM E 436/2003
	Drop-weight test to determine Nil-ductility transition temperature (Pellini test)	ASTM E 208-95a STAHL-EISEN-PRÜFBLATT 1325: 1982
	Bend test/Taivutusko	DIN 50111: 1987 ISO 7438: 2000 SFS-EN 910: 1996
Hitsin mikro- ja makrorakennetutkimus. Macroscopic and microscopic examination of welds	SFS-EN 1321: 1997	



Liite B, Testimenetelmä 1, tasainen kuormitus

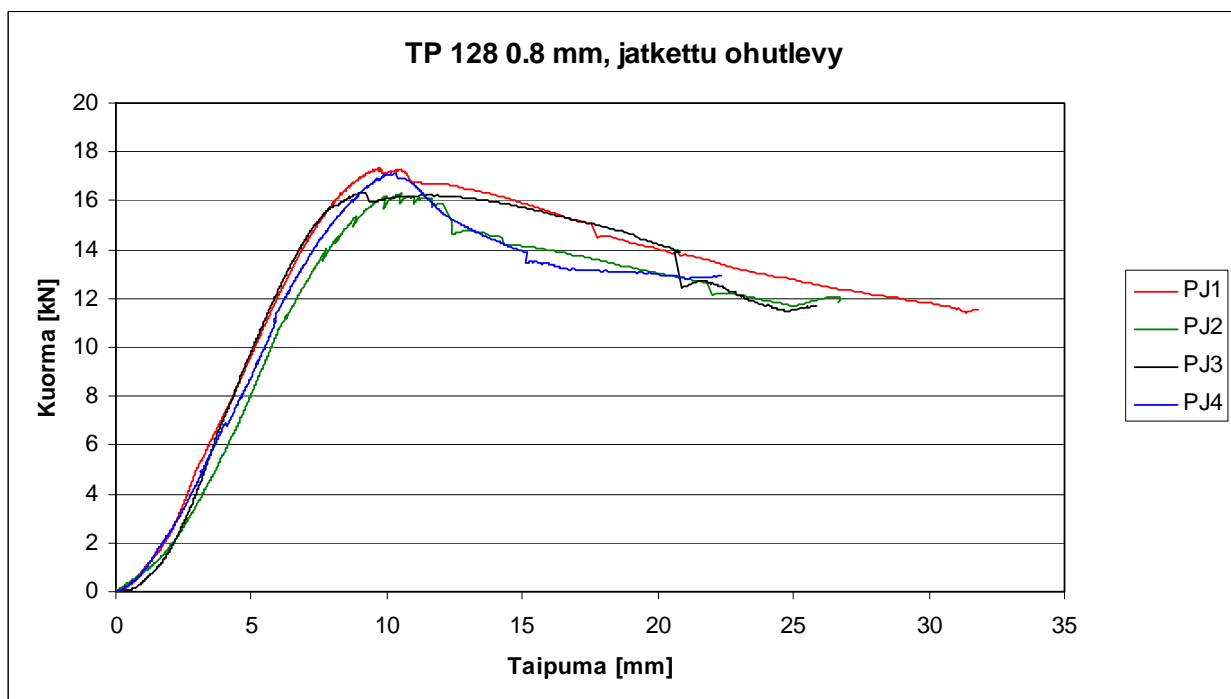
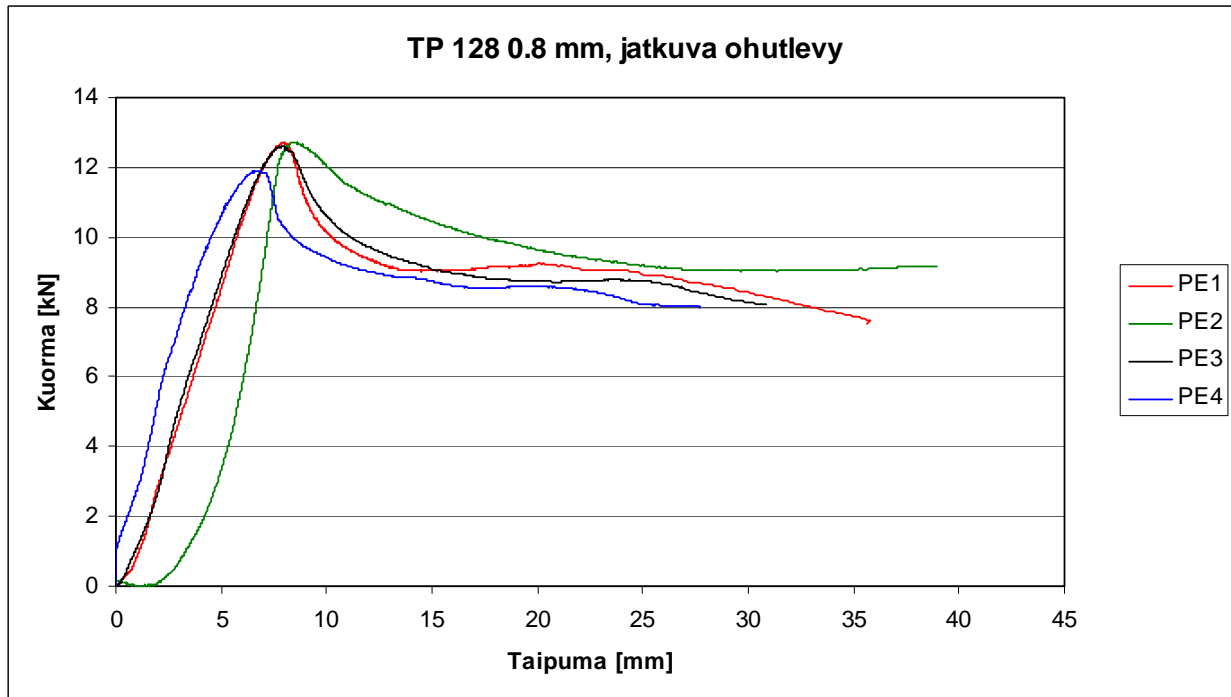
Tarkasteltavalle tuotteelle tehtiin 4 koetta, jonka tulokset on esitetty alla olevissa kuvaajissa. Arvot on peliin tehollista leveyttä kohden ($=0.93 \text{ m}$), vastaavat metriä kohden olevat arvot saataisiin jakamalla esitetty arvot arvolla 0.93.

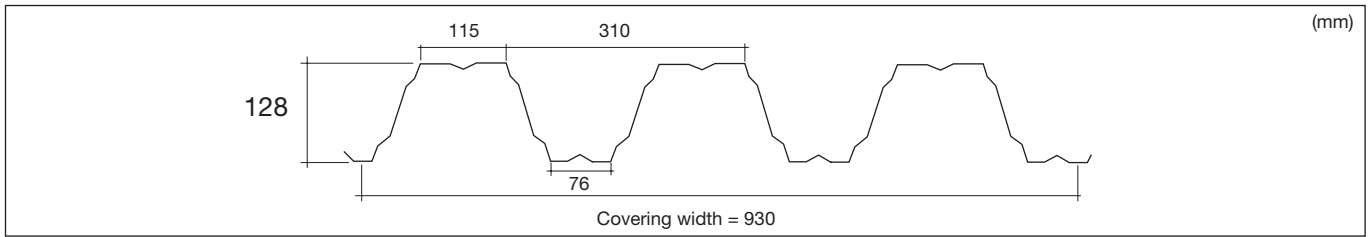




Liite C, Testimenetelmä 2, pistekuorma keskellä

Tarkasteltavalle tuotteelle tehtiin 4 koetta jatkuvalle ohutlevylle ja 4 koetta jatkettulle ohutlevylle. Tulokset on esitetty alla olevissa kuvaajissa. Arvot on pellin tehollista leveyttä kohden ($=0.93$ m), vastaavat metriä kohden olevat arvot saataisiin jakamalla esitetyt arvot arvolla 0.93.





Cross sectional data – calculated for safety class 1

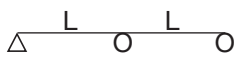
Table 1

Sheet thickness, nominal	t_{nom}	mm	0,7	0,8	0,90	1,00	1,20
Sheet thickness in calculation	t_{ber}	mm	0,655	0,750	0,855	0,940	1,13
Tensile yield stress	f_{ly}	Mpa	350	350	350	350	350
Mass	m	kg/m	8,40	9,60	10,80	12,00	14,40
Selfweight including overlap	g	kN/m ²	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15
Bearing resistance $l_s=100$ mm	R_d	kN/m	21,99	28,59	36,68	43,86	61,78
Bearing resistance $l_s=200$ mm	R_d	kN/m	29,07	37,66	48,11	57,36	80,37
Moment narrow flange	M_d	kNm/m	11,88	14,26	16,66	18,46	22,19
Moment of inertia in compression	I_{efd}	mm ⁴ /mm	2549	2919	3328	3659	4398
Moment broad flange	M_d	kNm/m	9,19	11,46	14,03	16,20	21,30
Moment of inertia in compression	I_{efd}	mm ⁴ /mm	2550	2920	3328	3659	4399

TP 128 web perforated has a 4% lower moment and moment of inertia value as well as a 12% lower bearing resistance value – multiply by 0.96 and 0.88 respectively.

Rapid design – Two section sheeting of safety class 1 and 2

Table 2



Rapid design has been done for snow load and selfweight 0.30 kN/m² + T_p . Roof pitch 0 degrees.

Snow load S_o kN/m ²	Load reduction factor ψ	Maximum span m (L) for different thicknesses and bearer width l_s				
		$t = 0,70$ $L_s = 150$	$t = 0,80$ $L_s = 150$	$t = 0,90$ $L_s = 150$	$t = 1,00$ $L_s = 150$	$t = 1,20$ $L_s = 150$
1,0	0,6	7,58 m	8,47 m	9,28 m	9,86 m	10,70 m
1,5	0,7	6,33 m	7,11 m	7,83 m	8,35 m	9,34 m
2,0	0,7	5,51 m	6,21 m	6,87 m	7,34 m	8,25 m
2,5	0,7	4,91 m	5,56 m	6,16 m	6,60 m	7,45 m
3,0	0,8	4,45 m	5,06 m	5,63 m	6,04 m	6,83 m
4,0	0,8	3,79 m	4,33 m	4,84 m	5,21 m	5,92 m

Explanatory notes to calculations

All data are based on Swedish Board of Housing, Building and Planning design regulations BKR 99 and StBK-N5.

The sheeting should be checked for the following load combinations.

Loadbearing capacity Snow + Selfweight: (1) $Q_d = 1,3 \times \mu \times S_o + G$
Wind suction + Selfweight: (2) $Q_d = 1,3 \times \mu \times q_k - 0,85 \times G$

Deflection Ord. snow + Selfweight: (3) $Q_n = 1,0 \times \mu \times \psi \times S_o + G$

μ = shape factor for snow load and wind load

S_o = basic value of snow load

G = selfweight

q_k = characteristic value of wind load

ψ = load reduction factor for ordinary load

(See table 2)

At pitches greater than 20°, load combinations with wind pressure should also be considered. Accumulation of snow should be considered.

Minimum fastening:

End bearer 2 screw in bottom of each profile

Intermediate, end overlap 1 screw in bottom of each profile

Side overlap Maximum c/c 500 mm

Where the span tables are insufficient, the sheeting should be designed in accordance with the conditions set out below, whereby the dimensioning values for M_d and R_d as per table 1 are divided by partial coefficients specified below for the respective security classes.

		γ_v		
		1	2	3
Field	$M_f \leq M_d$	1,0	1,1	1,2
Intermediate bearer	$M_s - R_s \times l_s/8 \leq M_d$	1,0	1,0	1,09
End bearer	$(M_s - R_s \times l_s/4) / M_d + 0,64 \times R_d/R_d \leq 1,16$	1,0	1,0	1,09
	$R_s \leq R_d$	1,0	1,0	1,09
End bearer	$R_s \leq R_d$ eller $R_d/2$	1,0	1,1	1,2

For end bearers, the design value R_d is the same as for intermediate bearers if the distance from the end of the sheeting to the nearest purlin is greater than 65 mm; otherwise $R_d/2$ applies. For bearer widths of between 100 and 200 mm, R_d is interpolated rectilinearly. For web perforated sheeting, M_d and I_{efd} are multiplied by 0.96 and R_d by 0.88. For sheeting with an extra wave of overlap, M_d , R_d and I_{efd} are multiplied by 1.46. The deflection is checked for L/150. Pay attention to the connecting sections, etc. For other deflection requirements, the specified maximum loads can be adjusted proportionately.

Maximum loads in kN/m²

Table 3

Bearing combination	Thick-ness mm	Limitations	Span L (m)												
			Bearer 100	4,20	4,50	4,80	5,10	5,40	5,70	6,0	6,30	6,60	6,90		7,20
	0,70	Moment Deflection Wind suction	4,17 3,84 5,39	3,63 3,11 4,69	3,19 2,56 4,13	2,83 2,13 3,65	2,52 1,79 3,26	2,26 1,52 2,93	2,04 1,30 2,64	1,85 1,12 2,39	1,69 0,98 2,18	1,54 0,85 2,00	1,42 0,75 1,83	1,31 0,66 1,69	Security class 1
	0,80	Moment Deflection Wind suction	5,20 4,39 6,47	4,53 3,56 5,63	3,98 2,93 4,95	3,52 2,44 4,39	3,14 2,05 3,91	2,82 1,74 3,51	2,55 1,49 3,17	2,31 1,29 2,87	2,10 1,12 2,62	1,93 0,98 2,40	1,77 0,86 2,20	1,63 0,76 2,03	
	0,90	Moment Deflection Wind suction	6,36 5,01 7,56	5,54 4,06 6,58	4,87 3,34 5,78	4,32 2,78 5,12	3,85 2,34 4,57	3,45 1,98 4,10	3,12 1,70 3,70	2,83 1,47 3,36	2,58 1,27 3,06	2,36 1,11 2,80	2,17 0,98 2,57	2,00 0,87 2,37	
	1,00	Moment Deflection Wind suction	7,35 5,50 8,37	6,40 4,46 7,29	5,63 3,67 6,41	4,98 3,05 5,68	4,44 2,57 5,06	3,99 2,18 4,55	3,60 1,87 4,10	3,27 1,61 3,72	2,98 1,40 3,39	2,72 1,22 3,10	2,50 1,08 2,85	2,30 0,95 2,63	
	1,20	Moment Deflection Wind suction	9,66 6,62 10,06	8,41 5,37 8,77	7,40 4,41 7,70	6,55 3,67 6,83	5,84 3,09 6,09	5,24 2,62 5,46	4,73 2,25 4,93	4,29 1,94 4,47	3,91 1,68 4,08	3,58 1,47 3,73	3,29 1,29 3,42	3,03 1,14 3,16	
	0,70	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	3,54 4,16 4,17	3,18 3,70 3,63	2,87 3,32 3,19	2,60 3,00 2,83	2,37 2,72 2,52	2,17 2,48 2,26	2,00 2,26 2,04	1,84 2,08 1,85	1,70 1,92 1,69	1,58 1,77 1,54	1,47 1,64 1,42	1,37 1,53 1,31	Security class 1 and 2
	0,80	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	4,41 5,15 5,20	3,95 4,58 4,53	3,56 4,10 3,98	3,23 3,69 3,52	2,94 3,35 3,14	2,69 3,05 2,82	2,47 2,78 2,55	2,27 2,55 2,31	2,10 2,35 2,10	1,95 2,17 1,93	1,81 2,01 1,77	1,69 1,87 1,63	
	0,90	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	5,37 6,22 6,36	4,80 5,53 5,54	4,32 4,94 4,87	3,91 4,45 4,32	3,55 4,02 3,85	3,25 3,66 3,45	2,98 3,34 3,12	2,74 3,06 2,83	2,53 2,82 2,58	2,35 2,60 2,36	2,18 2,41 2,17	2,03 2,24 2,00	
	1,00	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	6,14 7,08 7,35	5,48 6,28 6,40	4,93 5,61 5,63	4,45 5,04 4,98	4,05 4,56 4,44	3,69 4,14 3,99	3,38 3,78 3,60	3,11 3,46 3,27	2,87 3,18 2,98	2,66 2,94 2,72	2,47 2,72 2,50	2,30 2,52 2,30	
	1,20	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	7,85 8,97 9,66	6,99 7,93 8,41	6,27 7,07 7,40	5,65 6,34 6,55	5,12 5,72 5,84	4,66 5,19 5,24	4,27 4,72 4,73	3,92 4,32 4,29	3,61 3,97 3,91	3,34 3,65 3,58	3,09 3,38 3,29	2,88 3,13 3,03	
	0,70	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	4,25 5,03 5,21	3,81 4,49 4,54	3,44 4,03 3,99	3,13 3,64 3,53	2,86 3,30 3,15	2,62 3,01 2,83	2,41 2,76 2,55	2,23 2,54 2,32	2,06 2,34 2,11	1,92 2,16 1,93	1,78 2,01 1,77	1,67 1,87 1,63	Security class 1 and 2
	0,80	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	5,30 6,24 6,50	4,75 5,56 5,66	4,29 4,98 4,97	3,89 4,50 4,41	3,55 4,08 3,93	3,25 3,71 3,53	2,98 3,40 3,13	2,75 3,12 2,89	2,55 2,88 2,63	2,37 2,66 2,41	2,20 2,47 2,21	2,05 2,29 2,04	
	0,90	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	6,49 7,56 7,95	5,79 6,72 6,93	5,21 6,02 6,09	4,72 5,42 5,39	4,30 4,91 4,81	3,93 4,47 4,32	3,61 4,08 3,90	3,33 3,75 3,53	3,07 3,45 3,22	2,85 3,19 2,95	2,65 2,95 2,71	2,47 2,75 2,49	
	1,00	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	7,41 8,62 9,18	6,62 7,66 8,00	5,96 6,85 7,03	5,39 6,16 6,23	4,90 5,57 5,56	4,48 5,07 4,99	4,11 4,63 4,50	3,78 4,24 4,08	3,49 3,90 3,72	3,24 3,60 3,40	3,01 3,34 3,13	2,80 3,10 2,88	
	1,20	Bearer 100 Bearer 200 Deflection Wind suction	9,50 10,96 12,07	8,47 9,71 10,52	7,60 8,66 9,24	6,86 7,77 8,19	6,23 7,02 7,30	5,68 6,37 6,56	5,20 5,80 5,92	4,78 5,31 5,37	4,41 4,88 4,89	4,08 4,50 4,47	3,78 4,16 4,11	3,52 3,86 3,79	

Explanations

- Moment Loadbearing capacity in field. Dimensioning load case 1.
- Bearer 100 Loadbearing capacity at intermediate bearer with $l_s = 100$ mm. Dimensioning load case 1.
- Bearer 200 Loadbearing capacity at intermediate bearer with $l_s = 200$ mm. Dimensioning load case 1.
- Deflection Deflection L/150. Dimensioning load case 3.
- Wind suction Loadbearing capacity for vertical wind load. Dimensioning load case 2.

*** Subject to alteration without notice ***