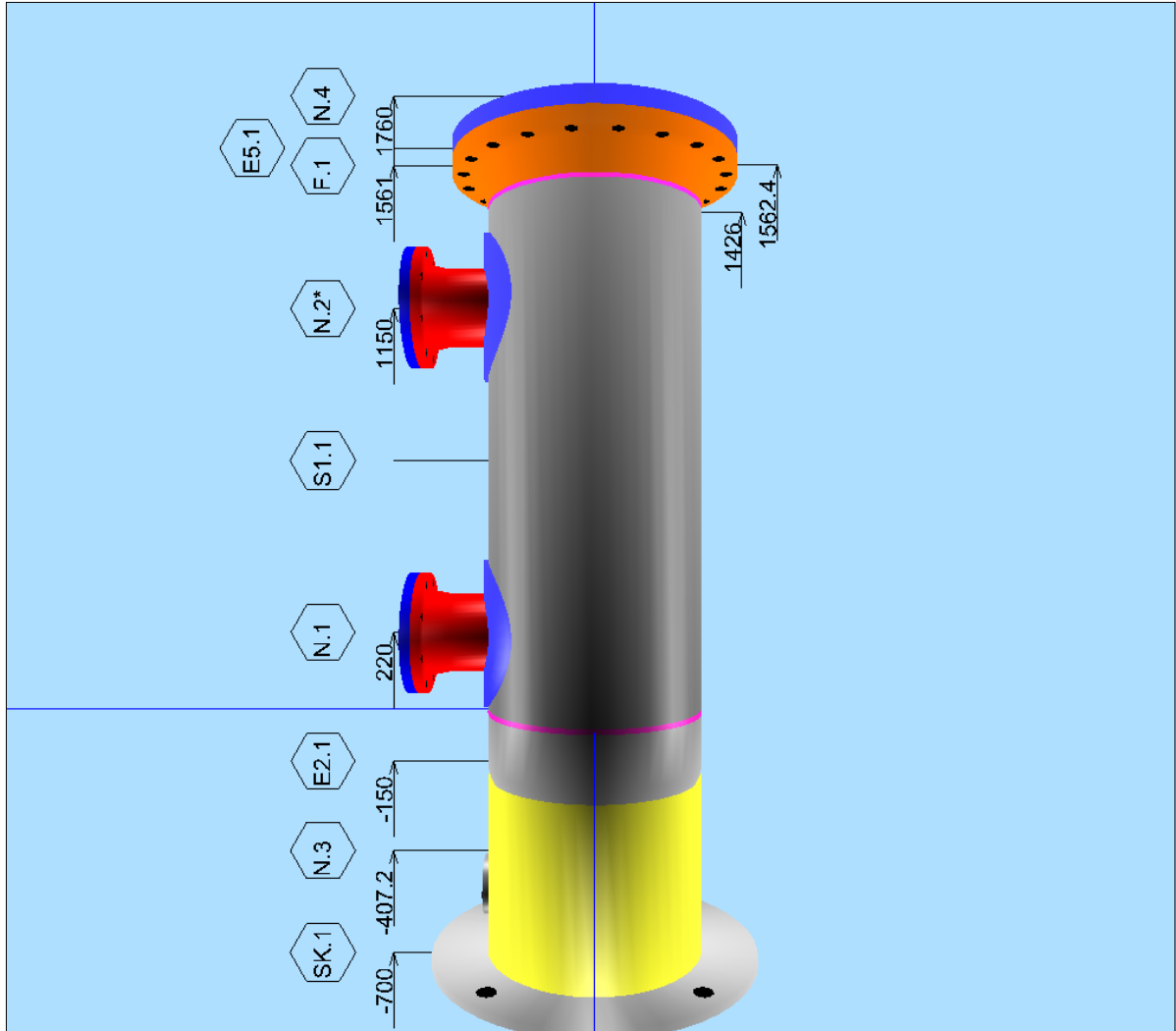


### 3D Piirustus

Säiliön 3D -kuva (vaihda käyttäen komentoa Tallenna käyttäjän määrittelemä näkymä)



### Muutoshistoria

Rev	ID	Osan tyyppi	Osan kuvaus	PVM ja AIKA
A	E2.1	Ellipsipääty	End Cap	16 Nov. 2005 23:44
A	E5.1	Ruuveilla kiinnitet	End Cover	16 Nov. 2005 23:44
A	F.1	WN - Laippa	Flange on Closure	16 Nov. 2005 23:44
A	FA.3	Väsymistarkastelu		16 Nov. 2005 23:45
A	LC.1	Yhteen paikalliset k	Loads on Nozzles N1&N2	16 Nov. 2005 23:45
A	LE.1	Yhteen paikalliset k	Nozzle Loads on N3	16 Nov. 2005 23:45
A	N.1	Yhde, Saumaton putki	Inlet	16 Nov. 2005 23:44
A	N.2*	Yhde, Saumaton putki	Outlet	16 Nov. 2005 23:44
A	N.3	Yhde, Saumaton putki	Drain	16 Nov. 2005 23:44
A	N.4	Yhde, Saumaton putki	Vent	16 Nov. 2005 23:44
A	S1.1	Lieriö	Main Shell	16 Nov. 2005 23:44
A	SK.1	Helmatuki	Skirt Support	16 Nov. 2005 23:45
A	U.1	Käyttäjän määrittele	PIPE	16 Nov. 2005 23:45

A First Issue

24 Nov. 2000 13:13

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File

Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6

Laskija:BOO

Rev.:A

## Suunnitteluarvot & prosessitiedot

Kuvaus	Yksiköt	SUUNNITTELUARVOT
Prosessikortin no: 1		General Design Data
Suunnittelunormi & Spesifikaatiot		13445
Sisäinen suunnittelupaine (MPa)	MPa	1.4
Ulkoisen suunnittelupaine (MPa)	MPa	
Koepaine (MPa)	MPa	
Korkein suunnittelulämpötila (°C)	°C	50
Alin suunnittelulämpötila (°C)	°C	-10
Käyttölämpötila (°C)	°C	
Ohenemisvara (mm)	mm	
Säiliön sisältö		Seawater
Sisällön ominaispaino käytössä		1.05
Normaali nestepinta NLL (mm)	mm	1500

## Säiliön paino & tilavuus

Table :

ID	No.	Paino ei-valmiina	Paino valmiina	Kok.tilavuus	Koestusnesteen paino
S1.1	1	267.0 kg	259.4 kg	0.390 m3	390.0 kg
E2.1	1	66.0 kg	65.7 kg	0.066 m3	66.0 kg
N.1	1	48.0 kg	48.0 kg	0.006 m3	6.0 kg
N.3	1	4.0 kg	4.0 kg	0.000 m3	0.0 kg
F.1	1	112.0 kg	112.0 kg	0.037 m3	37.0 kg
SK.1	1	208.0 kg	208.0 kg	0.000 m3	0.0 kg
E5.1	1	195.0 kg	195.0 kg	0.000 m3	0.0 kg
U.1	1	46.0 kg	46.0 kg	0.000 m3	0.0 kg
N.2*	1	48.0 kg	48.0 kg	0.006 m3	6.0 kg
N.4	1	4.0 kg	4.0 kg	0.000 m3	0.0 kg
:\$12: Total	10	998.0 kg	990.1 kg	0.505 m3	505.0 kg

Table Continued

ID	Sis.paino käytössä
S1.1	401.3 kg
E2.1	69.3 kg
N.1	6.5 kg
N.3	0.2 kg
F.1	39.2 kg
SK.1	0.0 kg
E5.1	0.0 kg
U.1	0.0 kg
N.2*	6.5 kg
N.4	0.0 kg
:\$12: Total	523.1 kg

Säiliön tyhjäpaino 5%:n tarkkuudella.....: 1040 kg

Säiliön kokonaispaino koestuksessa (vedellä)...: 1545 kg

Säiliön kokonaispaino käytössä .....: 1563 kg

## Painopiste

Table :

ID	X-Tyhjä	Y-Tyhjä	Z-Tyhjä	X-Koeponnistus	Y-Koeponnistus	Z-Koeponnistus	X-Käyttö
S1.1	-9	0	713	0	0	713	0
E2.1	0	0	-160	0	0	-126	0
N.1	467	0	220	386	0	220	386
N.3	0	0	-380	0	0	-348	0
F.1	0	0	1494	0	0	1494	0
SK.1	0	0	-910	0	0	-910	0
E5.1	0	0	1586	0	0	1586	0
U.1	0	0	0	0	0	0	0
N.2*	467	0	1150	386	0	1150	386
N.4	0	0	1731	0	0	1673	0

Table Continued

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File

Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6

Laskija:BOO

Rev.:A

ID	Y-Käyttö	Z-Käyttö
S1.1	0	713
E2.1	0	-126
N.1	0	220
N.3	0	-348
F.1	0	1494
SK.1	0	-187
E5.1	0	1562
U.1	0	0
N.2*	0	1150
N.4	0	1673

PAINOPISTE SURAAVISSA OLOSUhteissa : --- X -- -- Y -- -- Z --  
Tyhjä säiliö ..... : 43 0 538  
Säiliö koestusolosuhteissa (Vesitäyttö) .... : 32 0 579  
Säiliö käyttöolosuhteissa..... : 31 0 580

## Suurin sallittu paine PS

ID	Osan tyyppi	PS uutena ja kylmänä	PS käytössä syöpyneenä
S1.1	Lieriö	8.98 MPa	6.86 MPa
E2.1	Ellipsipääty	8.70 MPa	6.29 MPa
E5.1	Ruuveilla kiinnitet	2.50 MPa	2.20 MPa

Huom: Muut osat voivat rajoittaa PS:ä kuin edellä tarkastellut.

## Koepaine

Suunnittelupaine..... : 1.4 MPa  
Suunnittelulämpötila..... : 50.0 C

ID	Paksuus	Suunnittelu p	Koe p	Vesipatsas	Koep.huipussa	Koep.pohjalla	Max koep.
S1.1	12.7	1.415	2.002	0.017	1.999	2.019	12.823
E2.1	12.7	1.415	2.002	0.020	1.985	2.022	12.434
E5.1	48.0	1.400	2.002	0.002	2.001	2.004	3.572

SÄILIÖN KOEPAINEN - UUTENA, KYLMÄNÄ -PYSTYSUORAAN

A) KOEPAINEN SÄILIÖN HUIPUSSA TP(kaasu) ..... : 2.002 MPa  
B) KOEPAINEN SÄILIÖN POHJALLA TP(Kaasu+vesipatsas) : 2.022 MPa

Suunnittelupaine..... : 1.4 MPa  
Suunnittelulämpötila..... : 50.0 C

ID	Paksuus	Suunnittelu p	Koe p	Vesipatsas	Koep.huipussa	Koep.pohjalla	Max koep.
S1.1	12.7	1.415	2.002	0.009	1.999	2.011	12.823
E2.1	12.7	1.415	2.002	0.009	1.999	2.011	12.434
E5.1	48.0	1.400	2.002	0.010	2.000	2.012	3.572

SÄILIÖN KOEPAINEN - UUTENA, KYLMÄNÄ -VAAKASUORAAN

A) KOEPAINEN SÄILIÖN HUIPUSSA TP(kaasu) ..... : 2.002 MPa  
B) KOEPAINEN SÄILIÖN POHJALLA TP(Kaasu+vesipatsas) : 2.012 MPa

## Materiaaliluettelo

ID	No	Kuvaus	Osan mitat	Materiaalstandardi
E2.1	1	Ellipsipääty-End Cap	De= 609.6, wt= 12.7, h= 157.25	ID 6, 1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and
E5.1	1	Ruuveilla kiinnitett-End Cover	Do= 812.8, wt= 48	ID 6, 1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File

Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6

Laskija:BOO

Rev.:A

ID	No	Kuvaus	Osan mitat	Materiaalstandardi
F.1	1	WN - Laippa-Flange on Closure	OD= 812.8, ID= 590.2, thk= 46, h= 88.75, g1= 36.70	ID 1, ASTM A106B M 0
F.1	20	Ruuvit	1 1/4"(1.25), Ala= 599.35	ID 7, EN 10269:1999, 1.4404 X2CrNiMo17-12-2 bar, bolt
N.1	1	Flange:ANSI B16.5:Class 150 lbs	WN Welding Neck, 1a RF Raised Face	1.4 - Carbon Steel - A515 60, A516 60, A350 LF1
N.1	1	Vahvistuslevy	PAD OD=419, wt= 12.7, width= 100	ID 6, 1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and
N.1	1	Yhde, Saumaton putki-Inlet	8" do=219,wt=12.7,L=227.2,ho=198,PAD OD=419	ID 3, API 5L B Plate M 0
N.2*	1	Flange:ANSI B16.5:Class 150 lbs	WN Welding Neck, 1a RF Raised Face	1.4 - Carbon Steel - A515 60, A516 60, A350 LF1
N.2*	1	Vahvistuslevy	PAD OD=419, wt= 12.7, width= 100	ID 6, 1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and
N.2*	1	Yhde, Saumaton putki-Outlet	8" do=219,wt=12.7,L=227.2,ho=198,PAD OD=419	ID 3, API 5L B Plate M 0
N.3	1	Yhde, Saumaton putki-Drain	2" do=60.3,wt=8.74,L=113.1,ho=100	ID 1, ASTM A106B M 0
N.4	1	Flange:ANSI B16.5:Class 150 lbs	WN Welding Neck, 1a RF Raised Face	1.4 - Carbon Steel - A515 60, A516 60, A350 LF1
N.4	1	Vahvistuslevy		
N.4	1	Yhde, Saumaton putki-Vent	2" do=60.3,wt=3.91,L=150,ho=150	ID 4, ASTM A106B M 0
S1.1	1	Lieriö-Main Shell	De= 609.6, en= 12.7, L= 1426	ID 6, 1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and
SK.1	1	Basing	PL. 24, OD= 926, ID= 496	ID 6, 1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and
SK.1	1	Helmatuki-Skirt Support	Dz= 606Dzb= 606, ez= 6, hz= 512.6475	ID 1, ASTM A106B M 0
SK.1	4	Bolts	M27x3, Area= 427.1	ID 7, EN 10269:1999, 1.4404 X2CrNiMo17-12-2 bar, bolt
U.1	1	Käyttäjän määrittele-PIPE	L=610, Ø=300	

## Huomautukset, varoitukset ja virheilmoitukset

ID & Comp. Description	Huom/Varoitukset/Virheilmoitukset

VIRJEIDEN / VAROITUSTEN LKM. 0

## Yhdetaulukko

ID	Käyttö	KOKO	STANDARDI---LUOKKA--TYYPPI--TIIV.PINTA--SCH
N.1	Inlet	8"	ANSI B16.5 150 lbs WN H-RF Raised Face SCH 80S
N.2*	Outlet	8"	ANSI B16.5 150 lbs WN H-RF Raised Face SCH 80S
N.3	Drain	2"	ANSI B16.5 150 lbs LJ O-RF Raised Face SCH 160
N.4	Vent	2"	ANSI B16.5 150 lbs WN H-RF Raised Face SCH 40

## Yhdevoimat

ID	Kuormituksen kuvaus	Yhdekuormat
LC.1	KuormatN.1	Fz=0/5.483kN,My=0/6.1776,Mx=0/6.1776,Mt=0/6.1776kN
LE.1	KuormatN.3	Fz=0/1.039kN,My=0/.3779,Mx=0/.3779,Mt=0/.3779kNm,F

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File

Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6

Laskija:BOO

Rev.:A

## Osan suurin kuormitusaste - Umax

ID	Osan tyyppi	Umax(%)	Jota Rajoittaa
S1.1	Lieriö	39.5%	Internal Pressure
E2.1	Ellipsipääty	49.4%	Internal Pressure
N.1	Yhde, Saumaton putki	88.8%	ANSI 150lb-Flange Rating(at 50
N.3	Yhde, Saumaton putki	89.2%	ANSI 150lb-Flange Rating(at 50
F.1	WN - Laippa	61.5%	Radial+Hub Stress
SK.1	Helmatuki	19.8%	Min.Thk.of Base Ring
LC.1	Yhteen paikalliset k	51.8%	PhiAll VAHVISTUSLEVYN REUNALLA
LE.1	Yhteen paikalliset k	42.5%	PhiAll YHTEEN ULKOHALKAISIJALL
E5.1	Ruuveilla kiinnitet	81.8%	End Thickness
U.1	Käyttäjän määrittele	65.0%	Utilization Check
FA.3	Väsymistarkastelu	65.6%	SK.1 - 15232 Cycles
N.2*	Yhde, Saumaton putki	88.8%	Nozzle Reinforcement
N.4	Yhde, Saumaton putki	88.0%	ANSI 150lb-Flange Rating(at 50

Osien korkein kuormitusaste Umax = 89.2% N.3 Drain

Osien keskim. kuormitusaste Umean= 64.0%

## Materiaalitiedot/Mekaaniset ominaisuudet

ID	Materiaalin nimi	Lämpöt.	Rm	Rp	Rpt	f_d	f20	ftest	Kimmokerr.	Huom.
1	ASTM A106B M 0 TG1 , , Max.T=999mm, SG=7.85	50	413.8	240	240	160	160	0	0	
2	API 5L B Plate M 0 TG1 , , Max.T=999mm, SG=7.85	50	413.8	240	240	160	160	0	0	
6	1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and TG1 , , Max.T= 60mm, SG=7.85	50	510	318	318	212	212	302.9	209659	
7	EN 10269:1999, 1.4404 X2CrNiMo17-12-2 bar, bolt TG1 , , Max.T=160mm, SG=7.93	50	500	200	200	125	125	187.5	197420	
8	EN 10028-2:2003, 1.0425 P265GH plate and strip, HT:N TG1, CS, Mat.Group:1.1, , Max.T= 16mm, SG=7.85	50	410	265	265	170.8	170.8	252.4	209659	a)
9	EN 10028-2:2003, 1.7335 13CrMo4-5 plate and strip, HT:NT QA TG1, CS, Mat.Group:5.1, , Max.T= 16mm, SG=7.85	55	450	300	293.1	187.5	187.5	285.7	209304	a)
10	EN 10216-2:2002, 1.0425 P265GH seamless tube, HT:N TG1, CS, Mat.Group:1.1, , Max.T= 16mm, SG=7.85	50	410	265	265	170.8	170.8	252.4	209659	a)
12	EN 10216-5, 1.4462 X2CrNiMoN22-5-3 TG1, CS, , Max.T= 30mm, SG=7.93	50	640	450	450	266.7	266.7	428.6	197420	

### Merkinnät

PC : Prosessikortin no

TG : Testausryhmät 1 - 4

Max.T: Maximipaksuus tälle jännitykselle asetettu, 0 tai 999 = Ylkäraja ei ole määritetty

S/C : CS = Seostamaton teräs, SS = Austeniittinen teräs

SG : SG = Ominaispaino (Vedellä = 1.0)

Rm : MIN. MURTOLUJUUS YMPÄRISTÖN LÄMPÖTILASSA

Rp : MIN. MYÖTÖRAJA ympäristön lämpötilassa

Rpt : MIN. MYÖTÖRAJA laskentalämpötilassa

f\_d : SUUNNITTELUJÄNNITYS laskentalämpötilassa

f20 : SUUNNITTELUJÄNNITYS ympäristön lämpötilassa

GRP : 1.1 = Teräkset, joiden min. spesifioitu myötöraja ReH&lt;= 275

GRP : 1.0 = Steels with a specified minimum yield strength ReH &lt;= 460 N/mm2 a and with analysis in %:C &lt;= 0,25, Si &lt;= 0,60, Mn &lt;= 1,70, Mo &lt;= 0,70b,

S &lt;= 0,045, P &lt;= 0,045, Cu &lt;= 0,40b, Ni &lt;= 0,5b, Cr &lt;= 0,3 (0,4 for castings)b, Nb &lt;= 0,05, V &lt;= 0,12b, Ti &lt;= 0,05

GRP : 5.1 = Teräkset, joiden 0,75 % &lt;= Cr &lt;= 1,5 % and "ja" Mo &lt;= 0,7 %

GRP : 5.0 = Cr?Mo steels free of vanadium with C &lt;= 0,35 %c

Note : a = Materiaalien katsotaan täyttävän direktiivin 97/23/EC olennaiset turvallisuusvaatimukset

HT : N = Normalisoitu

HT : NT = Normalisoitu ja päästetty

HT : N = Normalisoitu

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-04 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 7.4.2 LIERIÖ

S1.1 Main Shell 16 Nov. 2005 23:44

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT

PAINEKUORMITUS: Laskenta sisäisellä paineella

PROSESSIKORTTI:

YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm, Pext= 0MPa

SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05

NESTEPATSAS .....:LH 1500.00 mm

### VAIPAN ARVOT

LIERIÖN VALMISTUS: Levymateriaali

HITSIN LUJUUSKERROIN: Testausryhmä 1 (z=1.0)

HALKAISIJAN ALKUARVO: Kuoren ulkohalkaisijaan perustuva laskenta

1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C

Rm=510 Rp=318 Rpt=318 f=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

VAIPAN ULKOHALKAISIJA.....:De 609.60 mm

VAIPAN LIERIÖMÄISEN OSAN PITUUS.....:Lcyl 1426.00 mm

VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:en 12.70 mm

- TOLERANSSI/OHENEMISVARA.....:th 0.00 mm

## LASKENTA-ARVOT

### 7.4.2 - SISÄISEN PAINEEN KUORMITTAMAT LIERIÖT

Vaadittu min. kuoren paksuus ilman lisiä emin :

$emin = De * P / (2 * f * z + P)$  (7.4-2)  
=609.6\*1.4155/(2\*212\*1+1.4155)= 2.03 mm

Vaadittu kuoren paksuus lisineen. :

$emina = emin + c + th = 2.03 + 3 + 0 =$  5.03 mm

Laskentapaksuus

$ea = en - c - th = 12.7 - 3 - 0 =$  9.70 mm

»7.4.1 Soveltamisrajoitus  $emin/De=0.0033 <= 0.16<$  » OK«

»Sisäinen paine  $emina=5.03 <= en=12.7[mm] <$  » (U= 39.5%) OK«

### SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :

Kuoren sisähalkaisija

$Di = De - 2 * ea = 609.6 - 2 * 9.7 =$  590.20 mm

Kuoren keskihalkaisija

$Dm = (De + Di) / 2 = (609.6 + 590.2) / 2 =$  599.90 mm

PS HOT & CORR. (Suunnittelulämpötilassa, syöpyneenä.)

$MAWPHC = 2 * f * z * ea / Dm = 2 * 212 * 1 * 9.7 / 599.9 =$  6.86 MPa

PS NEW & COLD (Huoneenlämpötilassa, uutena)

$MAWPNC = 2 * f20 * z * (ea + c) / Dm$   
 $= 2 * 212 * 1 * (9.7 + 3) / 599.9 =$  8.98 MPa

### MAX KOEPAINE (Uutena, ympäristön lämpötilassa)

$Ptmax = 2 * ftest * ztest * (ea + c) / Dm$   
 $= 2 * 302.86 * 1 * (9.7 + 3) / 599.9 =$  12.82 MPa

### EN13445-5;10.2.3.3 VAADITTU MIN KOEPAINE:Ptmin

UUTENA HUONEENLÄMPÖTILASSA TESTAUSRYHMISSÄ 1, 2 ja 3

$Ptmin = MAX( 1.43 * Pd , 1.25 * Pd * f20 / f )$   
 $= MAX( 1.43 * 1.4 , 1.25 * 1.4 * 212 / 212 ) =$  2.00 MPa

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-04 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 7.4.2 LIERIÖ

S1.1 Main Shell 16 Nov. 2005 23:44

»Koepaine Ptmin=2. <= Ptmax=12.82[MPa] « » (U= 15.6%) OK«

## VAHVISTAMATTOMAN AUKON MAX. HALKAISIJA KUORESSA

Kuoren sisähalkaisija

$$ris = Di / 2 (9.5-3) = 590.2/2 = 295.10 \text{ mm}$$

Kuoren vahvistava pituus

$$Is = \text{Sqr}((2 * ris + ea) * ea) \quad (9.5-2)$$

$$= \text{Sqr}((2 * 295.1 + 9.7) * 9.7) = 76.28 \text{ mm}$$

Suurin sallittu vahvistamaton aukko tarkastettu luvun 9 mukaan

$$dmax1 = (ea * Is * (f - 0.5 * P) / P - ris * Is) / (0.5 * ris + 0.5 * ea) \quad (9.5-7, 22, 23)$$

$$= (9.7 * 76.28 * (212 - 0.5 * 1.4155) / 1.4155 - 295.1 * 76.28) / (0.5 * 295.1 + 0.5 * 9.7)$$

$$= 295.10 \text{ mm}$$

Suurin sallittu aukko, joka ei vaadi vahvistustarkastelua

$$dmax2 = 0.15 * \text{Sqr}((2 * ris + ea) * ea) \quad (9.5-18)$$

$$= 0.15 * \text{Sqr}((2 * 295.1 + 9.7) * 9.7) = 11.44 \text{ mm}$$

Suurin vahvistamattoman aukon halkaisija

$$dmax = \text{MAX}(dmax1, dmax2) = \text{MAX}(295.1, 11.44) = 295.10 \text{ mm}$$

## LASKENTAYHTEENVETO

### 7.4.2 - SISÄISEN PAINEEN KUORMITTAMAT LIERIÖT

Vaadittu min. kuoren paksuus ilman lisiä emin :

$$emin = De * P / (2 * f * z + P) \quad (7.4-2)$$

$$= 609.6 * 1.4155 / (2 * 212 * 1 + 1.4155) = 2.03 \text{ mm}$$

Vaadittu kuoren paksuus lisineen. :

$$emina = emin + c + th = 2.03 + 3 + 0 = 5.03 \text{ mm}$$

»Sisäinen paine emina=5.03 <= en=12.7[mm] « » (U= 39.5%) OK«

### MAX KOEPAIN (Uutena, ympäristön lämpötilassa)

$$Ptmax = 2 * ftest * ztest * (ea + c) / Dm$$

$$= 2 * 302.86 * 1 * (9.7 + 3) / 599.9 = 12.82 \text{ MPa}$$

### EN13445-5;10.2.3.3 VAADITTU MIN KOEPAIN:Ptmin

UUTENA HUONEENLÄMPÖTILASSA TESTAUSRYHMISSÄ 1, 2 ja 3

$$Ptmin = \text{MAX}(1.43 * Pd, 1.25 * Pd * f20 / f)$$

$$= \text{MAX}(1.43 * 1.4, 1.25 * 1.4 * 212 / 212) = 2.00 \text{ MPa}$$

»Koepaine Ptmin=2. <= Ptmax=12.82[MPa] « » (U= 15.6%) OK«

## VAHVISTAMATTOMAN AUKON MAX. HALKAISIJA KUORESSA

Suurin vahvistamattoman aukon halkaisija

$$dmax = \text{MAX}(dmax1, dmax2) = \text{MAX}(295.1, 11.44) = 295.10 \text{ mm}$$

HUOM: EN 10028 MUKAISILLE LEVYILLE 0,3 mm NEG. TOLERANSSI

Tilavuus:0.39 m3 Paino:266.6 kg (SG= 7.85 )

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-04 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 7.5 KUPERAT PÄÄDYT

E2.1 End Cap 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

Liittyy: S1.1 Lieriö Main Shell

Sijainti: z-akselin suunnassa zo= 0

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT

PAINEKUORMITUS: Laskenta sisäisellä paineella

PROSESSIKORTTI:

YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm, Pext= 0MPa

SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05

NESTEPATSAS .....:LH 1500.00 mm

### PÄÄDYN MITAT

Elliptisen päädyn tyyppi: Puoliellipsoidipääty R:h 2:1

HITSIN LUJUUSKERROIN: Testausryhmä 1 (z=1.0)

KUOREN SISÄHALKAISIJA (syöpyneenä).....:Di 590.20 mm

PÄÄDYN LIERIÖMÄISEN OSAN PITUUS.....:Lcyl 150.00 mm

- TOLERANSSI/OHENEMISVARA.....:th 1.00 mm

VALMISTETTU PAKSUUS PÄÄDYSSÄ (syöpymätön).....:en 12.70 mm

### PÄÄDYN MATERIAALITIEDOT

1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C

Rm=510 Rp=318 Rpt=318 f=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

Materiaali ja toimitustila: EI rullavalssattu austeniittinen teräs

### TAIVEALUEEN LÄVISTÄVÄT YHTEET, KOHTA 7.7

Taivealueen yhteet: Ei

## LASKENTA-ARVOT

### 7.5.4 - SISÄISEN PAINEEN KUORMITTAMA ELLIPSIPÄÄTY

$K = Di / (2 * hi) (7.5-18) = 590.2 / (2 * 147.55) = 2.00$

### Soveltamisrajoitukset - Ellipsipääty:

»Geometrian tarkistus  $K=2 < 2.2\llcorner$  » OK«

»Geometrian tarkistus  $K=2 > 1.7\llcorner$  » OK«

### Ellipsipäädyt lasketaan kuten vastaavat kaaripäädyt, joille

$r = Di * (0.5 / K - 0.08) (7.5-19) = 590.2 * (0.5 / 2 - 0.08) = 100.33$

$R = Di * (0.44 * K + 0.02) (7.5-20) = 590.2 * (0.44 * 2 + 0.02) = 531.18$

### 7.5.3.2 Vaadittu min. paksuus

Päädyn vaadittu paksuus kalottialueen kalvojännityksen perusteella

$es = P * R / (2 * f * z - 0.5 * P) (7.5-1)$

$= 1.4155 * 531.18 / (2 * 212 * 1 - 0.5 * 1.4155) = 1.78 \text{ mm}$

$fb = Rpt / 1.5 (7.5-4) = 318 / 1.5 = 212.00 \text{ N/mm2}$

Vaadittu paksuus taiveessa plastisen lommauksen perusteella

$eb = (0.75 * R + 0.2 * Di) * ((P / (111 * fb)) * (Di / r)^{0.825})^{(0.667)} (7.5-3)$

$= (0.75 * 531.18 + 0.2 * 590.2) * ((1.4155 / (111 * 212)) * (590.2 / 100.33)^{0.825})^{(0.667)}$

$= 2.10 \text{ mm}$

### 7.5.3.5 Kertoimen Beta laskentakaavat

$Y = \text{MIN}(emin / R, 0.04) (7.5-9) = \text{MIN}(2.27 / 531.18, 0.04) = 0.0043$

$Z = \text{LOG}(1 / Y) (7.5-10) = \text{LOG}(1 / 0.0043) = 2.37$

$X = r / Di (7.5-11) = 100.33 / 590.2 = 0.1700$

$N = 1.006 - 1 / (6.2 + (90 * Y)^4) (7.5-12)$

$= 1.006 - 1 / (6.2 + (90 * 0.0043)^4) = 0.8453$

$\text{Beta01} = N * (-0.1833 * Z^3 + 1.0383 * Z^2 - 1.2943 * Z + 0.837) (7.5-15)$

$= 0.8453 * (-0.1833 * 2.37^3 + 1.0383 * 2.37^2 - 1.2943 * 2.37 + 0.837) = 0.9815$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-04 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 7.5 KUPERAT PÄÄDYT

E2.1 End Cap 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

$$\text{Beta02} = \text{MAX}(0.5, 0.95 * (0.56 - 1.94 * Y - 82.5 * Y^2)) \quad (7.5-17)$$

$$= \text{MAX}(0.5, 0.95 * (0.56 - 1.94 * 0.0043 - 82.5 * 0.0043^2)) = 0.5227$$

$$\text{beta} = 10 * ((0.2 - X) * \text{Beta01} + (X - 0.1) * \text{Beta02}) \quad (7.5-16)$$

$$= 10 * ((0.2 - 0.17) * 0.9815 + (0.17 - 0.1) * 0.5227) = 0.6603$$

Vaadittu paksuus taapeessa aksisymmetrisen myödon perusteella

$$e_y = \text{beta} * P * (0.75 * R + 0.2 * D_i) / f \quad (7.5-2)$$

$$= 0.6603 * 1.4155 * (0.75 * 531.18 + 0.2 * 590.2) / 212 = 2.28 \text{ mm}$$

Vaadittu päädyn paksuus ilman lisiä emin :

$$e_{\text{min}} = e_{\text{min}} = 2.28 = 2.28 \text{ mm}$$

Vaadittu päädyn paksuus lisineen :

$$e_{\text{mina}} = e_{\text{min}} + c + t_h = 2.28 + 3 + 1 = 6.28 \text{ mm}$$

»Sisäinen paine  $e_{\text{mina}}=6.28 \leq e_n=12.7[\text{mm}] \llcorner \llcorner (U=49.4\%) \text{ OK} \llcorner \llcorner$

Laskentapaksuus

$$e_a = e_n - c - t_h = 12.7 - 3 - 1 = 8.70 \text{ mm}$$

Kuoren ulkohalkaisija

$$D_e = D_i + 2 * (e_n - c) = 590.2 + 2 * (12.7 - 3) = 609.60 \text{ mm}$$

Kuoren keskiahkaisu

$$D_m = (D_e + D_i) / 2 = (609.6 + 590.2) / 2 = 599.90 \text{ mm}$$

## 7.5.3.4 - Päädyn lieriöosan vaadittu paksuus

$$L_{\text{lim}} = 0.2 * \text{SQRT}(D_i * e_{\text{min}}) = 0.2 * \text{SQRT}(590.2 * 2.28) = 7.33 \text{ mm}$$

Koska  $L_{\text{cyl}} > L_{\text{lim}}$ , vaadittu lieriöosan paksuus kohdan 7.4.2 mukaan

Päädyn lieriöosan vaadittu paksuus ilman lisiä

$$e_{\text{cyl}} = P * D_i / (2 * f * z - P) \quad (7.4-1)$$

$$= 1.4155 * 590.2 / (2 * 212 * 1 - 1.4155) = 1.98 \text{ mm}$$

## SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINEN PS :UUTENA, HUONEENL:SSA

$$P_s = 2 * f * z * e_a / (R + 0.5 * e_a) \quad (7.5-6)$$

$$= 2 * 212 * 1 * 11.7 / (528.18 + 0.5 * 11.7) = 9.29 \text{ MPa}$$

$$P_y = f * e_a / (\text{beta} * (0.75 * R + 0.2 * D_i)) \quad (7.5-7)$$

$$= 212 * 11.7 / (0.5542 * (0.75 * 528.18 + 0.2 * 590.2)) = 8.70 \text{ MPa}$$

$$P_b = 111 * f_b * (e_a / (0.75 * R + 0.2 * D_i))^{1.5} * (r / D_i)^{0.825} \quad (7.5-8)$$

$$= 111 * 212 * (11.7 / (0.75 * 528.18 + 0.2 * 590.2))^{1.5} * (100.33 / 590.2)^{0.825} = 18.72 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{max}} (\text{is the least of } P_s, P_y \text{ and } P_b) = P_{\text{max}} = 8.70 \text{ MPa}$$

## SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINEN PS :SUUNNITTELUOLOSUhteissa, SYÖPYNEENÄ

$$P_s = 2 * f * z * e_a / (R + 0.5 * e_a) \quad (7.5-6)$$

$$= 2 * 212 * 1 * 8.7 / (531.18 + 0.5 * 8.7) = 6.89 \text{ MPa}$$

$$P_y = f * e_a / (\text{beta} * (0.75 * R + 0.2 * D_i)) \quad (7.5-7)$$

$$= 212 * 8.7 / (0.5675 * (0.75 * 531.18 + 0.2 * 590.2)) = 6.29 \text{ MPa}$$

$$P_b = 111 * f_b * (e_a / (0.75 * R + 0.2 * D_i))^{1.5} * (r / D_i)^{0.825} \quad (7.5-8)$$

$$= 111 * 212 * (8.7 / (0.75 * 531.18 + 0.2 * 590.2))^{1.5} * (100.33 / 590.2)^{0.825} = 11.93 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{max}} (\text{is the least of } P_s, P_y \text{ and } P_b) = P_{\text{max}} = 6.29 \text{ MPa}$$

## MAX KOEPAINEN (Uutena, ympäristön lämpötilassa)

$$P_s = 2 * f * z * e_a / (R + 0.5 * e_a) \quad (7.5-6)$$

$$= 2 * 302.86 * 1 * 11.7 / (528.18 + 0.5 * 11.7) = 13.27 \text{ MPa}$$

$$P_y = f * e_a / (\text{beta} * (0.75 * R + 0.2 * D_i)) \quad (7.5-7)$$

$$= 302.86 * 11.7 / (0.5542 * (0.75 * 528.18 + 0.2 * 590.2)) = 12.43 \text{ MPa}$$

$$P_b = 111 * f_b * (e_a / (0.75 * R + 0.2 * D_i))^{1.5} * (r / D_i)^{0.825} \quad (7.5-8)$$

$$= 111 * 302.86 * (11.7 / (0.75 * 528.18 + 0.2 * 590.2))^{1.5} * (100.33 / 590.2)^{0.825} = 26.75 \text{ MPa}$$

$$P_{\text{max}} (\text{is the least of } P_s, P_y \text{ and } P_b) = P_{\text{max}} = 12.43 \text{ MPa}$$

## EN13445-5;10.2.3.3 VAADITTU MIN KOEPAINEN:Ptmin

UUTENA HUONEENLÄMPÖTILASSA TESTAUSRYHMISSÄ 1, 2 ja 3

$$P_{\text{tmin}} = \text{MAX}(1.43 * P_d, 1.25 * P_d * f_{20} / f)$$

$$= \text{MAX}(1.43 * 1.4, 1.25 * 1.4 * 212 / 212) = 2.00 \text{ MPa}$$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-04 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 7.5 KUPERAT PÄÄDYT

E2.1 End Cap 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

»Koepaine Ptmin=2. <= Ptmax=12.43[MPa] « » (U= 16.1%) OK«

## Suurin sallittu aukko, joka ei vaadi vahvistustarkastelua , dmax

$$\text{ris} = 0.44 * \text{Di}^2 / (2 * (\text{h} - (\text{en} - \text{c}))) + 0.02 * \text{Di} \quad (9.5-5)$$
$$= 0.44 * 590.2^2 / (2 * (157.25 - (12.7 - 3))) + 0.02 * 590.2 = 531.18 \text{ mm}$$

Kuoren vahvistava pituus

$$\text{Is} = \text{Sqr}((2 * \text{ris} + \text{ea}) * \text{ea}) \quad (9.5-2)$$
$$= \text{Sqr}((2 * 531.18 + 8.7) * 8.7) = 96.53 \text{ mm}$$

Suurin sallittu vahvistamaton aukko tarkastettu luvun 9 mukaan

$$\text{dmax1} = (\text{ea} * \text{Is} * (\text{f} - 0.5 * \text{P}) / \text{P} - \text{ris} * \text{Is}) / (0.5 * \text{ris} + 0.5 * \text{ea}) \quad (9.5-7, 22, 23)$$
$$= (8.7 * 96.53 * (212 - 0.5 * 1.4155) / 1.4155 - 531.18 * 96.53) / (0.5 * 531.18 + 0.5 * 8.7)$$
$$= 274.45 \text{ mm}$$

Suurin sallittu aukko, joka ei vaadi vahvistustarkastelua

$$\text{dmax2} = 0.15 * \text{Sqr}((2 * \text{ris} + \text{ea}) * \text{ea}) \quad (9.5-18)$$
$$= 0.15 * \text{Sqr}((2 * 531.18 + 8.7) * 8.7) = 14.48 \text{ mm}$$

Suurin vahvistamattoman aukon halkaisija

$$\text{dmax} = \text{MAX}(\text{dmax1}, \text{dmax2}) = \text{MAX}(274.45, 14.48) = 274.45 \text{ mm}$$

## LASKENTAYHTEENVETO

### 7.5.4 - SISÄISEN PAINEEN KUORMITTAMA ELLIPSIPÄÄTY

#### 7.5.3.2 Vaadittu min. paksuus

Vaadittu päädyn paksuus ilman lisiä emin :

$$\text{emin} = \text{emin} = 2.28 = 2.28 \text{ mm}$$

Vaadittu päädyn paksuus lisineen :

$$\text{emina} = \text{emin} + \text{c} + \text{th} = 2.28 + 3 + 1 = 6.28 \text{ mm}$$

»Sisäinen paine emina=6.28 <= en=12.7[mm] « » (U= 49.4%) OK«

### SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :UUTENA, HUONEENLT:SSA

$$\text{Pmax} (\text{is the least of } \text{Ps}, \text{Py} \text{ and } \text{Pb}) = \text{Pmax} = 8.7 = 8.70 \text{ MPa}$$

### SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :SUUNNITTELUOLOSUHTEISSA, SYÖPYNEENÄ

$$\text{Pmax} (\text{is the least of } \text{Ps}, \text{Py} \text{ and } \text{Pb}) = \text{Pmax} = 6.29 = 6.29 \text{ MPa}$$

### MAX KOEPAINE (Uutena, ympäristön lämpötilassa)

$$\text{Pmax} (\text{is the least of } \text{Ps}, \text{Py} \text{ and } \text{Pb}) = \text{Pmax} = 12.43 = 12.43 \text{ MPa}$$

### EN13445-5;10.2.3.3 VAADITTU MIN KOEPAINE:Ptmin

UUTENA HUONEENLÄMPÖTILASSA TESTAUSRYHMISSÄ 1, 2 ja 3

$$\text{Ptmin} = \text{MAX}(1.43 * \text{Pd}, 1.25 * \text{Pd} * \text{f20} / \text{f})$$
$$= \text{MAX}(1.43 * 1.4, 1.25 * 1.4 * 212 / 212) = 2.00 \text{ MPa}$$

»Koepaine Ptmin=2. <= Ptmax=12.43[MPa] « » (U= 16.1%) OK«

## Suurin sallittu aukko, joka ei vaadi vahvistustarkastelua , dmax

Suurin vahvistamattoman aukon halkaisija

$$\text{dmax} = \text{MAX}(\text{dmax1}, \text{dmax2}) = \text{MAX}(274.45, 14.48) = 274.45 \text{ mm}$$

Tilavuus:0.07 m3 Paino:65.5 kg (SG= 7.85)

### LASKIJAN KOMMENTTEJA :

User comment at the end of the calculations

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-03 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 10.5 SUORA KANSI

E5.1 End Cover 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:F.1

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

Liittyy: F.1 WN - Laippa Flange on Closure S1.1  
Sijainti: z-akselin suunnassa z1= 1562.35

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT

PROSESSIKORTTI: YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm  
SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05  
NESTEPATSAS .....:LH 0.00 mm

### DATA FOR MATCHING FLANGE(F.1)

KANNEN TYYPPI: Kansi ja tiiviste ruuviympyrän sisäpuolella.

LAIPAN ULKOHALKAISUJA.....:A	812.80 mm
RUUVIKEHÄN HALKAISUJA.....:C	749.30 mm
RUUVIEN LUKUMÄÄRÄ.....:n	20.00
LAIPAN RUUVIREIKIEN HALKAISUJA.....:d	34.90 mm
LAIPAN LASKENN. RUUVIKUORMA.....:W	1101.99 kN
TIIVISTE KUORMAN VAIKUTUSKOHDAN HALKAISUJA.....:G	621.20 mm
TIIVISTE VAKIO taulukosta 3.8-4.....:m	3.75
TIIVISTEEN TEHOLLINEN LEVEYS.....:b	6.90 mm

### KANNEN TIEDOT

VALMISTETTU PAKSUUS PÄÄDYSSÄ (syöpymätön).....:en 48.00 mm  
LAIPAN PAKSUUS (syöpymättömänä).....:e 42.00 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 f=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

## 10.5.2.1 KANNEN MIN. PAKSUUS TIIVISTEEN SISÄPUOLELLA e

Asennusolosuhteet

$$eA = \text{Sqr}(3 * (C - G) / (\text{PI} * G) * (W / f20)) \quad (10.5-3)$$
$$= \text{Sqr}(3 * (749.3 - 621.2) / (3.14 * 621.2) * (1101.99 / 212)) = \underline{\underline{31.99 \text{ mm}}}$$

Käyttöolosuhteet

$$eP = \text{Sqr}((0.31 * G^2 + 3 * (G / 4 + 2 * b * m) * (C - G)) * P / f) \quad (10.5-4)$$
$$= \text{Sqr}((0.31 * 621.2^2 + 3 * (621.2 / 4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) * 1.4 / 212) = \underline{\underline{36.27 \text{ mm}}}$$

Min. paksuus ilman korroosiovaraa emin

$$emin = \text{Max}(eA, eP) \quad (10.5-2) = \text{Max}(31.99, 36.27) = \underline{\underline{36.27 \text{ mm}}}$$

Min. paksuus lisineen e

$$e = emin + c = 36.269 + 3 = \underline{\underline{39.27 \text{ mm}}}$$

»Päädyn paksuus en=48 >= e=39.269«      »(U= 81.8%) OK«

## 10.5.2.2 LAIPPAOSAN MIN. PAKSUUS e1

$$eP1 = \text{Sqr}(3 * (G / 4 + 2 * b * m) * (C - G) * P / f) \quad (10.5-6)$$
$$= \text{Sqr}(3 * (621.2 / 4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2) * 1.4 / 212) = \underline{\underline{22.92 \text{ mm}}}$$

$$e1 = \text{Max}(eA, eP1) = \text{Max}(31.99, 22.92) = \underline{\underline{31.99 \text{ mm}}}$$

»Laippaosan paksuus. eb=42 >= e1=31.994«      »(U= 76.1%) OK«

## 10.5.1.2 VAATIMUKSET RUUVIJAOLLE

Max ruuvijako

$$tBmax = 2 * d + 6 * (eb - c) / (0.5 + m) \quad (10.5-1)$$
$$= 2 * 34.9 + 6 * (42 - 3) / (0.5 + 3.75) = \underline{\underline{124.86 \text{ mm}}}$$

Todellinen ruuvijako

$$tBact = \text{PI} * C / n = 3.14 * 749.3 / 20 = \underline{\underline{117.70 \text{ mm}}}$$

»Ruuvijaon tarkistus tBact=117.7 <= tBmax=124.86«      » OK«

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-03 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 10.5 SUORA KANSI

E5.1 End Cover 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:F.1

**SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :UUTENA, HUONEENLT:SSA**

$$P_{max} = ea^2 * f / (0.3 * G^2 + 3 * (G/4 + 2 * b * m) * (C - G))$$

$$= 48^2 * 212 / (0.3 * 621.2^2 + 3 * (621.2/4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) = \underline{\underline{2.50 \text{ MPa}}}$$

**SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :SUUNNITTELUOLOSUHTEISSA, SYÖPYNEENÄ**

$$P_{max} = ea^2 * f / (0.3 * G^2 + 3 * (G/4 + 2 * b * m) * (C - G))$$

$$= 45^2 * 212 / (0.3 * 621.2^2 + 3 * (621.2/4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) = \underline{\underline{2.20 \text{ MPa}}}$$

**MAX KOEPAINE (Uutena, ympäristön lämpötilassa)**

$$P_{max} = ea^2 * f / (0.3 * G^2 + 3 * (G/4 + 2 * b * m) * (C - G))$$

$$= 48^2 * 302.86 / (0.3 * 621.2^2 + 3 * (621.2/4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) = \underline{\underline{3.57 \text{ MPa}}}$$

**EN13445-5;10.2.3.3 VAADITTU MIN KOEPAINE:Ptmin**

UUTENA HUONEENLÄMPÖTILASSA TESTAUSRYHMISSÄ 1, 2 ja 3

$$P_{tmin} = \text{MAX}(1.43 * P_d, 1.25 * P_d * f_{20} / f)$$

$$= \text{MAX}(1.43 * 1.4, 1.25 * 1.4 * 212 / 212) = \underline{\underline{2.00 \text{ MPa}}}$$

»Koeaine Ptmin=2. &lt;= Ptmax=3.57[MPa] «      » (U= 56%) OK«

**LASKENTAYHTEENVETO****10.5.2.1 KANNEN MIN. PAKSUUS TIIVISTEEN SISÄPUOLELLA e**

Min. paksuus ilman korroosiovaraa emin

$$e_{min} = \text{Max}(e_A, e_P) (10.5-2) = \text{Max}(31.99, 36.27) = \underline{\underline{36.27 \text{ mm}}}$$

Min. paksuus lisineen e

$$e = e_{min} + c = 36.269 + 3 = \underline{\underline{39.27 \text{ mm}}}$$

»Päädyn paksuus en=48 &gt;= e=39.269«      » (U= 81.8%) OK«

**10.5.2.2 LAIPPAOSAN MIN. PAKSUUS e1**

$$e_1 = \text{Max}(e_A, e_{P1}) = \text{Max}(31.99, 22.92) = \underline{\underline{31.99 \text{ mm}}}$$

»Laippaosan paksuus. eb=42 &gt;= e1=31.994«      » (U= 76.1%) OK«

**10.5.1.2 VAATIMUKSET RUUVIJAOLLE**

»Ruuvijaon tarkistus tBact=117.7 &lt;= tBmax=124.86«      » OK«

**SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :UUTENA, HUONEENLT:SSA**

$$P_{max} = ea^2 * f / (0.3 * G^2 + 3 * (G/4 + 2 * b * m) * (C - G))$$

$$= 48^2 * 212 / (0.3 * 621.2^2 + 3 * (621.2/4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) = \underline{\underline{2.50 \text{ MPa}}}$$

**SUURIN SALLITTU KÄYTTÖPAINE PS :SUUNNITTELUOLOSUHTEISSA, SYÖPYNEENÄ**

$$P_{max} = ea^2 * f / (0.3 * G^2 + 3 * (G/4 + 2 * b * m) * (C - G))$$

$$= 45^2 * 212 / (0.3 * 621.2^2 + 3 * (621.2/4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) = \underline{\underline{2.20 \text{ MPa}}}$$

**MAX KOEPAINE (Uutena, ympäristön lämpötilassa)**

$$P_{max} = ea^2 * f / (0.3 * G^2 + 3 * (G/4 + 2 * b * m) * (C - G))$$

$$= 48^2 * 302.86 / (0.3 * 621.2^2 + 3 * (621.2/4 + 2 * 6.9 * 3.75) * (749.3 - 621.2)) = \underline{\underline{3.57 \text{ MPa}}}$$

**EN13445-5;10.2.3.3 VAADITTU MIN KOEPAINE:Ptmin**

UUTENA HUONEENLÄMPÖTILASSA TESTAUSRYHMISSÄ 1, 2 ja 3

$$P_{tmin} = \text{MAX}(1.43 * P_d, 1.25 * P_d * f_{20} / f)$$

$$= \text{MAX}(1.43 * 1.4, 1.25 * 1.4 * 212 / 212) = \underline{\underline{2.00 \text{ MPa}}}$$

»Koeaine Ptmin=2. &lt;= Ptmax=3.57[MPa] «      » (U= 56%) OK«

**Ohmtech** Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-03 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 10.5 SUORA KANSI

E5.1 End Cover 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:F.1

Tilavuus:0 m3 Paino:195 kg (SG= 7.85)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

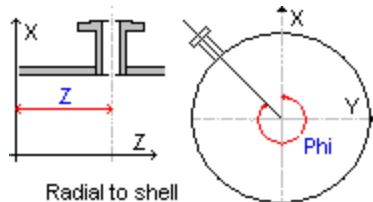
EN13445 - 9.5 KUORIEEN YKSITTÄISET AUKOT

N.1 Inlet 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

Liittyy: S1.1 Lieriö Main Shell



Yhteen sijainti, kulma & korkeus: Säteettäin kuoreen nähden  
yhteen z-koordinaatti kiinnityskohdan akselilla....:z 220.00 mm  
Yhteen akselin kiertymäkulma x-y -tasossa projisoituneena:Phi 0.00 Degr.

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT



Aukon tyyppi: Yhde, johon on liitetty ANSI tai DIN -laippa ja sokea  
PROSESSIKORTTI: YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm  
SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05  
NESTEPATSAS .....:LH 1280.00 mm

### VAIPAN ARVOT (S1.1)

Kuoren tyyppi: Lieriö  
VAIPAN ULKOHALKAISUJA.....:De 609.60 mm  
VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:en 12.70 mm  
- TOLERANSSI/OHENEMISVARA.....:th 0.00 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fs=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

### YHTEEN MATERIAALITIEDOT



Tuotemuoto: Saumaton putki  
API 5L B Plate M 0 THK<=999mm 50'C  
Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 fb=160 f20=160 ftest=0 (N/mm2)

### YHTEEN MITAT



Liittyy: Sisäpintaan tasattu istutettu yhde  
Yhteen/aukon muoto: Pyöreä  
YHTEEN ULKOHALKAISUJA.....:deb 219.00 mm  
YHTEEN VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:enb 12.70 mm  
Laipan ja yhteen koko: 8"  
Kommentti (Valinnainen): SCH 80S  
NEGATIIVINEN TOLERANSSI .....: 12.50 %  
YHTEEN PITUUS MITATTUNA VAIPAN ULKOHALKAISIJASTA.....:ho 198.00 mm

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEEN YKSITTÄISET AUKOT

N.1 Inlet 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## YHDESIJOITTELU

Yhteen hitsin risteää: Yhteen hitsi EI risteää kuoren hitsin kanssa

KULMA PhiC (VINO POIKITTAISSUUNTAAN.) Fig.9.5-2.....:PhiC 0.00 Degr.

KULMA PhiL(VINO PITUUSSUUNTAAN.) Fig.9.5-1.....:PhiL 0.00 Degr.

## LAIPAN TIEDOT

A: Laippastandardi: ANSI B16.5 laipat

E: Paineluokka: ANSI B16.5:Class 150 lbs

C: Laippatyypit: WN Hitsattu kauluslaippa

D: Tiivistepinta / ANSI pinta (Table 3.8.3(2)): 1a RF Raised Face

Laipan materiaalityyppi: 1.4 - Carbon Steel - A515 60, A516 60, A350 LF1

## HITSAUSTIEDOT

Nozzle/Pad to Shell Welding Area:

1.3 - Carbon Steel - A515 65, A516 65 (BS 1501 151/161 430)

## VAHVISTUSLEVYN TIEDOT



Vahvistuslevyn tyyppi: Yksinkertainen levy

VAHVISTUSLEVYN PAKSUUS.....:eap 12.70 mm

VAHVISTUSLEVYN LEVEYS.....:Ip 100.00 mm

1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C

Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fp=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

## VAHVISTUKSEN RAJAT

Vahvistavien alueiden pienennys: Ei tarvita pienennystä

## LASKENTA-ARVOT

### LAIPAN PAINEENKESTO

ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C)= 1.59 MPa, Max.Test Pressure = 2.585 MPa

### ALUSTAVAT LASKELMAT

Kuoren laskentapaksuus eas

eas = en - c - th =12.7-3-0= 9.70 mm

Yhteen laskentapaksuus eab

eab = enb - c - NegDev =12.7-3-1.5875= 8.11 mm

Vahvistuslevyn laskentapaksuus ep

ep = MIN( eap, eas) =MIN(12.7,9.7)= 9.70 mm

Sisäpuolinen kaarevuussäde

ris = De / 2 - eas (9.5-3) =609.6/2-9.7= 295.10 mm

dib = deb - 2 \* eab =219-2\*8.1125= 202.78 mm

Sisäisen paineen vaatima yhteen min paksuus ebp

ebp = P \* deb / (2 \* fb \* z + P)  
=1.4132\*219/(2\*160\*1+1.4132)= 0.9600 mm

Sallitut jännitykset

fob = Min( fs, fb) (9.5-8) =Min(212,160)= 160.00 N/mm2

fop = Min( fs, fp) (9.5-9) =Min(212,212)= 212.00 N/mm2

### GEOMETRISET RAJOITUKSET

»Tarkista vahvikkeen max paksuus eap=12.7 <= 1.5\*eas=14.55[mm] << OK<<

»Tarkista yhteen max. halkaisija dib/(2\*ris)=0.3436 <= .5[mm] << OK<<

»Yhteen min. paksuus ebp=0.96 <= eab=8.1125[mm] << » (U= 11.8%) OK<<

## Vahvistavien pinta-alojen laskenta

### 9.5.3 Vaipan vahvistava pinta-ala Afs

Vahvistava etäisyys kuoressa

Iso = Sqr(( 2 \* ris + eas) \* eas) (9.5-2)

=Sqr((2\*295.1+9.7)\*9.7)= 76.28 mm

Istutettu yhde

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEN YKSITTÄISET AUKOT

N.1 Inlet 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

$$Afs = eas * Is (9.5-20) = 9.7 * 76.28 = \underline{739.94 \text{ mm}^2}$$

## 9.5.5 Vahvistuslevyn pinta-ala Afp

Vahvistava leveys vahvistuslevyissä

$$Ip = \text{Min}(Ip, Is) (9.5-31) = \text{Min}(100, 76.28) = 76.28 \text{ mm}$$

$$ep = \text{Min}(ep, eas) (9.5-32) = \text{Min}(9.7, 9.7) = 9.70 \text{ mm}$$

$$Afp = ep * Ip (9.5-33) = 9.7 * 76.28 = \underline{739.94 \text{ mm}^2}$$

## 9.5.7 Yhteen vahvistava pinta-ala Afb

Vahvistava pituus yhteessä (kuoren ulkopuolella)

$$Ibo = \text{MIN}(\text{Sqr}((deb - eb) * eb), ho) (9.5-39)$$

$$= \text{MIN}(\text{Sqr}((219 - 8.1125) * 8.1125), 198) = 41.36 \text{ mm}$$

Istutettu yhde

$$Afb = eb * (Ibo + Ibi + eas) (9.5-41) = 8.1125 * (41.36 + 0 + 9.7) = \underline{414.24 \text{ mm}^2}$$

## Paineen kuormittamien pinta-alojen laskenta

9.5.7 Yhteessä Apb

$$Apb = 0.5 * dib * (Ibo + eas) (9.5-45) = 0.5 * 202.78 * (41.36 + 9.7) = \underline{5177.06 \text{ mm}^2}$$

Lieriön pituusleikkauksessa Aps

$$ApsL = ris * (Is + a) (9.5-23) = 295.1 * (76.28 + 109.5) = \underline{54824.43 \text{ mm}^2}$$

Lieriön poikkittaisleikkauksessa Aps

$$ApsT = 0.5 * ris^2 * (Is + a) / (0.5 * eas + ris) (9.5-25)$$

$$= 0.5 * 295.1^2 * (76.28 + 112.09) / (0.5 * 9.7 + 295.1) = \underline{27345.06 \text{ mm}^2}$$

$$Aps = \text{MAX}(ApsL, ApsT) = \text{MAX}(54824.43, 27345.06) = \underline{54824.43 \text{ mm}^2}$$

## 9.5.2 Vahvistussäännöt

### Vaadittu painepinta-ala pA(req.)

$$pAREqL = P * (ApsL + Apb) (9.5-7) = 1.4132 * (54824.43 + 5177.06) = \underline{84.79 \text{ kN}}$$

$$pAREqT = P * (ApsT + Apb + 0.5 * Apphi) (9.5-7)$$

$$= 1.4132 * (27345.06 + 5177.06 + 0.5 * 0) = \underline{45.96 \text{ kN}}$$

$$pAREq = \text{MAX}(pAREqL, pAREqT) = \text{MAX}(84.79, 45.96) = \underline{\underline{84.79 \text{ kN}}}$$

### Käytettävissä oleva painepinta-ala pA(aval.)

$$pAAval = (Afs + Afw) * (fs - 0.5 * P) + Afp * (fop - 0.5 * P) + Afb * (fob - 0.5 * P) (9.5-7)$$

$$= (739.94 + 0) * (212 - 0.5 * 1.4132) + 739.94 * (212 - 0.5 * 1.4132) + 414.24 * (160 - 0.5 * 1.4132) = \underline{\underline{378.68 \text{ kN}}}$$

»Yhteen vahvistus pAAval=378.68 >= pAREq=84.79[kN] « » (U= 22.3%) OK«

### Suurin sallittu paine Pmax

$$Pmax = (Afs + Afw) * fs + Afp * fop + Afb * fob / ((Aps + Apb + 0.5 * Apphi) + 0.5 * (Afs + Afw + Afb + Afp)) (10)$$

$$= (0 + 0) * 212 + 739.94 * 212 + 414.24 * 160 / ((54824.43 + 5177.06 + 0.5 * 0) + 0.5 * (739.94 + 0 + 414.24 + 739.94)) = \underline{\underline{6.23 \text{ MPa}}}$$

### Suurin sallittu koepaine P<sub>tmax</sub>

$$Ptmax = == \underline{\underline{7.35 \text{ MPa}}}$$

»ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C) P=1.4132 <= P<sub>Max</sub>(flange)=1.5898[MPa] «» (U= 88.8%) OK«

## LASKENTAYHTEENVETO

Vahvistava etäisyys kuoressa

$$Iso = \text{Sqr}((2 * ris + eas) * eas) (9.5-2)$$

$$= \text{Sqr}((2 * 295.1 + 9.7) * 9.7) = 76.28 \text{ mm}$$

Vahvistava leveys vahvistuslevyissä

$$Ip = \text{Min}(Ip, Is) (9.5-31) = \text{Min}(100, 76.28) = 76.28 \text{ mm}$$

Vahvistava pituus yhteessä (kuoren ulkopuolella)

$$Ibo = \text{MIN}(\text{Sqr}((deb - eb) * eb), ho) (9.5-39)$$

$$= \text{MIN}(\text{Sqr}((219 - 8.1125) * 8.1125), 198) = 41.36 \text{ mm}$$

17 N.1 Yhde, Saumaton putki Inlet

U<sub>max</sub>= 88.8%

Sivu: 16

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEN YKSITTÄISET AUKOT

N.1 Inlet 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## Vaadittu painepinta-ala pA(req)

$$pAReqL = P * (ApsL + A_{pb}) (9.5-7) = 1.4132 * (54824.43 + 5177.06) = \underline{84.79 \text{ kN}}$$

$$pAReqT = P * (ApsT + A_{pb} + 0.5 * A_{pphi}) (9.5-7) \\ = 1.4132 * (27345.06 + 5177.06 + 0.5 * 0) = \underline{45.96 \text{ kN}}$$

$$pAReq = \text{MAX}(pAReqL, pAReqT) = \text{MAX}(84.79, 45.96) = \underline{\underline{84.79 \text{ kN}}}$$

## Käytettävissä oleva painepinta-ala pA(aval)

$$pAAval = (Afs + A_{fw}) * (fs - 0.5 * P) + A_{fp} * (fop - 0.5 * P) + A_{fb} * (fob - 0.5 * P) (9.5-7) \\ = (739.94 + 0) * (212 - 0.5 * 1.4132) + 739.94 * (212 - 0.5 * 1.4132) + 414.24 * (160 - 0.5 * 1.4132) \\ = \underline{\underline{378.68 \text{ kN}}}$$

»Yhteen vahvistus pAAval=378.68 >= pAReq=84.79[kN] « » (U= 22.3%) OK«

## Suurin sallittu paine Pmax

$$P_{max} = (Afs + A_{fw}) * fs + A_{fp} * fop + A_{fb} * fob / ((Aps + A_{pb} + 0.5 * A_{pphi}) + 0.5 * (Afs + A_{fw} + A_{fb} + A_{fp})) (10) \\ = (739.94 + 0) * 212 + 739.94 * 212 + 414.24 * 160 / ((54824.43 + 5177.06 + 0.5 * 0) + 0.5 * (739.94 + 0 + 414.24 + 739.94)) = \underline{\underline{6.23 \text{ MPa}}}$$

»ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C) P=1.4132 <= PMax(flange)=1.5898[MPa] «» (U= 88.8%) OK«

HUOM : Kaava 9.5-32 eap > eas, ep:n max arvo laskennassa on eas

HUOM: Vahvistuslevyn leveys laskennassa on enintään ls = 76.3 mm

Tilavuus:0.01 m3 Paino:48 kg (SG= 7.85 )

## LASKIJAN KOMMENTTEJA :

Detter er en test 2

2

3

4

5

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

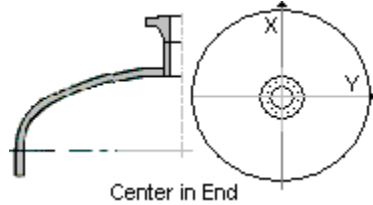
EN13445 - 9.5 KUORIEN YKSITTÄISET AUKOT

N.3 Drain 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:E2.1

## SYÖTTÖARVOT

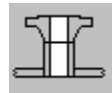
### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

Liittyy: E2.1 Ellipsipääty End Cap S1.1



Yhteen sijainti, kulma & korkeus: Päädyn keskikohta

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT



Aukon tyyppi: Yhde, johon on liitetty ANSI tai DIN -laippa  
PROSESSIKORTTI: YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm  
SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05  
NESTEPATSAS .....:LH 1800.90 mm

### VAIPAN ARVOT (E2.1)

Kuoren tyyppi: Elliptinen ipääty  
VAIPAN ULKOHALKAISUJA.....:De 609.60 mm  
VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:en 12.70 mm  
- TOLERANSSI/OHENEMISVARA.....:th 1.00 mm  
PÄÄDYN SYVYYS SIS. PAKSUUDEN.....:h 157.25 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fs=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

### YHTEEN MATERIAALITIEDOT



Tuotemuoto: Saumaton putki  
ASTM A106B M 0 THK<=999mm 50'C  
Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 fb=160 f20=160 ftest=0 (N/mm2)

### YHTEEN MITAT



Liittyy: Sisäpintaan tasattu istutettu yhde  
Yhteen/aukon muoto: Pyöreä  
YHTEEN ULKOHALKAISUJA.....:deb 60.32 mm  
YHTEEN VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:enb 8.74 mm  
Laipan ja yhteen koko: 2"  
Kommentti (Valinnainen): SCH 160  
NEGATIIVINEN TOLERANSSI .....: 12.50 %  
YHTEEN PITUUUS MITATTUNA VAIPAN ULKOHALKAISIJASTA....:ho 100.00 mm

### YHDESIJOITTELU

Yhteen hitsin risteää: Yhteen hitsi EI risteää kuoren hitsin kanssa  
YHTEEN AKSELIN JA KUOREN NORMAALIN VÄL. KULMA.....:Phi 0.00 Degr.

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEEN YKSITTÄISET AUKOT

N.3 Drain 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:E2.1

## LAIPAN TIEDOT

A: Laippastandardi: ANSI B16.5 laipat  
E: Paineluokka: ANSI B16.5:Class 150 lbs  
C: Laippatyypit: LJ Olakeliitos (irtolaippa)  
D: Tiivistepinta / ANSI pinta (Table 3.8.3(2)): 1a RF Raised Face  
Laipan materiaalityypit: 1.4 - Carbon Steel - A515 60, A516 60, A350 LF1

## HITSAUSTIEDOT

Nozzle/Pad to Shell Welding Area:  
1.3 - Carbon Steel - A515 65, A515 65 (BS 1501 151/161 430)

## VAHVISTUSLEVYN TIEDOT



Vahvistuslevyn tyyppi: Ei vahvistuslevyä

## VAHVISTUKSEN RAJAT

Vahvistavien alueiden pienennys: Ei tarvita pienennystä

## LASKENTA-ARVOT

### LAIPAN PAINEENKESTO

ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C)= 1.59 MPa, Max.Test Pressure = 2.585 MPa

### ALUSTAVAT LASKELMAT

Kuoren laskentapaksuus eas 8.70 mm  
 $eas = en - c - th = 12.7 - 3 - 1 =$   
Yhteen laskentapaksuus eab 4.65 mm  
 $eab = enb - c - NegDev = 8.74 - 3 - 1.0925 =$   
 $Di = De - 2 * (en - c) = 609.6 - 2 * (12.7 - 3) =$  590.20 mm  
 $ris = 0.44 * Di^2 / (2 * (h - (en - c))) + 0.02 * Di$  (9.5-5)  
 $= 0.44 * 590.2^2 / (2 * (157.25 - (12.7 - 3))) + 0.02 * 590.2 =$  531.18 mm  
 $dib = deb - 2 * eab = 60.32 - 2 * 4.6475 =$  51.03 mm  
Sisäisen paineen vaatima yhteen min paksuus ebp  
 $ebp = P * deb / (2 * fb * z + P)$   
 $= 1.4186 * 60.32 / (2 * 160 * 1 + 1.4186) =$  0.2700 mm  
Sallitut jännitykset  
 $fob = \text{Min}(fs, fb) (9.5-8) = \text{Min}(212, 160) =$  160.00 N/mm2

### GEOMETRISET RAJOITUKSET

»Tarkista yhteen max. halkaisija  $dib/De = 0.0837 \leq 0.6$  [mm] « OK«  
»Yhteen min. paksuus  $ebp = 0.27 \leq eab = 4.6475$  [mm] « » (U= 5.8%) OK«  
»Sijainti päädyssä Fig.9.5-4  $L = 274.64 \geq De/10 = 60.96$  [mm] « » OK«

## Vahvistavien pinta-alojen laskenta

### 9.5.3 Vaipan vahvistava pinta-ala Afs

Vahvistava etäisyys kuorella  
 $Iso = \text{Sqr}((2 * ris + eas) * eas)$  (9.5-2)  
 $= \text{Sqr}((2 * 531.18 + 8.7) * 8.7) =$  96.53 mm  
Istutettu yhde  
 $Afs = eas * Iso (9.5-20) = 8.7 * 96.53 =$  839.82 mm2

### 9.5.7 Yhteen vahvistava pinta-ala Afb

Vahvistava pituus yhteensä (kuoren ulkopuolella)  
 $Ibo = \text{MIN}(\text{Sqr}((deb - eb) * eb), ho)$  (9.5-39)  
 $= \text{MIN}(\text{Sqr}((60.32 - 4.6475) * 4.6475), 100) =$  16.09 mm  
Istutettu yhde  
 $Afb = eb * (Ibo + Ibi + eas) (9.5-41) = 4.6475 * (16.09 + 0 + 8.7) =$  115.19 mm2

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEEN YKSITTÄISET AUKOT

N.3 Drain 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:E2.1

## Paineen kuormittamien pinta-alojen laskenta

9.5.7 Yhteessä Apb

$$Apb = 0.5 * dib * (Ibo + eas) \quad (9.5-45) = 0.5 * 51.025 * (16.09 + 8.7) = 632.34 \text{ mm}^2$$

Pallossa / pallopäädyssä Aps

$$Aps = 0.5 * ris^2 * (Is + a) / (0.5 * eas + ris) \quad (9.5-25) \\ = 0.5 * 531.18^2 * (96.53 + 30.18) / (0.5 * 8.7 + 531.18) = 33378.73 \text{ mm}^2$$

## 9.5.2 Vahvistussäännöt

### Vaadittu painepinta-ala pA(req.)

$$pAReq = P * (Aps + Apb + 0.5 * Apphi) \quad (9.5-7) \\ = 1.4186 * (33378.73 + 632.34 + 0.5 * 0) = 48.25 \text{ kN}$$

### Käytettävissä oleva painepinta-ala pA(aval.)

$$pAAval = (Afs + Afw) * (fs - 0.5 * P) + Afp * (fop - 0.5 * P) + Afb * (fob - 0.5 * P) \quad (9.5-7) \\ = (839.82 + 0) * (212 - 0.5 * 1.4186) + 0 * (0 - 0.5 * 1.4186) + 115.19 * (160 - 0.5 * 1.4186) \\ = 195.79 \text{ kN}$$

»Yhteen vahvistus pAAval=195.79 >= pAReq=48.25[kN] « » (U= 24.6%) OK«

### Suurin sallittu paine Pmax

$$Pmax = (Afs + Afw) * fs + Afb * fob / ((Aps + Apb + 0.5 * Apphi) + 0.5 * (Afs + Afw + Afb + Afp)) \quad (10) \\ = 0 * 212 + 115.19 * 160 / ((33378.73 + 632.34 + 0.5 * 0) + 0.5 * (839.82 + 0 + 115.19 + 0)) \\ = 5.70 \text{ MPa}$$

### Suurin sallittu koepaine P<sub>tmax</sub>

$$Ptmax = == 7.37 \text{ MPa}$$

»ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C) P=1.4186 <= P<sub>Max</sub>(flange)=1.5898[MPa] «» (U= 89.2%) OK«

## LASKENTAYHTEENVETO

Vahvistava etäisyys kuoressa

$$Iso = \text{Sqr}((2 * ris + eas) * eas) \quad (9.5-2) \\ = \text{Sqr}((2 * 531.18 + 8.7) * 8.7) = 96.53 \text{ mm}$$

Vahvistava pituus yhteessä (kuoren ulkopuolella)

$$Ibo = \text{MIN}(\text{Sqr}((deb - eb) * eb), ho) \quad (9.5-39) \\ = \text{MIN}(\text{Sqr}((60.32 - 4.6475) * 4.6475), 100) = 16.09 \text{ mm}$$

### Vaadittu painepinta-ala pA(req.)

$$pAReq = P * (Aps + Apb + 0.5 * Apphi) \quad (9.5-7) \\ = 1.4186 * (33378.73 + 632.34 + 0.5 * 0) = 48.25 \text{ kN}$$

### Käytettävissä oleva painepinta-ala pA(aval.)

$$pAAval = (Afs + Afw) * (fs - 0.5 * P) + Afp * (fop - 0.5 * P) + Afb * (fob - 0.5 * P) \quad (9.5-7) \\ = (839.82 + 0) * (212 - 0.5 * 1.4186) + 0 * (0 - 0.5 * 1.4186) + 115.19 * (160 - 0.5 * 1.4186) \\ = 195.79 \text{ kN}$$

»Yhteen vahvistus pAAval=195.79 >= pAReq=48.25[kN] « » (U= 24.6%) OK«

### Suurin sallittu paine Pmax

$$Pmax = (Afs + Afw) * fs + Afb * fob / ((Aps + Apb + 0.5 * Apphi) + 0.5 * (Afs + Afw + Afb + Afp)) \quad (10) \\ = 0 * 212 + 115.19 * 160 / ((33378.73 + 632.34 + 0.5 * 0) + 0.5 * (839.82 + 0 + 115.19 + 0)) \\ = 5.70 \text{ MPa}$$

»ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C) P=1.4186 <= P<sub>Max</sub>(flange)=1.5898[MPa] «» (U= 89.2%) OK«

Tilavuus:0 m3 Paino:3.3 kg (SG= 7.85)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEEN YKSITTÄISET AUKOT

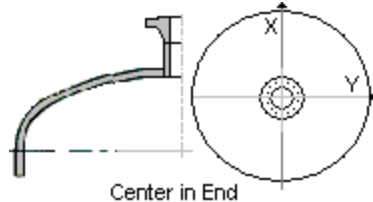
N.4 Vent 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:E5.1

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

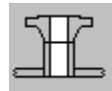
Liittyy: E5.1 Ruuveilla kiinnitett End Cover

F.1



Yhteen sijainti, kulma & korkeus: Päädyn keskikohta

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT



Aukon tyyppi: Yhde, johon on liitetty ANSI tai DIN -laippa

PROSESSIKORTTI: YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm

SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05

NESTEPATSAS .....:LH 0.00 mm

### VAIPAN ARVOT (E5.1)

Kuoren tyyppi: Suora kansi

VAIPPAPUOLEN TIIIVISTEVOIMAN VAIKUTUSHALKAISUJA.....:Di 621.20 mm

VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:en 48.00 mm

AUKOTTOMAN PÄÄDYN VAADITTU PAKSUUS (syöpyneenä).....:eo 36.27 mm

1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50°C

Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fs=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

### YHTEEN MATERIAALITIEDOT

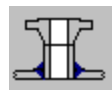


Tuotemuoto: Saumaton putki

ASTM A106B M 0 THK<=999mm 50°C

Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 fb=160 f20=160 ftest=0 (N/mm2)

### YHTEEN MITAT



Liittyy: Sisäpintaan tasattu istutettu yhde

YHTEEN ULKOHALKAISUJA.....:deb 60.32 mm

YHTEEN VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:enb 3.91 mm

Laipan ja yhteen koko: 2"

Kommentti (Valinnainen): SCH 40

NEGATIIVINEN TOLERANSSI .....: 12.50 %

YHTEEN PITUUS MITATTUNA VAIPAN ULKOHALKAISIJASTA.....:ho 150.00 mm

### LAIKAN TIEDOT

A: Laippastandardi: ANSI B16.5 laipat

E: Paineluokka: ANSI B16.5:Class 150 lbs

C: Laippatyyppi: WN Hitsattu kauluslaippa

D: Tiivistepinta / ANSI pinta (Table 3.8.3(2)): 1a RF Raised Face

Laipan materiaalityyppi: 1.4 - Carbon Steel - A515 60, A516 60, A350 LF1

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 9.5 KUORIEEN YKSITTÄISET AUKOT

N.4 Vent 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:E5.1

## LASKENTA-ARVOT

### LAIPAN PAINEENKESTO

ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C)= 1.59 MPa, Max.Test Pressure = 2.585 MPa

### ALUSTAVAT LASKELMAT

Kuoren laskentapaksuus eas

$$eas = en - c = 48 - 3 = 45.00 \text{ mm}$$

Yhteen laskentapaksuus eab

$$eab = enb - c - \text{NegDev} = 3.91 - 3 - 0.4888 = 0.4213 \text{ mm}$$

$$dib = deb - 2 * eab = 60.32 - 2 * 0.4213 = 59.48 \text{ mm}$$

Sisäisen paineen vaatima yhteen min paksuus ebp

$$ebp = P * deb / (2 * fb * z + P)$$

$$= 1.4 * 60.32 / (2 * 160 * 1 + 1.4) = 0.2600 \text{ mm}$$

»Yhteen min. paksuus ebp=0.26 <= eab=0.4213[mm] « » (U= 61.7%) OK«

Vahvistava pituus yhteessä

$$Ibo = \text{MIN}(0.8 * \text{Sqr}((dib + eab) * eab), ho) \quad (10.6-8)$$

$$= \text{MIN}(0.8 * \text{Sqr}((59.48 + 0.4213) * 0.4213), 150) = 4.02 \text{ mm}$$

## YHTEEN A VAHVISTAVA PINTA-ALA YHTEENSÄ

$$A = Ibo * (eab - ebp) + eas * eab$$

$$= 4.02 * (0.4213 - 0.26) + 45 * 0.4213 = 19.60 \text{ mm}^2$$

$$A = \text{MIN}(A, A * fb / fs) \quad (10.6-7) = \text{MIN}(19.6, 19.6 * 160 / 212) = 14.80 \text{ mm}^2$$

$$deq = deb - 2 * A / eas \quad (10.6-6) = 60.32 - 2 * 14.8 / 45 = 59.66 \text{ mm}$$

## 10.6 AUKOLLISET SUORAT PYÖREÄT PÄÄDYT

Kertoimet Y1 ja Y2 aukkovahvistusta varten

$$Y2 = \text{SQR}(G / (G - deq)) \quad (10.6-4) = \text{SQR}(621.2 / (621.2 - 59.66)) = 1.05$$

Aukon vaatima päädyn min paksuus emin

$$emin = Y2 * eo + c \quad (10.6-2) = 1.05 * 36.27 + 3 = 41.15 \text{ mm}$$

»Vaadittu ehjän päädyn paksuus emin=41.15 <= en=48[mm] « » (U= 85.7%) OK«

»ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C) P=1.4 <= PMax(flange)=1.5898[MPa] «» (U= 88%) OK«

## LASKENTAYHTEENVETO

Vahvistava pituus yhteessä

$$Ibo = \text{MIN}(0.8 * \text{Sqr}((dib + eab) * eab), ho) \quad (10.6-8)$$

$$= \text{MIN}(0.8 * \text{Sqr}((59.48 + 0.4213) * 0.4213), 150) = 4.02 \text{ mm}$$

Aukon vaatima päädyn min paksuus emin

$$emin = Y2 * eo + c \quad (10.6-2) = 1.05 * 36.27 + 3 = 41.15 \text{ mm}$$

»Vaadittu ehjän päädyn paksuus emin=41.15 <= en=48[mm] « » (U= 85.7%) OK«

»ANSI 150lb-Flange Rating(at 50C) P=1.4 <= PMax(flange)=1.5898[MPa] «» (U= 88%) OK«

Tilavuus:0 m3 Paino:3.1 kg (SG= 7.85)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-02 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 11.5 KAPEAN TIIVISTEPINNAN LAIPAT

F.1 Flange on Closure 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

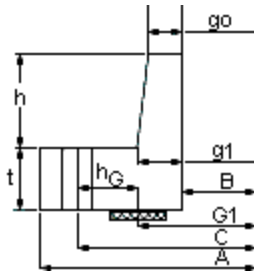
Liittyy: S1.1 Lieriö Main Shell  
Sijainti: z-akselin suunnassa z1= 1426

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT

PROSESSIKORTTI: YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT : Temp= 50°C, P= 1.4MPa, c= 3mm  
SISÄLLÖN OMINAISPAINO.....:SG 1.05  
NESTEPATSAS .....:LH 74.00 mm  
B: Paine kuormitus: Sisäisen paineen kuormittama laippa  
RUUVIVOIMA TOISESTA LAIPASTA - (käyttöolos.).....:Wm1' 0.00 kN  
RUUVIVOIMA TOISESTA LAIPASTA - (asenn. olos.).....:Wm2' 0.00 kN  
LAIPAN ULKOISET KUORMAT: Ei

### LAIPAN JA TIIVISTEPINNAN TYYPPI

A: Laippastandardi: ANSI B 16.5 Laipat



C: Laippatyyppi: WN Hitsattu kauluslaippa (Juoheva poraus)  
D: Tiivistepinta / ANSI pinta: la RF Korotettu tiivistepinta

### KUOREN/YHTEEN TIEDOT

VAIPAN/YHTEEN KOKO & KOMMENTTI: S1.1  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fs=212 fs20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85  
VAIPAN/YHTEEN ULKOHALKAISUUS .....:Do 609.60 mm  
YHTEEN/VAIPAN SEINÄMÄNPÄÄSUUS (syöpymätön).....:s1 12.70 mm

### ANSI B 16.5 Laipat

E: Paineluokka: Luokka 150 lbs

### LAIPAN TIEDOT

SISÄPUOLINEN LAIPPA: Ei (Ruuvit ulkopuolella)  
LASKENTAMENETELMÄ: A) KIINTEÄNÄ LAIPPANA  
LAIPAN ULKOHALKAISUUS.....:A 812.80 mm  
LAIPAN PAKSUUS (syöpymättömänä).....:e 46.00 mm  
LAIPAN OTSAPINNAN KORROOSIOVARA.....:cf 0.00 mm  
ASTM A106B M 0 THK<=999mm 50'C  
Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 SFO=160 SFA=160 ftest=0 (N/mm2)

### KAULUKSEN TIEDOT

NOKAN PITUUS.....:h 88.75 mm  
NOKAN PAKSUUS LAIPAN TAKAPINNASSA (syöpyneenä).....:g1 36.70 mm  
NOKAN PAKSUUS PIENESSÄ PÄÄSSÄ (syöpyneenä).....:go 9.70 mm  
ASTM A106B M 0 THK<=999mm 50'C  
Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 SHO=160 SHA=160 ftest=0 (N/mm2)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-02 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 11.5 KAPEAN TIIVISTEPINNAN LAIPAT

F.1 Flange on Closure 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## RUUVIEN TIEDOT

ESIKIRISTYSMOMENTIN LASKENTA: Kyllä  
RUUVIN NIMELLISKOK & KOMMENTTI: 1 1/4" (1.25)  
TEHOLLINEN RUUVIN PINTA-ALA (per ruuvi).....:Ae 599.35 mm<sup>2</sup>  
RECOMMENDED MINIMUM BOLT CENTER TO EDGE CLEARANCE...:Bce 32.00 mm  
RECOMMENDED MINIMUM BOLT CENTER/RADIAL CLEARANCE...:Bcr 44.45 mm  
LAIPAN RUUVIREIKIEN HALKAISIJA.....:d 34.90 mm  
RUUVIEN LUKUMÄÄRÄ.....:n 20.00  
RUUVIKEHÄN HALKAISIJA.....:C 749.30 mm  
EN 10269:1999, 1.4404 X2CrNiMo17-12-2 bar, bolt THK<=160mm 50'C  
Rm=500 Rp=200 Rpt=200 Sb=125 Sa=125 ftest=187.5 E=197420(N/mm<sup>2</sup>) ro=7.93  
ESIKIRISTYSMENETELMÄ: Kiintoavain, käyttäjän tuntemuksella eps=0.3+0.5\* μ  
KITKAKERROIN: Erittäin sileät, voidellut pinnat μ=0.10

## TIIVISTETIEDOT

Taulukko H-1 Tiivistevakiot m & y Tiiviste-pinta:  
Uritettu pehmeä teräs m=3.75 Y=52.4 2 1a,1b,1c,1d,2,3  
TIIVISTEEN ULKOHALKAISIJA.....:Go 635.00 mm  
TIIVISTEEN / TIIVISTEPINNAN SISÄHALKAISIJOIDEN SUUREMPI ARVO:A1 605.00 mm

## LASKENTA-ARVOT

Suuren halkaisijan korjauskerroin K  
k (D < 1000 mm) = 1 =1= 1.00

## TIIVISTEEN TIEDOT

b = MIN VALUE(2.52 \* Sqr(bo), bo ) = = 6.90 mm

## LAIPAN KUORMAT

H = 0.785 \* G ^ 2 \* p (11.5-5) =0.785\*621.2^2\*1.4008= 424.33 kN  
HG = 2 \* PI \* b \* G \* m \* p (11.5-6)  
=2\*3.14\*6.9\*621.2\*3.75\*1.4008= 141.47 kN  
HD = 0.785 \* B ^ 2 \* p =0.785\*590.2^2\*1.4008= 383.04 kN  
HT = H - HD (11.5-11) =424.33-383.04= 41.29 kN

## MOMENTTIVARRET

hG = (C - G) / 2 (11.5-14) =(749.3-621.2)/2= 64.05 mm  
hD = (C - B - g1) / 2 (11.5-12) =(749.3-590.2-36.7)/2= 61.20 mm  
hT = (2 \* C - B - G) / 4 (11.5-15) =(2\*749.3-590.2-621.2)/4= 71.80 mm

## RUUVIKUORMAT

Käyttöolosuhteet  
Wop = H + HG (11.5-8) =424.33+141.47= 565.80 kN  
Asennusolosuhteet  
Wamb = PI \* b \* G \* y (11.5-7) =3.14\*6.9\*621.2\*52.4= 705.60 kN

## RUUVIEN PPOIKKIPINTA-ALA

Am1 = Wop / Sb =5.658E05/125= 4526.41 mm<sup>2</sup>  
Am2 = Wamb / Sa =7.056E05/125= 5644.82 mm<sup>2</sup>  
Vaadittu ruuvien pinta-ala Am  
Am (Largest value of Am1 and Am2)= Am =5644.82= 5644.82 mm<sup>2</sup>  
Valittu ruuvien pinta-ala Ab  
Ab (num.bolts\*root area) = n \* Ae =20\*599.35= 11987.00 mm<sup>2</sup>

»Ruuvien pinta-alan tarkistus Ab=11987 >= Am=5644.82[mm<sup>2</sup>] «» (U= 47%) OK«

W = 0.5 \* (Ab + Am) \* Sa (11.5-16) =0.5\*(11987+5644.82)\*125= 1101.99 kN

## LAIPPAMOMENTIT

Mop = HD \* hD + HT \* hT + HG \* hG (11.5-18)  
=383.04\*61.2+41.29\*71.8+141.47\*64.05= 35468.16 Nm  
Mamb = W \* hG (11.5-17) =1101.99\*64.05= 70583.80 Nm

RUUVIJAKO

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-02 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 11.5 KAPEAN TIIVISTEPINNAN LAIPAT

F.1 Flange on Closure 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

$B_{spc} = C * \pi / n = 749.3 * 3.14 / 20 = 117.70 \text{ mm}$   
Ruuviijaon korjauskerroin  
 $CF = \text{MAX}(\text{Sqr}(B_{spc} / (2 * db + 6 * e / (m + 0.5)))) , 1) \quad (11.5-20)$   
 $= \text{MAX}(\text{Sqr}(117.7 / (2 * 31.75 + 6 * 46 / (3.75 + 0.5)))) , 1) = 1.00$   
 $M_o = M_{op} * CF / B \quad (11.5-27) = 35468.16 * 1 / 590.2 = 60.10 \text{ Nm}$   
 $M_a = M_{amb} * CF / B \quad (11.5-26) = 70583.8 * 1 / 590.2 = 119.59 \text{ Nm}$

## MUOTOVAKIOT

$K = A / B \quad (11.5-21) = 812.8 / 590.2 = 1.38$   
 $l_o = \text{SQR}(B * g_o) \quad (11.5-22) = \text{SQR}(590.2 * 9.7) = 75.66$   
 $h/l_o = 1.173 \quad K=A/B= 1.377 \quad g_l/g_o= 3.784$   
ARVOT KUVISTA 11.5-4...8  
 $Beta_T = 1.764 \quad Beta_Z = 3.231 \quad Beta_Y = 6.229 \quad Beta_U = 6.845$   
 $Beta_F = 0.637 \quad Beta_V = 0.050 \quad \phi = 1.000$   
 $\lambda = (e * Beta_F + l_o) / (Beta_T * l_o) + e^3 * Beta_V / (Beta_U * l_o * g_o^2)$   
 $= (46 * 0.6374 + 75.66) / (1.764 * 75.66) + 46^3 * 0.05 / (6.845 * 75.66 * 9.7^2) = 0.8865$

## Käyttöolosuhteet

$M = M_o = 60.1 = 60.10 \text{ Nm}$

### 11.5.4.1 Laipan jännitykset, kun paksuus e= 46 mm

Pitkittäisjännitys kauluksessa  
 $\text{Sig}_H = \phi * M / (\lambda * g_l^2) \quad (11.5-29)$   
 $= 1 * 60.1 / (0.8865 * 36.7^2) = 50.33 \text{ N/mm}^2$

Säteensuuntainen laipan jännitys  
 $\text{Sig}_R = (1.333 * e * Beta_F + l_o) * M / (\lambda * e^2 * l_o) \quad (11.5-30)$   
 $= (1.333 * 46 * 0.6374 + 75.66) * 60.1 / (0.8865 * 46^2 * 75.66) = 48.58 \text{ N/mm}^2$

Kehäjännitys laipassa  
 $\text{Sig}_T = Beta_Y * M / e^2 - \text{Sig}_R * (K^2 + 1) / (K^2 - 1) \quad (11.5-31)$   
 $= 6.229 * 60.1 / 46^2 - 48.58 * (1.38^2 + 1) / (1.38^2 - 1) = 19.95 \text{ N/mm}^2$

### 11.5.4.2 Jännitysraajat

»Kauluksen jännitys  $k * \text{Sig}_H = 50.33 \leq 1.5 * \text{MIN}(f; f_H) = 240 [\text{N/mm}^2] \quad (11.5-39) \llcorner \llcorner (U= 20.9\%) \text{ OK} \llcorner \llcorner$   
»Säteensuuntainen jännitys  $k * \text{Sig}_R = 48.58 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2] \quad (11.5-40) \llcorner \llcorner (U= 30.3\%) \text{ OK} \llcorner \llcorner$   
»Kehäjännitys  $k * \text{Sig}_T = 19.95 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2] \quad (11.5-41) \llcorner \llcorner (U= 12.4\%) \text{ OK} \llcorner \llcorner$   
»Kauluksen säteensuuntainen+pituusjännitys  $0.5 * k * (\text{Sig}_H + \text{Sig}_R) = 49.46 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2] \quad (11.5-42) \llcorner \llcorner (U= 30.9\%) \text{ OK} \llcorner \llcorner$   
»Kauluksen kehä- +pituusjännitys  $0.5 * k * (\text{Sig}_H + \text{Sig}_T) = 35.14 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2] \quad (11.5-43) \llcorner \llcorner (U= 21.9\%) \text{ OK} \llcorner \llcorner$

## Asennusolosuhteet

$M = M_a = 119.59 = 119.59 \text{ Nm}$

### 11.5.4.1 Laipan jännitykset, kun paksuus e= 46 mm

Pitkittäisjännitys kauluksessa  
 $\text{Sig}_H = \phi * M / (\lambda * g_l^2) \quad (11.5-29)$   
 $= 1 * 119.59 / (0.8865 * 36.7^2) = 100.16 \text{ N/mm}^2$

Säteensuuntainen laipan jännitys  
 $\text{Sig}_R = (1.333 * e * Beta_F + l_o) * M / (\lambda * e^2 * l_o) \quad (11.5-30)$   
 $= (1.333 * 46 * 0.6374 + 75.66) * 119.59 / (0.8865 * 46^2 * 75.66) = 96.68 \text{ N/mm}^2$

Kehäjännitys laipassa  
 $\text{Sig}_T = Beta_Y * M / e^2 - \text{Sig}_R * (K^2 + 1) / (K^2 - 1) \quad (11.5-31)$   
 $= 6.229 * 119.59 / 46^2 - 96.68 * (1.38^2 + 1) / (1.38^2 - 1) = 39.70 \text{ N/mm}^2$

### 11.5.4.2 Jännitysraajat

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-02 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 11.5 KAPEAN TIIVISTEPINNAN LAIPAT

F.1 Flange on Closure 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

»Kauluksen jännitys  $k \cdot \text{SigH} = 100.16 \leq 1.5 \cdot \text{MIN}(f; f_H) = 240 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-39) «» (U= 41.7%) OK«  
»Säteensuuntainen jännitys  $k \cdot \text{SigR} = 96.68 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-40) «» (U= 60.4%) OK«  
»Kehäjännitys  $k \cdot \text{SigTeta} = 39.7 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-41) « » (U= 24.8%) OK«  
»Kauluksen säteensuuntainen+pituusjännitys  $0.5 \cdot k \cdot (\text{SigH} + \text{SigR}) = 98.42 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-42) «» (U= 61.5%) OK«  
»Kauluksen kehä- +pituusjännitys  $0.5 \cdot k \cdot (\text{SigH} + \text{SigTeta}) = 69.93 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-43) «» (U= 43.7%) OK«

## ESIKIRISTYSMOMENTTI - EN 13445-3 Liite G.8

$k_B = 1.2 \cdot \mu \cdot d_{B0} (G.8-5) = 1.2 \cdot 0.1 \cdot 31.75 = 3.81 \text{ mm}$   
Vaadittu min. kokonaisesikiristysvoima (max käyttö- ja asennusolosuhteista)  
 $F_{b0nom} (\text{Max. of Wop and Wamb}) = F_{b0req} = 705.6 = 705.60 \text{ kN}$   
 $\text{epsn} = \text{eps} \cdot (1 + 3 / \text{SQR}(n)) / 4$  (G.6-16)  
 $= 0.35 \cdot (1 + 3 / \text{SQR}(20)) / 4 = 0.1462$   
Nimellinen esikiristysvoima  
 $F_{b0nom} = F_{b0req} / (1 - \text{epsn}) (G.6-21) = 705.6 / (1 - 0.1462) = 826.42 \text{ kN}$   
Nimellinen esikiristysvoima / ruuvi  
 $F_{bnom} = F_{b0nom} / n = 826.42 / 20 = 41.32 \text{ kN}$   
Ruuvin jännitys nimellisellä esikiristysvoimalla  
 $\text{SigBolt} = F_{b0nom} / (n \cdot A_e) = 826.42 / (20 \cdot 599.35) = 68.94 \text{ N/mm}^2$   
»Ruuvin jännitys  $\text{SigBolt} = 68.94 \leq SB = 125 [\text{mm}]$  « » (U= 55.1%) OK«  
Ruuvin nimellinen kiristysmomentti  
 $M_{tnom} = k_B \cdot F_{b0nom} / n = 3.81 \cdot 826.42 / 20 = 157.43 \text{ Nm}$

## LASKENTAYHTEENVETO

### RUUVIEN PPOIKKIPINTA-ALA

»Ruuvi pinta-alan tarkistus  $A_b = 11987 \geq A_m = 5644.82 [\text{mm}^2]$  «» (U= 47%) OK«

## Käyttöolosuhteet

### 11.5.4.1 Laipan jännitykset, kun paksuus $e = 46 \text{ mm}$

Pitkittäisjännitys kauluksessa  
 $\text{SigH} = \phi \cdot M / (\text{lamda} \cdot g_1^2)$  (11.5-29)  
 $= 1 \cdot 60.1 / (0.8865 \cdot 36.7^2) = 50.33 \text{ N/mm}^2$

Säteensuuntainen laipan jännitys  
 $\text{SigR} = (1.333 \cdot e \cdot \text{BetaF} + l_0) \cdot M / (\text{lamda} \cdot e^2 \cdot l_0)$  (11.5-30)  
 $= (1.333 \cdot 46 \cdot 0.6374 + 75.66) \cdot 60.1 / (0.8865 \cdot 46^2 \cdot 75.66) = 48.58 \text{ N/mm}^2$

Kehäjännitys laipassa  
 $\text{SigTeta} = \text{BetaY} \cdot M / e^2 - \text{SigR} \cdot (K^2 + 1) / (K^2 - 1)$  (11.5-31)  
 $= 6.229 \cdot 60.1 / 46^2 - 48.58 \cdot (1.38^2 + 1) / (1.38^2 - 1) = 19.95 \text{ N/mm}^2$

### 11.5.4.2 Jännitysraajat

»Kauluksen jännitys  $k \cdot \text{SigH} = 50.33 \leq 1.5 \cdot \text{MIN}(f; f_H) = 240 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-39) «» (U= 20.9%) OK«  
»Säteensuuntainen jännitys  $k \cdot \text{SigR} = 48.58 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-40) «» (U= 30.3%) OK«  
»Kehäjännitys  $k \cdot \text{SigTeta} = 19.95 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-41) « » (U= 12.4%) OK«  
»Kauluksen säteensuuntainen+pituusjännitys  $0.5 \cdot k \cdot (\text{SigH} + \text{SigR}) = 49.46 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-42) «» (U= 30.9%) OK«  
»Kauluksen kehä- +pituusjännitys  $0.5 \cdot k \cdot (\text{SigH} + \text{SigTeta}) = 35.14 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-43) «» (U= 21.9%) OK«

## Asennusolosuhteet

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-02 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 11.5 KAPEAN TIIVISTEPINNAN LAIPAT

F.1 Flange on Closure 16 Nov. 2005 23:44 ConnID:S1.1

## 11.5.4.1 Laipan jännitykset, kun paksuus e= 46 mm

Pitkittäisjännitys kauluksessa

$$\text{SigH} = \phi * M / (\text{lamda} * g1 ^ 2) \quad (11.5-29)$$
$$= 1 * 119.59 / (0.8865 * 36.7^2) = \underline{100.16 \text{ N/mm}^2}$$

Säteensuuntainen laipan jännitys

$$\text{Sigr} = (1.333 * e * \text{BetaF} + l_0) * M / (\text{lamda} * e ^ 2 * l_0) \quad (11.5-30)$$
$$= (1.333 * 46 * 0.6374 + 75.66) * 119.59 / (0.8865 * 46^2 * 75.66) = \underline{96.68 \text{ N/mm}^2}$$

Kehäjännitys laipassa

$$\text{SigTeta} = \text{BetaY} * M / e^2 - \text{Sigr} * (K^2 + 1) / (K^2 - 1) \quad (11.5-31)$$
$$= 6.229 * 119.59 / 46^2 - 96.68 * (1.38^2 + 1) / (1.38^2 - 1) = \underline{39.70 \text{ N/mm}^2}$$

## 11.5.4.2 Jännitysrajat

»Kauluksen jännitys  $k * \text{SigH} = 100.16 \leq 1.5 * \text{MIN}(f; f_H) = 240 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-39)«» (U= 41.7%) OK«

»Säteensuuntainen jännitys  $k * \text{SigR} = 96.68 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-40)«» (U= 60.4%) OK«

»Kehäjännitys  $k * \text{SigTeta} = 39.7 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-41)« » (U= 24.8%) OK«

»Kauluksen säteensuuntainen+pituusjännitys  $0.5 * k * (\text{SigH} + \text{SigR}) = 98.42 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-42)«» (U= 61.5%) OK«

»Kauluksen kehä- +pituusjännitys  $0.5 * k * (\text{SigH} + \text{SigTeta}) = 69.93 \leq f = 160 [\text{N/mm}^2]$  (11.5-43)«» (U= 43.7%) OK«

»Ruuvin jännitys  $\text{SigBolt} = 68.94 \leq \text{SB} = 125 [\text{mm}]$  « » (U= 55.1%) OK«

Huom: Ruuvin reunaetäisyys on pienempi kuin suositeltu:  $(A-C)/2 < 32$

Tilavuus: 0.04 m<sup>3</sup> Paino: 112 kg (SG= 7.85)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

## SYÖTTÖARVOT

### HELMAN TIEDOT

Helma on liitetty osaan: E2.1

HELMAN KESKIM. HALKAISIJA.....:Dz 606.00 mm

MEAN SKIRT DIAMETER AT BOTTOM.....:Dzb 606.00 mm

HELMAN PAKSUUS VALMIINA.....:ez 6.00 mm

ASTM A106B M 0 THK<=999mm 50'C

Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 fz=160 fz20=160 ftest=0 (N/mm2)

PÄÄDYN JA HELMAN VÄLISEN HITSIN LUJUUSKERROIN.....:Ewz 0.6000

KIMMOKERROIN suunnittelulämpötilassa.....:E 2,0738E05 N/mm2

VARMUUSKERROIN (1.0 hiili- ja 1.25 austeniittiselle teräkselle):s 1.00

### YLEISET KUORMITUSTIEDOT

Tuulikuorma: Kyllä

Tuulikuorman tyyppi: Tuulen nopeus

Tuulikuorman jakautuma: Tuulikuorman tasainen jako

TUULEN PERUSNOPEUS.....:Lw 40.00 m/s

SÄILIÖN MUOTOKERROIN TUULENPAINELLE.....:Cf 0.8000

Maanjäristyskuorma: Ei

Kiihtyvyytkuormat: Ei

Räjähdytkuorma (Räjähdys lähellä): Ei

### SÄILIÖN OSAT

Table COMPONENTS:

Kuvaus	ID	Do1(mm)	Do2(mm)	L(mm)	Thk(mm)	z1(mm)	z2(mm)	Kd	A(m2)	Sp.Dens.
End Cap	E2.1	609.6	-1	150	12.7	-307.2	0	1.5	0.05	7.85
Main Shell	S1.1	609.6	609.6	1426	12.7	0	1426	1.5	0.87	7.85
Flange on Closure	F.1	609.6	812.8	134.8	12.7	1426	1562.3	1.5	0.1	7.85
End Cover	E5.1	812.8	1	48	48	1562.3	1610.3	1.5	0.02	7.85

Table COMPONENTS Continued

Kuvaus	Weight(kg)	Vol(m3)	Material Name	fd	fa	fcd	fca	Kimmokerroin
End Cap	65.5	0.066	1.0473 EN 10028	212	212	0	0	209659.4
Main Shell	266.6	0.39	1.0473 EN 10028	212	212	0	0	209659.4
Flange on Closure	112	0.037	ASTM A106B M 0	160	160	0	0	0
End Cover	195	0	1.0473 EN 10028	212	212	0	0	209659.4

Table COMPONENTS Continued

Kuvaus	S
End Cap	8224
Main Shell	8224
Flange on Closure	8224
End Cover	8224

### SUUNNITTELUKUORMAT

Table DESIGN LOADS:

Kuormituserittely	ID	Fx-kN	Fy-kN	Fz-kN	Mx-kNm	My-kNm	Mz-kNm	x(mm)	y(mm)	z(mm)
-------------------	----	-------	-------	-------	--------	--------	--------	-------	-------	-------

### KUORMITUSTAPAUSET / -YHDISTELMÄ

Table LOAD CASES:

Kuvaus	ID	Koeponnistus	Maanjäristys käyttöolosuhteissa
Tuulikuorma	T	.5	
Maanjäristys	M		1
RÄJÄHDYSKUORMA	R		
Kiihtyvyy	K		

Table LOAD CASES Continued

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

Kuvaus	Tuulikuorma käyttöolosuhteissa
Tuulikuorma	1
Maanjäristys	
RÄJÄHDYSKUORMA	
Kiihtyvyyys	

## KUORMAKERTOIMET

Table LOAD CASE FACTORS:

Kuvaus	ID	Koeponnistus	Maanjäristys käyttöolosuhteissa
Sis. paine (MPa)	P	2.1	1.4
Ulk. paine (MPa)	Pe	0	0
Lämpötila D/A	T	A	D
Korroosiovara (mm)	c	0	3
Jännityksen M-kerroin:	mf	1.425	1
Pinnankorkeus (mm)	LL	FULL	1500
Ominaispaino (neste)	SG	1	1.05
Suurin taipuma d/200	d	1	1

Table LOAD CASE FACTORS Continued

Kuvaus	Tuulikuorma käyttöolosuhteissa
Sis. paine (MPa)	1.4
Ulk. paine (MPa)	0
Lämpötila D/A	D
Korroosiovara (mm)	3
Jännityksen M-kerroin:	1
Pinnankorkeus (mm)	1500
Ominaispaino (neste)	1.05
Suurin taipuma d/200	1

## HELMAN AUKOT

Table DATA FOR SKIRT OPENINGS:

Aukon tunnus	Halkaisija mm	Keskapisteen z-koordinaatti mm	Suuntakulma, astetta
Inspection Hole	150	-500	0

## SÄILIÖN TIEDOT

VAIPAN KESKIALKAISIJA.....:DB 602.90 mm  
SÄILIÖN SEINÄMÄNPAKSUUS (syöpyneenä).....:eB 12.70 mm  
PALLO-OSAN KAAREVUUSSÄDE (syöpyneenä).....:R 531.18 mm  
PÄÄDYN SYVYYS SIS. PAKSUUDEN.....:h 157.25 mm  
TAIPEEN SISÄSÄDE (syöpyneenä).....:r 100.33 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fB=212 fB20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

## AKKURIRUUVIEN TIEDOT

RUUVIEN LUKUMÄÄRÄ.....:n 4.00  
RUUVIN TEHOLLINEN POIKKIPINTA.....:Ae 427.10 mm2  
Ruuvin koko/Kommentti: M27x3  
EN 10269:1999, 1.4404 X2CrNiMo17-12-2 bar, bolt THK<=160mm 50'C  
Rm=500 Rp=200 Rpt=200 Sa=125 Sb=125 ftest=187.5 E=197420(N/mm2) ro=7.93

## HELMAN PERUSTAN TIEDOT

VALITSE PERUSTAN TYYPPI: Helma, jossa vain perusrenkas  
PERUSLEVYN ULKOHALKKAISIJA.....:dob 926.00 mm  
PERUSLEVYN PAKSUUS VALMIINA.....:tb 24.00 mm  
PERUSRENKAAN KOKONAISLEVEYS.....:wb 215.00 mm  
RUUVIREIKIEN HALKAISIJA PERUSLEVYSSÄ.....:g 54.00 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fc=212 fc20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85  
ANKKURIRUUVIN KESKIÖN ETÄISYYS HELMASTA.....:b 90.00 mm  
ALLOWABLE FOUNDATION BEARING PRESSURE.....:Fba 3.00 N/mm2

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

## LASKIJAN MÄÄRITTELEMIEN OSIEN TIEDOT

--ID-- --CompDescr-- -W(kg)- Vtest(m3) Voper(m3) Ax(m2) -z1- -z2-  
U.1 PIPE 46 0.00 0.00 0.00 200 1200

## LASKENTA-ARVOT

Laitteen kokonaiskorkeus

Height = ABS( zmax - zmin) =ABS(1610--700)= 2310.00 mm

## SÄILIÖN TAIPUMA KUORMITUSTAPAUKSESSA No: 1 - KOEPONNISTUS

ID	z(mm)	l(m4)	E-Mod.(N/mm2)	F Shear(kN)	Moment(kNm)	Deflection(mm)
SK	-700	5.2441	207385	0.82	0.561	0.003
E2.1	-189	9.6370	209659	0.00	0.000	0.005
S1.1	0	10.6112	209659	0.61	0.056	0.006
F.1	1426	10.6112	0	0.08	0.008	0.014
E5.1	1562	214.2420	209659	0.02	0.001	0.014

»max taipuma yli 200 mm pituudella dallow=1 >= dactual=0.0012[mm] «» OK«

Between z1= 1227 and z2= 1426 in component:S1.1

Säiliön huipun taipuma : 0.0 mm

## SÄILIÖN TAIPUMA KUORMITUSTAPAUKSESSA No: 2 - MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

ID	z(mm)	l(m4)	E-Mod.(N/mm2)	F Shear(kN)	Moment(kNm)	Deflection(mm)
SK	-700	2.6610	207385	0.00	0.440	0.004
E2.1	-189	7.4742	209659	0.00	0.000	0.008
S1.1	0	8.2259	209659	0.00	0.440	0.010
F.1	1426	8.2259	0	0.00	0.000	0.026
E5.1	1562	214.2420	209659	0.00	0.000	0.026

»max taipuma yli 200 mm pituudella dallow=1 >= dactual=0.0024[mm] «» OK«

Between z1= 1148 and z2= 1347 in component:S1.1

Säiliön huipun taipuma : 0.0 mm

## SÄILIÖN TAIPUMA KUORMITUSTAPAUKSESSA No: 3 - TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

ID	z(mm)	l(m4)	E-Mod.(N/mm2)	F Shear(kN)	Moment(kNm)	Deflection(mm)
SK	-700	2.6610	207385	1.64	1.562	0.014
E2.1	-189	7.4742	209659	0.00	0.000	0.027
S1.1	0	8.2259	209659	1.22	0.552	0.033
F.1	1426	8.2259	0	0.15	0.015	0.079
E5.1	1562	214.2420	209659	0.05	0.001	0.079

»max taipuma yli 200 mm pituudella dallow=1 >= dactual=0.0066[mm] «» OK«

Between z1= 1227 and z2= 1426 in component:S1.1

Säiliön huipun taipuma : 0.1 mm

## Säiliön ominaistajuus

Ominaistajuuden määrittäminen perustuu Rayleighin menetelmään likimääräisyyksellä:

$T = 2 * \pi * \sqrt{\text{Sum}(W_i * y_i^2) / (g * \text{Sum}(W_i * y_i))}$ ; where

$W_i$  on i:nnen elementin paino ja  $y_i$  sen taipuma

Kuormitustapaus	Perusheiladusaika(s)	Ominaistajuus(Hz)
Kuormitustapaus NO: 1 - KOEPONNISTUS	0.0440 s	22.72 Hz
Kuormitustapaus NO: 2 - MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA	0.0609 s	16.41 Hz
Kuormitustapaus NO: 3 - TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA	0.0609 s	16.41 Hz

## Kriittinen tuulenopeus RKF BR-K.1 Section 5.2

Seuraavien kolmen ehdon tulee täyttyä yhtäaikaa, jotta värähtely tuulessa on mahdollinen

$V_{cr} = 5 * D^2 / T < 30$  m/s and  $Re = D^2 * V_{cr} / \nu < 5 * 10^7$  and  $T > T_o$ , Value from Figure 11Line K-K

Kuormitustapaus NO: 1 - KOEPONNISTUS  $V_{cr} = 69.25$  m/s,  $Re = 2.9112 E+6$ ,  $T_o = 0.8000$  s OK

Kuormitustapaus NO: 3 - TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA  $V_{cr} = 50.03$  m/s,  $Re = 2.1032 E+6$ ,  $T_o = 0.8000$

21 SK.1 Helmatuki

Skirt Support

Umax= 19.8%

Sivu: 30

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Geometrian tarkistus 16.12.4(b) - Helman sijainti päädyssä gamma=19.48 <= 20« OK«

## HELMAN ALAPÄÄHÄN VAIKUTTAVAT REAKTIOVOIMAT JA -MOMENTIT

LOAD CASE	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)	Mz(kNm)
KOEPONNISTUS	0.82	0.00	-15.07	0.00	0.56	0.00
MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA	0.00	0.00	-15.14	0.00	-4_	4
TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA	1.64	0.00	-15.14	0.00	1.56_	0.00

## KUORMITUSTAPAUS NO: 1 - KOEPONNISTUS

Kokonaiskuormien summa kuormitustapauksessa : KOEPONNISTUS

Fz (pystysuora voima)= == -15.07 kN  
Fx (X-suuntainen voima)= == 0.8194 kN  
Fy (Y-suuntainen voima)= == 0.00 kN  
Fs=SQR(Fx^2 + Fy^2)(Tot.Force in Hor.Plane)= == 0.8194 kN  
Mx (Momentti X-akselin ympäri)= == 0.00 kNm  
My (Momentti Y-akselin ympäri)= == 561.15 kNm  
Ml=SQR(Mx^2+My^2)(Moment in XY Plane)= == 561.15 kNm  
Mt (Momentti z-akselin ympäri)= == 0.00 kNm  
FF (Säiliön sisällön paino)= == 4.91 kN  
dFg (Säiliön paino leikkauksen 2-2 alapuolella)= (16.12-3) ==0.2002 kN

### 16.12.1 kalvojännitysten todennus

Fzp = Fz + 4 \* M1 / Dz (16.12-1) = -15.07+4\*561.15/606= -11369.09 N  
Fzq = Fz - 4 \* M1 / Dz (16.12-2) = -15.07-4\*561.15/606= -18777.01 N

Kalvojännitys leikkauksessa 1-1

Sig1pm = (Fzp+dFg+FF)/(PI\*DB\*eB)+p\*DB/(4\*eB) (16.12-3)  
= (-11369.09+0.2002+4.91)/(3.14\*602.9\*12.7)+2.1\*602.9/(4\*12.7)= 24.66 N/mm2

Sig1qm = (Fzq+dFg+FF)/(PI\*DB\*eB)+p\*DB/(4\*eB) (16.12-4)  
= (-18777.01+0.2002+4.91)/(3.14\*602.9\*12.7)+2.1\*602.9/(4\*12.7)= 24.35 N/mm2

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1 ABS(Sig1pm)=24.66 <= fB=302.1[N/mm2] (16.12-5)« (U= 8.1%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1 ABS(Sig1qm)=24.35 <= fB=302.1[N/mm2] (16.12-6)« (U= 8%) OK«

Kalvojännitys leikkauksessa 2-2

Sig2pm = Sig2qm=(FF+dFg)/(PI\*DB\*eB)+p\*DB/(4\*eB) (16.12-9)  
= (4.91+0.2002)/(3.14\*602.9\*12.7)+2.1\*602.9/(4\*12.7)= 25.14 N/mm2

»Kalvojännitys leikkauksessa 2-2 ABS(Sig2pm)=25.14 <= fB=302.1[N/mm2] (16.12-10)« (U= 8.3%) OK«

Kalvojännitys leikkauksessa 3-3

Sig3pm = Fzp / (PI \* Dz \* ez) (16.12-12) = -11369.09/(3.14\*606\*6) = -0.9953 N/mm2

Sig3qm = Fzq / (PI \* Dz \* ez) (16.12-13) = -18777.01/(3.14\*606\*6) = -1.64 N/mm2

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3pm)=0.9953 <= fz=228[N/mm2] (16.12-14)« (U= .4%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3qm)=1.64 <= fz=228[N/mm2] (16.12-15)« (U= .7%) OK«

### 16.12.6.2 Taivutusjännitykset

b) Liitosmuoto B - kuva 16.12-2

Cos[y] = 1 - (DB + eB - Dz + ez) / (2 \* (r + eB)) (16.12-25)

= 1 - (602.9+12.7-606+6)/(2\*(100.33+12.7)) = 0.9310

a = 0.5 \* Sqr(eB^2 + ez^2 + 2 \* eB \* ez \* Cos[y]) (16.12-24)

= 0.5 \* Sqr(12.7^2+6^2+2\*12.7\*6\*0.931) = 9.21 mm

Kokonaistaivutusmomentit tarkastelupisteissä p ja q:

Mp = a \* Fzp (16.12-22) = 9.21\*-11369.09 = -1,0469E05 Nmm

Mq = a \* Fzq (16.12-23) = 9.21\*-18777.01 = -1,729E05 Nmm

Korjauskerroin C:

C = 0.63 - 0.057 \* (eB / ez) ^ 2 (16.12-30)

= 0.63 - 0.057 \* (12.7/6)^2 = 0.3746

Taivutusjännitykset leikkauksissa 1-1...3-3 ulkopinnalla (a)

Sig1pb = Sig2pb = C \* 6 \* Mp / (PI \* DB \* eB ^ 2) (16.12-26)

= 0.3746\*6\*-1.0469E05/(3.14\*602.9\*12.7^2) = -0.7703 N/mm2

Sig1qb = Sig2qb = C \* 6 \* Mq / (PI \* DB \* eB ^ 2) (16.12-27)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

$=0.3746*6*-1.729E05/(3.14*602.9*12.7^2)=$  -1.27 N/mm2  
 $Sig3pb = C * 6 * Mp / (PI * Dz * ez ^ 2)$  (16.12-28)  
 $=0.3746*6*-1.0469E05/(3.14*606*6^2)=$  -3.43 N/mm2  
 $Sig3qb = C * 6 * Mq / (PI * Dz * ez ^ 2)$  (16.12-29)  
 $=0.3746*6*-1.729E05/(3.14*606*6^2)=$  -5.67 N/mm2  
 $yy = 125 * eB / DB (16.12-32) = 125*12.7/602.9=$  2.63  
 $alfa = 4.2 - 0.2 * yy (16.12-35) = 4.2-0.2*2.63=$  3.67  
Pressure due to liquid head at location z=-187.4 mm  
 $PH = LiqH * roLiq * 0.0000982 = 1797.35*1*0.0000982=$  0.0177 MPa  
Paineen aiheuttamat taivutusjännitykset, e.g.:  
 $Sig1b = Sig2b=(p+PH)*DB/(4*eB)*(y/ya*alfa-1)$  (16.12-31)  
 $=(2.1+0.0177)*602.9/(4*12.7)*(19.48/62.91*3.67-1)=$  3.46 N/mm2

## 16.12.6.3 Kokonaisjännitykset ja lujusehdot

1) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 1-1, sisäpinnalla  
 $Sig1pitot = Sig1pm - Sig1pb + Sig1b$  (16.12-46)  
 $= 24.66 - 0.7703 + 3.46 =$  28.89 N/mm2

ulkopinnalla  
 $Sig1pitot = Sig1pm + Sig1pb - Sig1b$  (16.12-47)  
 $= 24.66 + 0.7703 - 3.46 =$  20.43 N/mm2

2) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 1-1, sisäpinnalla  
 $Sig1qitot = Sig1qm - Sig1qb + Sig1b$  (16.12-48) = 24.35 - 1.27 + 3.46 = 29.09 N/mm2

ulkopinnalla  
 $Sig1qitot = Sig1qm + Sig1qb - Sig1b$  (16.12-49) = 24.35 + 1.27 - 3.46 = 19.62 N/mm2

3) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 2-2, sisäpinnalla  
 $Sig2pitot = Sig2pm - Sig2pb + Sig2b$  (16.12-50)  
 $= 25.14 - 0.7703 + 3.46 =$  27.83 N/mm2

ulkopinnalla  
 $Sig2pitot = Sig2pm - Sig2pb - Sig2b$  (16.12-51)  
 $= 25.14 - 0.7703 - 3.46 =$  22.44 N/mm2

4) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 2-2, sisäpinnalla  
 $Sig2qitot = Sig2qm + Sig2qb + Sig2b$  (16.12-52) = 25.14 + 1.27 + 3.46 = 27.32 N/mm2

ulkopinnalla  
 $Sig2qitot = Sig2qm - Sig2qb - Sig2b$  (16.12-53) = 25.14 - 1.27 - 3.46 = 22.95 N/mm2

5) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 3-3, sisäpinnalla  
 $Sig3pitot = Sig3pm - Sig3pb$  (16.12-54) = -0.9953 - 3.43 = 2.44 N/mm2

ulkopinnalla  
 $Sig3pitot = Sig3pm + Sig3pb$  (16.12-55) = -0.9953 + 3.43 = -4.43 N/mm2

6) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 3-3, sisäpinnalla  
 $Sig3qitot = Sig3qm - Sig3qb$  (16.12-56) = -1.64 - 5.67 = 4.03 N/mm2

ulkopinnalla  
 $Sig3qitot = Sig3qm + Sig3qb$  (16.12-57) = -1.64 + 5.67 = -7.31 N/mm2

## Kaavojen (16.12-46...57) kokonaisjännitysten ehto:

a) Section 1-1

$Sig1pimax = fS * (3 - (Sig1pm / fB) ^ 2 / 1.5)$   
 $= 302.1 * (3 - (24.66 / 302.1) ^ 2 / 1.5) =$  904.96 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1pitot=28.89 <= Sig1pimax=904.96[N/mm2]$  (16.12-58)« (U= 3.1%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1potot=20.43 <= Sig1pimax=904.96[N/mm2]$  (16.12-59)« (U= 2.2%) OK«

$Sig1qimax = fS * (3 - (Sig1qm / fB) ^ 2 / 1.5)$   
 $= 302.1 * (3 - (24.35 / 302.1) ^ 2 / 1.5) =$  904.99 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1qitot=29.09 <= Sig1qimax=904.99[N/mm2]$  (16.12-60)« (U= 3.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1qotot=19.62 <= Sig1qimax=904.99[N/mm2]$  (16.12-61)« (U= 2.1%) OK«

b) Section 2-2

$Sig2pimax = fS * (3 - (Sig2pm / fB) ^ 2 / 1.5)$   
 $= 302.1 * (3 - (25.14 / 302.1) ^ 2 / 1.5) =$  904.91 N/mm2

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2pitot=27.83 <= Sig2pimax=904.91[N/mm2] (16.12-62)« (U= 3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2potot=22.44 <= Sig2pimax=904.91[N/mm2] (16.12-63)« (U= 2.4%) OK«

Sig2qimax = fS \* (3 - (Sig2qm / fB) ^ 2 / 1.5)

=302.1\*(3-(25.14/302.1)^2/1.5)=

904.91 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qitot=27.32 <= Sig2qimax=904.91[N/mm2] (16.12-64)« (U= 3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qotot=22.95 <= Sig2qimax=904.91[N/mm2] (16.12-65)« (U= 2.5%) OK«

c) Section 3-3

Sig3pimax = fS \* (3 - (Sig3pm / fz) ^ 2 / 1.5)

=228\*(3-(-0.9953/228)^2/1.5)=

684.00 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3pitot=2.44 <= Sig3pimax=684.[N/mm2] (16.12-66)« (U= .3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3potot=-4.43 <= Sig3pimax=684.[N/mm2] (16.12-67)« (U= .6%) OK«

Sig3qimax = fS \* (3 - (Sig3qm / fz) ^ 2 / 1.5)

=228\*(3-(-1.64/228)^2/1.5)=

683.99 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qitot=4.03 <= Sig3qimax=683.99[N/mm2] (16.12-68)« (U= .5%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qotot=-7.31 <= Sig3qimax=683.99[N/mm2] (16.12-69)« (U= 1%) OK«

## 16.12.7 Helman lujuustarkastelu (Leikkaus 4-4)

Huom: Helma on heikoin aukon kohdalla korkeudella z= -500mm

Neutraaliakselin siirrosta aiheutuva lisämomentti

dM4 = eps \* F4 =12.23\*15073.05=

1,8434E05 Nmm

Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4

Sig4pm = (M4 + dM4) / W4 - F4 / A4

(16.12-70)

=(5.6115E05+1.8434E05)/1.516E06-15073.05/10948.2=

- .885 N/mm2

Sig4qm = - 1 \* (M4 + dM4) / W4 - F4 / A4

(16.12-71)

=-1\*(5.6115E05+1.8434E05)/1.516E06-15073.05/10948.2=

-1.87 N/mm2

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4pm=0.885 <= fz=228[N/mm2] (16.12-72)« (U= .3%) OK«

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4qm=1.87 <= fz=228[N/mm2] (16.12-73)« (U= .8%) OK«

Leikkauksen 4-4 puristusjännitys

Sig4c = - F4 / A4 =-15073.05/10948.2=

-1.38 N/mm2

## 16.14.6 SALLITUT PURISTUSJÄNNITYKSET

K = 1.21 \* E \* ea / (Sige \* D)

(16.14-15)

=1.21\*2.0738E05\*6/(240\*606)=

10.35

alfa = 0.83 / Sqr( 1 + 0.005 \* D / ea)

(16.14-16)

=0.83/Sqr(1+0.005\*606/6)=

0.6766

delta = (1 - 0.4123 / (alfa \* K) ^ 0.6) / S

(16.14-19)

=(1-0.4123/(0.6766\*10.35)^0.6)/1.05=

0.8303

Sallittu puristusjännitys

Sigcall = Sige \* delta (16.14-20) =240\*0.8303=

199.26 N/mm2

»Puristusjännityksen rajoitukset (4-4) Sig4c=1.38 <= Sigcall=199.26[N/mm2] « (U= .6%) OK«

## Tarkistetaan helman ja päädyn liitoshitsin jännitykset

ez = (F4 / (PI \* Dz) + 4 \* M4 / (PI \* Dz ^ 2)) / (Ewz \* fz)

=(15073.05/(3.14\*606)+4\*5.6115E05/(3.14\*606^2))/(0.6\*228)=0.0721 mm

»Helman ja päädyn välisen hitsin mitta ez\_weld=0.0721 <= ez=6[mm] « (U= 1.2%) OK«

## HELMAN PERUSTAN LASKENTA

Wsk = F4 / (PI \* Dz) =15073.05/(3.14\*606)=

7.92 N/mm

Msk = 4 \* M4 / (PI \* Dz ^ 2)

=4\*5.6115E05/(3.14\*606^2)=

1.95 N/mm

## Helman perusrankaan mitoitus (Henry H. Bednar luku 4.3)

Perustan max pintapaine

p = (Wsk + Msk) / wb =(7.92+1.95)/215=

0.0459 N/mm2

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Perustan max pintapaine pb=0.0459 <= Fba=3[N/mm2] « » (U= 1.5%) OK«

$$n = (dob - (Dzb + ez)) / 2 = (926 - (606 + 6)) / 2 = 157.00 \text{ mm}$$

Perusrenkaan min. paksuus

$$tb = \text{Sqr}(3 * p * n^2 / fc)$$

$$= \text{Sqr}(3 * 0.0459 * 157^2 / 212) =$$

4.00 mm

»Perusrenkaan min. paksuus tb\_min=4. <= tb=24[mm] « » (U= 16.6%) OK«

»Perusrenkaan geometrian tarkistus tb=24 >= 1.5 \* ez=9« » OK«

## Ankkuriruuvien mitoitus (Henry H. Bednar luku 4.4)

Ruuviympyrän halkaisija

$$d = Dzb + ez + 2 * b = 606 + 6 + 2 * 90 =$$

792.00 mm

Ruuvien max veto

$$T = 4 * M1 / (\text{PI} * d^2) - w / (\text{PI} * d)$$

$$= 4 * 561.15 / (3.14 * 792^2) - 15073.05 / (3.14 * 792) =$$

-4.92 N/mm2

Ruuvien max. voima f etäisyydellä d/2

$$f = T * \text{PI} * d / n = -4.92 * 3.14 * 792 / 4 =$$

-3059.74 N

Vaadittu ruuvien poikkipinta-ala

$$Ar = (4 * M1 / d - w) / (n * Sb)$$

$$= (4 * 561.15 / 792 - 15073.05) / (4 * 125) =$$

0.00 mm2

»Ruuvien poikkipinta-ala Ar=0 <= Ae=427.1[mm2] « » (U= 0%) OK«

## Ankkurituolien/puristusrenkaan mitoitus

$$n = (dob - (Dzb + ez)) / 2 = (926 - (606 + 6)) / 2 = 157.00 \text{ mm}$$

»Check of Base Plate Width n\_c=157 >= 2\*dbolt + 30mm=76.64«» OK«

Perusrenkaan min. paksuus (RKF part 3 BR K4 eqn(12))

$$tbl = \text{Sqr}(4 * (\text{Msk} + \text{Wsk}) * b / fc)$$

$$= \text{Sqr}(4 * (1.95 + 7.92) * 90 / 212) =$$

4.09 mm

»Perusrenkaan min. paksuus tb1=4.09 <= tb=24[mm] « » (U= 17%) OK«

## KUORMITUSTAPAUS NO: 2 - MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

### Kokonaiskuormien summa kuormitustapauksessa : MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

Fz (pystysuora voima)= == -15.14 kN  
Fx (X-suuntainen voima)= == 0.00 kN  
Fy (Y-suuntainen voima)= == 0.00 kN  
Fs=SQR(Fx^2 + Fy^2)(Tot.Force in Hor.Plane)= == 0.00 kN  
Mx (Momentti X-akselin ympäri)= == 0.00 kNm  
My (Momentti Y-akselin ympäri)= == -439.82 kNm  
Ml=SQR(Mx^2+My^2)(Moment in XY Plane)= == 439.82 kNm  
Mt (Momentti z-akselin ympäri)= == 0.00 kNm  
FF (Säiliön sisällön paino)= == 4.98 kN  
dFg (Säiliön paino leikkauksen 2-2 alapuolella)= (16.12-3) ==0.2002 kN

### 16.12.1 kalvojännitysten todennus

$$Fzp = Fz + 4 * M1 / Dz (16.12-1) = -15.14 + 4 * 439.82 / 606 = -12239.93 \text{ N}$$

$$Fzq = Fz - 4 * M1 / Dz (16.12-2) = -15.14 - 4 * 439.82 / 606 = -18046.15 \text{ N}$$

Kalvojännitys leikkauksessa 1-1

$$\text{Sig1pm} = (Fzp + dFg + FF) / (\text{PI} * \text{DB} * eB) + p * \text{DB} / (4 * eB) \quad (16.12-3)$$

$$= (-12239.93 + 0.2002 + 4.98) / (3.14 * 602.9 * 9.7) + 1.4 * 602.9 / (4 * 9.7) = 21.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sig1qm} = (Fzq + dFg + FF) / (\text{PI} * \text{DB} * eB) + p * \text{DB} / (4 * eB) \quad (16.12-4)$$

$$= (-18046.15 + 0.2002 + 4.98) / (3.14 * 602.9 * 9.7) + 1.4 * 602.9 / (4 * 9.7) = 21.05 \text{ N/mm}^2$$

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1 ABS(Sig1pm)=21.37 <= fB=212[N/mm2] (16.12-5)«» (U= 10%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1 ABS(Sig1qm)=21.05 <= fB=212[N/mm2] (16.12-6)«» (U= 9.9%) OK«

Kalvojännitys leikkauksessa 2-2

$$\text{Sig2pm} = \text{Sig2qm} = (\text{FF} + dFg) / (\text{PI} * \text{DB} * eB) + p * \text{DB} / (4 * eB) \quad (16.12-9)$$

$$= (4.98 + 0.2002) / (3.14 * 602.9 * 9.7) + 1.4 * 602.9 / (4 * 9.7) = 22.04 \text{ N/mm}^2$$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Kalvojännitys leikkauksessa 2-2 ABS(Sig2pm)=22.04 <= fB=212[N/mm2] (16.12-10)« (U= 10.3%) OK«

Kalvojännitys leikkauksessa 3-3

Sig3pm = Fzp / (PI \* Dz \* ez) (16.12-12) = -12239.93 / (3.14 \* 606 \* 6) = -1.07 N/mm2

Sig3qm = Fzq / (PI \* Dz \* ez) (16.12-13) = -18046.15 / (3.14 \* 606 \* 6) = -1.58 N/mm2

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3pm)=1.07 <= fz=160[N/mm2] (16.12-14)« (U= .6%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3qm)=1.58 <= fz=160[N/mm2] (16.12-15)« (U= .9%) OK«

## 16.12.6.2 Taivutusjännitykset

b) Liitosmuoto B - kuva 16.12-2

$\text{Cos}[y] = 1 - (\text{DB} + \text{eB} - \text{Dz} + \text{ez}) / (2 * (\text{r} + \text{eB}))$  (16.12-25)

= 1 - (602.9 + 9.7 - 606 + 6) / (2 \* (100.33 + 9.7)) = 0.9427

$a = 0.5 * \text{Sqr}(\text{eB}^2 + \text{ez}^2 + 2 * \text{eB} * \text{ez} * \text{Cos}[y])$  (16.12-24)

= 0.5 \* Sqr(9.7^2 + 6^2 + 2 \* 9.7 \* 6 \* 0.9427) = 7.74 mm

Kokonaistaiivutusmomentit tarkastelupisteissä p ja q:

$M_p = a * F_{zp}$  (16.12-22) = 7.74 \* -12239.93 = -94775.59 Nmm

$M_q = a * F_{zq}$  (16.12-23) = 7.74 \* -18046.15 = -1,3973E05 Nmm

Korjauskerroin C:

$C = 0.63 - 0.057 * (\text{eB} / \text{ez})^2$  (16.12-30)

= 0.63 - 0.057 \* (9.7/6)^2 = 0.4810

Taivutusjännitykset leikkauksissa 1-1...3-3 ulkopinnalla (a)

$\text{Sig1pb} = \text{Sig2pb} = C * 6 * M_p / (\text{PI} * \text{DB} * \text{eB}^2)$  (16.12-26)

= 0.481 \* 6 \* -94775.59 / (3.14 \* 602.9 \* 9.7^2) = -1.53 N/mm2

$\text{Sig1qb} = \text{Sig2qb} = C * 6 * M_q / (\text{PI} * \text{DB} * \text{eB}^2)$  (16.12-27)

= 0.481 \* 6 \* -1.3973E05 / (3.14 \* 602.9 \* 9.7^2) = -2.26 N/mm2

$\text{Sig3pb} = C * 6 * M_p / (\text{PI} * \text{Dz} * \text{ez}^2)$  (16.12-28)

= 0.481 \* 6 \* -94775.59 / (3.14 \* 606 \* 6^2) = -3.99 N/mm2

$\text{Sig3qb} = C * 6 * M_q / (\text{PI} * \text{Dz} * \text{ez}^2)$  (16.12-29)

= 0.481 \* 6 \* -1.3973E05 / (3.14 \* 606 \* 6^2) = -5.88 N/mm2

$yy = 125 * \text{eB} / \text{DB}$  (16.12-32) = 125 \* 9.7 / 602.9 = 2.01

$\text{alfa} = 4.2 - 0.2 * yy$  (16.12-35) = 4.2 - 0.2 \* 2.01 = 3.80

Pressure due to liquid head at location z = -187.4 mm

$\text{PH} = \text{LiqH} * \text{roLiq} * 0.00000982$

= 1687.35 \* 1.05 \* 0.00000982 = 0.0174 MPa

Paineen aiheuttamat taivutusjännitykset, e.g.:

$\text{Sig1b} = \text{Sig2b} = (\text{p} + \text{PH}) * \text{DB} / (4 * \text{eB}) * (y / \text{ya} * \text{alfa} - 1)$  (16.12-31)

= (1.4 + 0.0174) \* 602.9 / (4 \* 9.7) \* (19.48 / 62.91 \* 3.8 - 1) = 3.88 N/mm2

## 16.12.6.3 Kokonaisjännitykset ja lujusehdot

1) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 1-1, sisäpinnalla

$\text{Sig1pitot} = \text{Sig1pm} - \text{Sig1pb} + \text{Sig1b}$  (16.12-46) = 21.37 - -1.53 + 3.88 = 26.79 N/mm2

ulkopinnalla

$\text{Sig1pitot} = \text{Sig1pm} + \text{Sig1pb} - \text{Sig1b}$  (16.12-47) = 21.37 + -1.53 - 3.88 = 15.95 N/mm2

2) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 1-1, sisäpinnalla

$\text{Sig1qitot} = \text{Sig1qm} - \text{Sig1qb} + \text{Sig1b}$  (16.12-48) = 21.05 - -2.26 + 3.88 = 27.20 N/mm2

ulkopinnalla

$\text{Sig1qitot} = \text{Sig1qm} + \text{Sig1qb} - \text{Sig1b}$  (16.12-49) = 21.05 + -2.26 - 3.88 = 14.91 N/mm2

3) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 2-2, sisäpinnalla

$\text{Sig2pitot} = \text{Sig2pm} + \text{Sig2pb} + \text{Sig2b}$  (16.12-50) = 22.04 + -1.53 + 3.88 = 24.38 N/mm2

ulkopinnalla

$\text{Sig2pitot} = \text{Sig2pm} - \text{Sig2pb} - \text{Sig2b}$  (16.12-51) = 22.04 - -1.53 - 3.88 = 19.69 N/mm2

4) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 2-2, sisäpinnalla

$\text{Sig2qitot} = \text{Sig2qm} + \text{Sig2qb} + \text{Sig2b}$  (16.12-52) = 22.04 + -2.26 + 3.88 = 23.65 N/mm2

ulkopinnalla

$\text{Sig2qitot} = \text{Sig2qm} - \text{Sig2qb} - \text{Sig2b}$  (16.12-53) = 22.04 - -2.26 - 3.88 = 20.42 N/mm2

5) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 3-3, sisäpinnalla

$\text{Sig3pitot} = \text{Sig3pm} - \text{Sig3pb}$  (16.12-54) = -1.07 - -3.99 = 2.92 N/mm2

ulkopinnalla

$\text{Sig3potot} = \text{Sig3pm} + \text{Sig3pb}$  (16.12-55) = -1.07 + -3.99 = -5.06 N/mm2

6) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 3-3, sisäpinnalla

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

Sig3qitot = Sig3qm - Sig3qb (16.12-56) = -1.58--5.88= 4.30 N/mm2

ulkopinnalla

Sig3qotot = Sig3qm + Sig3qb (16.12-57) = -1.58+-5.88= -7.46 N/mm2

## Kaavojen (16.12-46...57) kokonaisjännitysten ehto:

a) Section 1-1

Sig1pimax = fS \* (3 - (Sig1pm / fB) ^ 2 / 1.5) = 212\*(3-(21.37/212)^2/1.5)= 634.56 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1pitot=26.79 <= Sig1pimax=634.56[N/mm2] (16.12-58)«» (U= 4.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1potot=15.95 <= Sig1pimax=634.56[N/mm2] (16.12-59)«» (U= 2.5%) OK«

Sig1qimax = fS \* (3 - (Sig1qm / fB) ^ 2 / 1.5) = 212\*(3-(21.05/212)^2/1.5)= 634.61 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1qitot=27.2 <= Sig1qimax=634.61[N/mm2] (16.12-60)«» (U= 4.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1qotot=14.91 <= Sig1qimax=634.61[N/mm2] (16.12-61)«» (U= 2.3%) OK«

b) Section 2-2

Sig2pimax = fS \* (3 - (Sig2pm / fB) ^ 2 / 1.5) = 212\*(3-(22.04/212)^2/1.5)= 634.47 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2pitot=24.38 <= Sig2pimax=634.47[N/mm2] (16.12-62)«» (U= 3.8%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2potot=19.69 <= Sig2pimax=634.47[N/mm2] (16.12-63)«» (U= 3.1%) OK«

Sig2qimax = fS \* (3 - (Sig2qm / fB) ^ 2 / 1.5) = 212\*(3-(22.04/212)^2/1.5)= 634.47 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qitot=23.65 <= Sig2qimax=634.47[N/mm2] (16.12-64)«» (U= 3.7%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qotot=20.42 <= Sig2qimax=634.47[N/mm2] (16.12-65)«» (U= 3.2%) OK«

c) Section 3-3

Sig3pimax = fS \* (3 - (Sig3pm / fz) ^ 2 / 1.5) = 160\*(3-(-1.07/160)^2/1.5)= 480.00 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3pitot=2.92 <= Sig3pimax=480.[N/mm2] (16.12-66)«» (U= .6%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3potot=-5.06 <= Sig3pimax=480.[N/mm2] (16.12-67)«» (U= 1%) OK«

Sig3qimax = fS \* (3 - (Sig3qm / fz) ^ 2 / 1.5) = 160\*(3-(-1.58/160)^2/1.5)= 479.99 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qitot=4.3 <= Sig3qimax=479.99[N/mm2] (16.12-68)«» (U= .8%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qotot=-7.46 <= Sig3qimax=479.99[N/mm2] (16.12-69)«» (U= 1.5%) OK«

## 16.12.7 Helman lujuustarkastelu (Leikkaus 4-4)

Huom: Helma on heikoin aukon kohdalla korkeudella z= -500mm

Neutraaliakselin siirrosta aiheutuva lisämomentti

dM4 = eps \* F4 = 12.23\*15143.04= 1,852E05 Nmm

Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4

Sig4pm = (M4 + dM4) / W4 - F4 / A4 (16.12-70)

= (4.3982E05+1.852E05)/1.516E06-15143.04/10948.2= -.9709 N/mm2

Sig4qm = - 1 \* (M4 + dM4) / W4 - F4 / A4 (16.12-71)

= -1\*(4.3982E05+1.852E05)/1.516E06-15143.04/10948.2= -1.80 N/mm2

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4pm=0.9709 <= fz=160[N/mm2] (16.12-72)«» (U= .6%) OK«

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4qm=1.8 <= fz=160[N/mm2] (16.12-73)«» (U= 1.1%) OK«

Leikkauksen 4-4 puristusjännitys

Sig4c = - F4 / A4 = -15143.04/10948.2= -1.38 N/mm2

## 16.14.6 SALLITUT PURISTUSJÄNNITYKSET

K = 1.21 \* E \* ea / (Sige \* D) (16.14-15)

= 1.21\*2.0738E05\*6/(240\*606)= 10.35

alfa = 0.83 / Sqr(1 + 0.005 \* D / ea) (16.14-16)

= 0.83/Sqr(1+0.005\*606/6)= 0.6766

delta = (1 - 0.4123 / (alfa \* K) ^ 0.6) / S (16.14-19)

= (1-0.4123/(0.6766\*10.35)^0.6)/1.5= 0.5812

Sallittu puristusjännitys

Sigcall = Sige \* delta (16.14-20) = 240\*0.5812= 139.48 N/mm2

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Puristusjännityksen rajoitukset (4-4) Sig4c=1.38 <= Sigcall=139.48[N/mm<sup>2</sup>] «» (U= .9%) OK«

Tarkistetaan helman ja päädyn liitoshitsin jännitykset

$$ez = (F4 / (PI * Dz) + 4 * M4 / (PI * Dz^2)) / (Ewz * fz)$$
$$=(15143.04/(3.14*606)+4*4.3982E05/(3.14*606^2))/(0.6*160)=0.0987 \text{ mm}$$

»Helman ja päädyn välisen hitsin mitta ez\_weld=0.0987 <= ez=6[mm] «» (U= 1.6%) OK«

## HELMAN PERUSTAN LASKENTA

$$Wsk = F4 / (PI * Dz) = 15143.04 / (3.14 * 606) = 7.95 \text{ N/mm}$$

$$Msk = 4 * M4 / (PI * Dz^2) = 4 * 4.3982E05 / (3.14 * 606^2) = 1.52 \text{ N/mm}$$

Helman perusrankaan mitoitus (Henry H. Bednar luku 4.3)

Perustan max pintapaine

$$p = (Wsk + Msk) / wb = (7.95 + 1.52) / 215 = 0.0441 \text{ N/mm}^2$$

»Perustan max pintapaine pb=0.0441 <= Fba=3[N/mm<sup>2</sup>] « » (U= 1.4%) OK«

$$n = (dob - (Dzb + ez)) / 2 = (926 - (606 + 6)) / 2 = 157.00 \text{ mm}$$

Perusrankaan min. paksuus

$$tb = \text{Sqr}(3 * p * n^2 / fc)$$
$$=\text{Sqr}(3 * 0.0441 * 157^2 / 212) = 3.92 \text{ mm}$$

»Perusrankaan min. paksuus tb\_min=3.92 <= tb=24[mm] « » (U= 16.3%) OK«

»Perusrankaan geometrian tarkistus tb=24 >= 1.5 \* ez=9« » OK«

Ankkuriruuvien mitoitus (Henry H. Bednar luku 4.4)

Ruuviympyrän halkaisija

$$d = Dzb + ez + 2 * b = 606 + 6 + 2 * 90 = 792.00 \text{ mm}$$

Ruuvien max veto

$$T = 4 * M1 / (PI * d^2) - w / (PI * d)$$
$$= 4 * 439.82 / (3.14 * 792^2) - 15143.04 / (3.14 * 792) = -5.19 \text{ N/mm}^2$$

Ruuvien max. voima f etäisyydellä d/2

$$f = T * PI * d / n = -5.19 * 3.14 * 792 / 4 = -3230.43 \text{ N}$$

Vaadittu ruuvien poikkipinta-ala

$$Ar = (4 * M1 / d - w) / (n * Sb)$$
$$= (4 * 439.82 / 792 - 15143.04) / (4 * 125) = 0.00 \text{ mm}^2$$

»Ruuvien poikkipinta-ala Ar=0 <= Ae=427.1[mm<sup>2</sup>] « » (U= 0%) OK«

Ankkurituolien/puristusrenkaan mitoitus

$$n = (dob - (Dzb + ez)) / 2 = (926 - (606 + 6)) / 2 = 157.00 \text{ mm}$$

»Check of Base Plate Width n\_c=157 >= 2\*dbolt + 30mm=76.64«» OK«

Perusrankaan min. paksuus (RKF part 3 BR K4 eqn(12))

$$tbl = \text{Sqr}(4 * (Msk + Wsk) * b / fc)$$
$$=\text{Sqr}(4 * (1.52 + 7.95) * 90 / 212) = 4.01 \text{ mm}$$

»Perusrankaan min. paksuus tb1=4.01 <= tb=24[mm] « » (U= 16.7%) OK«

## KUORMITUSTAPAUS NO: 3 - TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

Kokonaiskuormien summa kuormitustapauksessa : TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

Fz (pystysuora voima)=	==	-15.14 kN
Fx (X-suuntainen voima)=	==	1.64 kN
Fy (Y-suuntainen voima)=	==	0.00 kN
Fs=SQR(Fx^2 + Fy^2)(Tot.Force in Hor.Plane)=	==	1.64 kN
Mx (Momentti X-akselin ympäri)=	==	0.00 kNmm
My (Momentti Y-akselin ympäri)=	==	1562.12 kNmm
Ml=SQR(Mx^2+My^2)(Moment in XY Plane)=	==	1562.12 kNmm
Mt (Momentti z-akselin ympäri)=	==	0.00 kNmm
FF (Säiliön sisällön paino)=	==	4.98 kN
dFg (Säiliön paino leikkauksen 2-2 alapuolella)=	(16.12-3)	==0.2002 kN

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

## 16.12.1 kalvojännitysten todennus

$$Fzp = Fz + 4 * M1 / Dz \quad (16.12-1) = -15.14 + 4 * 1562.12 / 606 = -4832.01 \text{ N}$$

$$Fzq = Fz - 4 * M1 / Dz \quad (16.12-2) = -15.14 - 4 * 1562.12 / 606 = -25454.07 \text{ N}$$

Kalvojännitys leikkauksessa 1-1

$$\text{Sig1pm} = (Fzp + dFg + FF) / (\text{PI} * \text{DB} * eB) + p * \text{DB} / (4 * eB) \quad (16.12-3) \\ = (-4832.01 + 0.2002 + 4.98) / (3.14 * 602.9 * 9.7) + 1.4 * 602.9 / (4 * 9.7) = \underline{\underline{21.77 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\text{Sig1qm} = (Fzq + dFg + FF) / (\text{PI} * \text{DB} * eB) + p * \text{DB} / (4 * eB) \quad (16.12-4) \\ = (-25454.07 + 0.2002 + 4.98) / (3.14 * 602.9 * 9.7) + 1.4 * 602.9 / (4 * 9.7) = \underline{\underline{20.65 \text{ N/mm}^2}}$$

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1 ABS(Sig1pm)=21.77 <= fb=212[N/mm2] (16.12-5)«» (U= 10.2%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1 ABS(Sig1qm)=20.65 <= fb=212[N/mm2] (16.12-6)«» (U= 9.7%) OK«

Kalvojännitys leikkauksessa 2-2

$$\text{Sig2pm} = \text{Sig2qm} = (FF + dFg) / (\text{PI} * \text{DB} * eB) + p * \text{DB} / (4 * eB) \quad (16.12-9) \\ = (4.98 + 0.2002) / (3.14 * 602.9 * 9.7) + 1.4 * 602.9 / (4 * 9.7) = \underline{\underline{22.04 \text{ N/mm}^2}}$$

»Kalvojännitys leikkauksessa 2-2 ABS(Sig2pm)=22.04 <= fb=212[N/mm2] (16.12-10)«» (U= 10.3%) OK«

Kalvojännitys leikkauksessa 3-3

$$\text{Sig3pm} = Fzp / (\text{PI} * \text{Dz} * ez) \quad (16.12-12) = -4832.01 / (3.14 * 606 * 6) = \underline{\underline{-0.423 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\text{Sig3qm} = Fzq / (\text{PI} * \text{Dz} * ez) \quad (16.12-13) = -25454.07 / (3.14 * 606 * 6) = \underline{\underline{-2.23 \text{ N/mm}^2}}$$

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3pm)=0.423 <= fz=160[N/mm2] (16.12-14)«» (U= .2%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3qm)=2.23 <= fz=160[N/mm2] (16.12-15)«» (U= 1.3%) OK«

## 16.12.6.2 Taivutusjännitykset

b) Liitosmuoto B - kuva 16.12-2

$$\text{Cos}[y] = 1 - (\text{DB} + eB - \text{Dz} + ez) / (2 * (r + eB)) \quad (16.12-25)$$

$$= 1 - (602.9 + 9.7 - 606 + 6) / (2 * (100.33 + 9.7)) = 0.9427$$

$$a = 0.5 * \text{Sqr}(eB^2 + ez^2 + 2 * eB * ez * \text{Cos}[y]) \quad (16.12-24)$$

$$= 0.5 * \text{Sqr}(9.7^2 + 6^2 + 2 * 9.7 * 6 * 0.9427) = 7.74 \text{ mm}$$

Kokonaistaivutusmomentit tarkastelupisteissä p ja q:

$$Mp = a * Fzp \quad (16.12-22) = 7.74 * -4832.01 = \underline{\underline{-37414.98 \text{ Nmm}}}$$

$$Mq = a * Fzq \quad (16.12-23) = 7.74 * -25454.07 = \underline{\underline{-1,9709E05 \text{ Nmm}}}$$

Korjauskerroin C:

$$C = 0.63 - 0.057 * (eB / ez)^2 \quad (16.12-30)$$

$$= 0.63 - 0.057 * (9.7/6)^2 = 0.4810$$

Taivutusjännitykset leikkauksissa 1-1...3-3 ulkopinnalla (a)

$$\text{Sig1pb} = \text{Sig2pb} = C * 6 * Mp / (\text{PI} * \text{DB} * eB^2) \quad (16.12-26)$$

$$= 0.481 * 6 * -37414.98 / (3.14 * 602.9 * 9.7^2) = \underline{\underline{-0.6059 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\text{Sig1qb} = \text{Sig2qb} = C * 6 * Mq / (\text{PI} * \text{DB} * eB^2) \quad (16.12-27)$$

$$= 0.481 * 6 * -1.9709E05 / (3.14 * 602.9 * 9.7^2) = \underline{\underline{-3.19 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\text{Sig3pb} = C * 6 * Mp / (\text{PI} * \text{Dz} * ez^2) \quad (16.12-28)$$

$$= 0.481 * 6 * -37414.98 / (3.14 * 606 * 6^2) = \underline{\underline{-1.58 \text{ N/mm}^2}}$$

$$\text{Sig3qb} = C * 6 * Mq / (\text{PI} * \text{Dz} * ez^2) \quad (16.12-29)$$

$$= 0.481 * 6 * -1.9709E05 / (3.14 * 606 * 6^2) = \underline{\underline{-8.30 \text{ N/mm}^2}}$$

$$yy = 125 * eB / \text{DB} \quad (16.12-32) = 125 * 9.7 / 602.9 = 2.01$$

$$\text{alfa} = 4.2 - 0.2 * yy \quad (16.12-35) = 4.2 - 0.2 * 2.01 = 3.80$$

Pressure due to liquid head at location z=-187.4 mm

$$\text{PH} = \text{LiqH} * \text{roLiq} * 0.00000982$$

$$= 1687.35 * 1.05 * 0.00000982 = 0.0174 \text{ MPa}$$

Paineen aiheuttamat taivutusjännitykset, e.g.:

$$\text{Sig1b} = \text{Sig2b} = (p + \text{PH}) * \text{DB} / (4 * eB) * (y/ya * \text{alfa} - 1) \quad (16.12-31)$$

$$= (1.4 + 0.0174) * 602.9 / (4 * 9.7) * (19.48 / 62.91 * 3.8 - 1) = \underline{\underline{3.88 \text{ N/mm}^2}}$$

## 16.12.6.3 Kokonaisjännitykset ja lujusehdot

1) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 1-1, sisäpinnalla

$$\text{Sig1pitot} = \text{Sig1pm} - \text{Sig1pb} + \text{Sig1b} \quad (16.12-46)$$

$$= 21.77 - 0.6059 + 3.88 = \underline{\underline{26.26 \text{ N/mm}^2}}$$

ulkopinnalla

$$\text{Sig1pitot} = \text{Sig1pm} + \text{Sig1pb} - \text{Sig1b} \quad (16.12-47)$$

$$= 21.77 + 0.6059 - 3.88 = \underline{\underline{17.29 \text{ N/mm}^2}}$$

2) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 1-1, sisäpinnalla

$$\text{Sig1qitot} = \text{Sig1qm} - \text{Sig1qb} + \text{Sig1b} \quad (16.12-48) = 20.65 - 3.19 + 3.88 = \underline{\underline{27.72 \text{ N/mm}^2}}$$

ulkopinnalla

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

Sig1qitot = Sig1qm + Sig1qb - Sig1b (16.12-49) = 20.65+-3.19-3.88= 13.58 N/mm2

3) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 2-2, sisäpinnalla  
Sig2pitot = Sig2pm + Sig2pb + Sig2b (16.12-50)  
= 22.04+-0.6059+3.88= 25.31 N/mm2

ulkopinnalla  
Sig2pitot = Sig2pm - Sig2pb - Sig2b (16.12-51)  
= 22.04--0.6059-3.88= 18.76 N/mm2

4) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 2-2, sisäpinnalla  
Sig2qitot = Sig2qm + Sig2qb + Sig2b (16.12-52) = 22.04+-3.19+3.88= 22.73 N/mm2

ulkopinnalla  
Sig2qitot = Sig2qm - Sig2qb - Sig2b (16.12-53) = 22.04--3.19-3.88= 21.35 N/mm2

5) Tarkastelupisteen p kokonaisjännitykset leikkauksessa 3-3, sisäpinnalla  
Sig3pitot = Sig3pm - Sig3pb (16.12-54) = -0.423--1.58= 1.15 N/mm2

ulkopinnalla  
Sig3pitot = Sig3pm + Sig3pb (16.12-55) = -0.423+-1.58= -2.00 N/mm2

6) Tarkastelupisteen q kokonaisjännitykset leikkauksessa 3-3, sisäpinnalla  
Sig3qitot = Sig3qm - Sig3qb (16.12-56) = -2.23--8.3= 6.07 N/mm2

ulkopinnalla  
Sig3qitot = Sig3qm + Sig3qb (16.12-57) = -2.23+-8.3= -10.53 N/mm2

## Kaavojen (16.12-46...57) kokonaisjännitysten ehto:

a) Section 1-1

Sig1pimax = fS \* (3 - (Sig1pm / fB) ^ 2 / 1.5)  
= 212 \* (3 - (21.77/212)^2 / 1.5) = 634.51 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1pitot=26.26 <= Sig1pimax=634.51[N/mm2] (16.12-58)«» (U= 4.1%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1potot=17.29 <= Sig1pimax=634.51[N/mm2] (16.12-59)«» (U= 2.7%) OK«

Sig1qimax = fS \* (3 - (Sig1qm / fB) ^ 2 / 1.5)  
= 212 \* (3 - (20.65/212)^2 / 1.5) = 634.66 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1qitot=27.72 <= Sig1qimax=634.66[N/mm2] (16.12-60)«» (U= 4.3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1qotot=13.58 <= Sig1qimax=634.66[N/mm2] (16.12-61)«» (U= 2.1%) OK«

b) Section 2-2

Sig2pimax = fS \* (3 - (Sig2pm / fB) ^ 2 / 1.5)  
= 212 \* (3 - (22.04/212)^2 / 1.5) = 634.47 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2pitot=25.31 <= Sig2pimax=634.47[N/mm2] (16.12-62)«» (U= 3.9%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2potot=18.76 <= Sig2pimax=634.47[N/mm2] (16.12-63)«» (U= 2.9%) OK«

Sig2qimax = fS \* (3 - (Sig2qm / fB) ^ 2 / 1.5)  
= 212 \* (3 - (22.04/212)^2 / 1.5) = 634.47 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qitot=22.73 <= Sig2qimax=634.47[N/mm2] (16.12-64)«» (U= 3.5%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qotot=21.35 <= Sig2qimax=634.47[N/mm2] (16.12-65)«» (U= 3.3%) OK«

c) Section 3-3

Sig3pimax = fS \* (3 - (Sig3pm / fz) ^ 2 / 1.5)  
= 160 \* (3 - (-0.423/160)^2 / 1.5) = 480.00 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3pitot=1.15 <= Sig3pimax=480.[N/mm2] (16.12-66)«» (U= .2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3potot=-2. <= Sig3pimax=480.[N/mm2] (16.12-67)«» (U= .4%) OK«

Sig3qimax = fS \* (3 - (Sig3qm / fz) ^ 2 / 1.5)  
= 160 \* (3 - (-2.23/160)^2 / 1.5) = 479.98 N/mm2

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qitot=6.07 <= Sig3qimax=479.98[N/mm2] (16.12-68)«» (U= 1.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qotot=-10.53 <= Sig3qimax=479.98[N/mm2] (16.12-69)«» (U= 2.1%) OK«

## 16.12.7 Helman lujuustarkastelu (Leikkaus 4-4)

Huom: Helma on heikoin aukon kohdalla korkeudella z= -500mm

Neutraaliakselin siirrosta aiheutuva lisämomentti

dM4 = eps \* F4 = 12.23\*15143.04= 1,852E05 Nmm

Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4

Sig4pm = (M4 + dM4) / W4 - F4 / A4 (16.12-70)

= (1.5621E06+1.852E05) / 1.516E06 - 15143.04 / 10948.2= - .2306 N/mm2

Sig4qm = - 1 \* (M4 + dM4) / W4 - F4 / A4 (16.12-71)

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

$$=-1*(1.5621E06+1.852E05)/1.516E06-15143.04/10948.2=$$

$$-2.54 \text{ N/mm}^2$$

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4pm=0.2306 <= fz=160[N/mm<sup>2</sup>] (16.12-72)« (U= .1%) OK«

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4qm=2.54 <= fz=160[N/mm<sup>2</sup>] (16.12-73)« (U= 1.5%) OK«

Leikkauksen 4-4 puristusjännitys

$$\text{Sig}4c = - F4 / A4 = -15143.04/10948.2=$$

$$-1.38 \text{ N/mm}^2$$

## 16.14.6 SALLITUT PURISTUSJÄNNITYKSET

$$K = 1.21 * E * ea / (\text{Sige} * D)$$

$$(16.14-15)$$

$$=1.21*2.0738E05*6/(240*606)=$$

$$10.35$$

$$\text{alfa} = 0.83 / \text{Sqr}(1 + 0.005 * D / ea)$$

$$(16.14-16)$$

$$=0.83/\text{Sqr}(1+0.005*606/6)=$$

$$0.6766$$

$$\text{delta} = (1 - 0.4123 / (\text{alfa} * K) ^ 0.6) / S$$

$$(16.14-19)$$

$$=(1-0.4123/(0.6766*10.35)^0.6)/1.5=$$

$$0.5812$$

Sallittu puristusjännitys

$$\text{Sigcall} = \text{Sige} * \text{delta} (16.14-20) = 240*0.5812=$$

$$139.48 \text{ N/mm}^2$$

»Puristusjännityksen rajoitukset (4-4) Sig4c=1.38 <= Sigcall=139.48[N/mm<sup>2</sup>] « (U= .9%) OK«

## Tarkistetaan helman ja päädyn liitoshitsin jännitykset

$$ez = (F4 / (\text{PI} * \text{Dz}) + 4 * M4 / (\text{PI} * \text{Dz} ^ 2)) / (\text{Ewz} * fz)$$

$$=(15143.04/(3.14*606)+4*1.5621E06/(3.14*606^2))/(0.6*160)=0.1393 \text{ mm}$$

»Helman ja päädyn välisen hitsin mitta ez\_weld=0.1393 <= ez=6[mm] « (U= 2.3%) OK«

## HELMAN PERUSTAN LASKENTA

$$\text{Wsk} = F4 / (\text{PI} * \text{Dzb}) = 15143.04/(3.14*606)=$$

$$7.95 \text{ N/mm}$$

$$\text{Msk} = 4 * M4 / (\text{PI} * \text{Dzb} ^ 2)$$

$$=4*1.5621E06/(3.14*606^2)=$$

$$5.42 \text{ N/mm}$$

## Helman perusrenkaan mitoitus (Henry H. Bednar luku 4.3)

Perustan max pintapaine

$$p = (\text{Wsk} + \text{Msk}) / \text{wb} = (7.95+5.42)/215=$$

$$0.0622 \text{ N/mm}^2$$

»Perustan max pintapaine pb=0.0622 <= Fba=3[N/mm<sup>2</sup>] « (U= 2%) OK«

$$n = (\text{dob} - (\text{Dzb} + \text{ez})) / 2 = (926-(606+6))/2=$$

$$157.00 \text{ mm}$$

Perusrenkaan min. paksuus

$$\text{tb} = \text{Sqr}(3 * p * n ^ 2 / \text{fc})$$

$$=\text{Sqr}(3*0.0622*157^2/212)=$$

$$4.66 \text{ mm}$$

»Perusrenkaan min. paksuus tb\_min=4.66 <= tb=24[mm] « (U= 19.4%) OK«

»Perusrenkaan geometrian tarkistus tb=24 >= 1.5 \* ez=9 « OK«

## Ankkuriruuvien mitoitus (Henry H. Bednar luku 4.4)

Ruuviympyrän halkaisija

$$d = \text{Dzb} + \text{ez} + 2 * b = 606+6+2*90=$$

$$792.00 \text{ mm}$$

Ruuvien max veto

$$T = 4 * M1 / (\text{PI} * d ^ 2) - w / (\text{PI} * d)$$

$$=4*1562.12/(3.14*792^2)-15143.04/(3.14*792)=$$

$$-2.92 \text{ N/mm}^2$$

Ruuvien max. voima f etäisyydellä d/2

$$f = T * \text{PI} * d / n = -2.92*3.14*792/4=$$

$$-1813.39 \text{ N}$$

Vaadittu ruuvien poikkipinta-ala

$$\text{Ar} = (4 * M1 / d - w) / (n * \text{Sb})$$

$$=(4*1562.12/792-15143.04)/(4*125)=$$

$$0.00 \text{ mm}^2$$

»Ruuvien poikkipinta-ala Ar=0 <= Ae=427.1[mm<sup>2</sup>] « (U= 0%) OK«

## Ankkurituolien/puristusrenkaan mitoitus

$$n = (\text{dob} - (\text{Dzb} + \text{ez})) / 2 = (926-(606+6))/2=$$

$$157.00 \text{ mm}$$

»Check of Base Plate Width n\_c=157 >= 2\*dbolt + 30mm=76.64« OK«

Perusrenkaan min. paksuus (RKF part 3 BR K4 eqn(12))

$$\text{tbl} = \text{Sqr}(4 * (\text{Msk} + \text{Wsk}) * b / \text{fc})$$

$$=\text{Sqr}(4*(5.42+7.95)*90/212)=$$

$$4.76 \text{ mm}$$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Perusrenkaan min. paksuus  $tb_1=4.76 \leq tb=24[\text{mm}]$  « » (U= 19.8%) OK«

## LASKENTAYHTEENVETO

### SÄILIÖN TAIPUMA KUORMITUSTAPAUKSESSA No: 1 - KOEPONNISTUS

»max taipuma yli 200 mm pituudella  $d_{allow}=1 \geq d_{actual}=0.0012[\text{mm}]$  «» OK«

Between  $z_1= 1227$  and  $z_2= 1426$  in component:S1.1

Säiliön huipun taipuma : 0.0 mm

### SÄILIÖN TAIPUMA KUORMITUSTAPAUKSESSA No: 2 - MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

»max taipuma yli 200 mm pituudella  $d_{allow}=1 \geq d_{actual}=0.0024[\text{mm}]$  «» OK«

Between  $z_1= 1148$  and  $z_2= 1347$  in component:S1.1

Säiliön huipun taipuma : 0.0 mm

### SÄILIÖN TAIPUMA KUORMITUSTAPAUKSESSA No: 3 - TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

»max taipuma yli 200 mm pituudella  $d_{allow}=1 \geq d_{actual}=0.0066[\text{mm}]$  «» OK«

Between  $z_1= 1227$  and  $z_2= 1426$  in component:S1.1

Säiliön huipun taipuma : 0.1 mm

## KUORMITUSTAPAUUS NO: 1 - KOEPONNISTUS

### 16.12.1 kalvojännitysten todennus

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1  $ABS(\text{Sig}1\text{pm})=24.66 \leq f_B=302.1[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-5)«» (U= 8.1%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1  $ABS(\text{Sig}1\text{qm})=24.35 \leq f_B=302.1[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-6)«» (U= 8%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 2-2  $ABS(\text{Sig}2\text{pm})=25.14 \leq f_B=302.1[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-10)«» (U= 8.3%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3  $ABS(\text{Sig}3\text{pm})=0.9953 \leq f_z=228[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-14)«» (U= .4%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3  $ABS(\text{Sig}3\text{qm})=1.64 \leq f_z=228[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-15)«» (U= .7%) OK«

### 16.12.6.2 Taivutusjännitykset

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $\text{Sig}1\text{pitot}=28.89 \leq \text{Sig}1\text{pimax}=904.96[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-58)«» (U= 3.1%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $\text{Sig}1\text{potot}=20.43 \leq \text{Sig}1\text{pimax}=904.96[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-59)«» (U= 2.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $\text{Sig}1\text{qitot}=29.09 \leq \text{Sig}1\text{qimax}=904.99[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-60)«» (U= 3.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $\text{Sig}1\text{qotot}=19.62 \leq \text{Sig}1\text{qimax}=904.99[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-61)«» (U= 2.1%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $\text{Sig}2\text{pitot}=27.83 \leq \text{Sig}2\text{pimax}=904.91[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-62)«» (U= 3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $\text{Sig}2\text{potot}=22.44 \leq \text{Sig}2\text{pimax}=904.91[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-63)«» (U= 2.4%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $\text{Sig}2\text{qitot}=27.32 \leq \text{Sig}2\text{qimax}=904.91[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-64)«» (U= 3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $\text{Sig}2\text{qotot}=22.95 \leq \text{Sig}2\text{qimax}=904.91[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-65)«» (U= 2.5%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $\text{Sig}3\text{pitot}=2.44 \leq \text{Sig}3\text{pimax}=684.[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-66)«» (U= .3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $\text{Sig}3\text{potot}=-4.43 \leq \text{Sig}3\text{pimax}=684.[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-67)«» (U= .6%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $\text{Sig}3\text{qitot}=4.03 \leq \text{Sig}3\text{qimax}=683.99[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-68)«» (U= .5%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $\text{Sig}3\text{qotot}=-7.31 \leq \text{Sig}3\text{qimax}=683.99[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-69)«» (U= 1%) OK«

### 16.12.7 Helman lujuustarkastelu (Leikkaus 4-4)

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4  $\text{Sig}4\text{pm}=0.885 \leq f_z=228[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-72)«» (U= .3%) OK«

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4  $\text{Sig}4\text{qm}=1.87 \leq f_z=228[\text{N}/\text{mm}^2]$  (16.12-73)«» (U= .8%) OK«

»Puristusjännityksen rajoitukset (4-4)  $\text{Sig}4\text{c}=1.38 \leq \text{Sig}4\text{c}_{all}=199.26[\text{N}/\text{mm}^2]$  «» (U= .6%) OK«

Tarkistetaan helman ja päädyn liitoshitsin jännitykset

»Helman ja päädyn välisen hitsin mitta  $e_z\_weld=0.0721 \leq e_z=6[\text{mm}]$  «» (U= 1.2%) OK«

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

## HELMAN PERUSTAN LASKENTA

»Perustan max pintapaine  $p_b=0.0459 \leq F_b=3[N/mm^2]$  « » (U= 1.5%) OK«

»Perusrenkaan min. paksuus  $t_{b\_min}=4. \leq t_b=24[mm]$  « » (U= 16.6%) OK«

»Ruuvien poikkipinta-ala  $A_r=0 \leq A_e=427.1[mm^2]$  « » (U= 0%) OK«

»Perusrenkaan min. paksuus  $t_{b1}=4.09 \leq t_b=24[mm]$  « » (U= 17%) OK«

## KUORMITUSTAPAUS NO: 2 - MAANJÄRISTYS KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

### 16.12.1 kalvojännitysten todennus

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1  $ABS(Sig1pm)=21.37 \leq f_B=212[N/mm^2]$  (16.12-5)«» (U= 10%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1  $ABS(Sig1qm)=21.05 \leq f_B=212[N/mm^2]$  (16.12-6)«» (U= 9.9%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 2-2  $ABS(Sig2pm)=22.04 \leq f_B=212[N/mm^2]$  (16.12-10)«» (U= 10.3%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3  $ABS(Sig3pm)=1.07 \leq f_z=160[N/mm^2]$  (16.12-14)«» (U= .6%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3  $ABS(Sig3qm)=1.58 \leq f_z=160[N/mm^2]$  (16.12-15)«» (U= .9%) OK«

### 16.12.6.2 Taivutusjännitykset

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1pitot=26.79 \leq Sig1pimax=634.56[N/mm^2]$  (16.12-58)«» (U= 4.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1potot=15.95 \leq Sig1pimax=634.56[N/mm^2]$  (16.12-59)«» (U= 2.5%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1qitot=27.2 \leq Sig1qimax=634.61[N/mm^2]$  (16.12-60)«» (U= 4.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1)  $Sig1qotot=14.91 \leq Sig1qimax=634.61[N/mm^2]$  (16.12-61)«» (U= 2.3%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $Sig2pitot=24.38 \leq Sig2pimax=634.47[N/mm^2]$  (16.12-62)«» (U= 3.8%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $Sig2potot=19.69 \leq Sig2pimax=634.47[N/mm^2]$  (16.12-63)«» (U= 3.1%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $Sig2qitot=23.65 \leq Sig2qimax=634.47[N/mm^2]$  (16.12-64)«» (U= 3.7%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.2-2)  $Sig2qotot=20.42 \leq Sig2qimax=634.47[N/mm^2]$  (16.12-65)«» (U= 3.2%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $Sig3pitot=2.92 \leq Sig3pimax=480.[N/mm^2]$  (16.12-66)«» (U= .6%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $Sig3potot=-5.06 \leq Sig3pimax=480.[N/mm^2]$  (16.12-67)«» (U= 1%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $Sig3qitot=4.3 \leq Sig3qimax=479.99[N/mm^2]$  (16.12-68)«» (U= .8%) OK«

»Kokonaisjännitys (Sect.3-3)  $Sig3qotot=-7.46 \leq Sig3qimax=479.99[N/mm^2]$  (16.12-69)«» (U= 1.5%) OK«

### 16.12.7 Helman lujuustarkastelu (Leikkaus 4-4)

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4  $Sig4pm=0.9709 \leq f_z=160[N/mm^2]$  (16.12-72)«» (U= .6%) OK«

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4  $Sig4qm=1.8 \leq f_z=160[N/mm^2]$  (16.12-73)«» (U= 1.1%) OK«

»Puristusjännityksen rajoitukset (4-4)  $Sig4c=1.38 \leq Sigcall=139.48[N/mm^2]$  «» (U= .9%) OK«

Tarkistetaan helman ja päädyn liitoshitsin jännitykset

»Helman ja päädyn välisen hitsin mitta  $e_z\_weld=0.0987 \leq e_z=6[mm]$  «» (U= 1.6%) OK«

## HELMAN PERUSTAN LASKENTA

»Perustan max pintapaine  $p_b=0.0441 \leq F_b=3[N/mm^2]$  « » (U= 1.4%) OK«

»Perusrenkaan min. paksuus  $t_{b\_min}=3.92 \leq t_b=24[mm]$  « » (U= 16.3%) OK«

»Ruuvien poikkipinta-ala  $A_r=0 \leq A_e=427.1[mm^2]$  « » (U= 0%) OK«

»Perusrenkaan min. paksuus  $t_{b1}=4.01 \leq t_b=24[mm]$  « » (U= 16.7%) OK«

## KUORMITUSTAPAUS NO: 3 - TUULIKUORMA KÄYTTÖOLOSUHTEISSA

### 16.12.1 kalvojännitysten todennus

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1  $ABS(Sig1pm)=21.77 \leq f_B=212[N/mm^2]$  (16.12-5)«» (U= 10.2%) OK«

»Kalvojännitys leikkauksessa 1-1  $ABS(Sig1qm)=20.65 \leq f_B=212[N/mm^2]$  (16.12-6)«» (U= 9.7%) OK«

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-05 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - EN 13445-3; 16.12 - PYSTYSÄILIÖIDEN HELMATUENTA

SK.1 Skirt Support 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:E2.1

»Kalvojännitys leikkauksessa 2-2 ABS(Sig2pm)=22.04 <= fb=212[N/mm2] (16.12-10)«» (U= 10.3%) OK«  
»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3pm)=0.423 <= fz=160[N/mm2] (16.12-14)«» (U= .2%) OK«  
»Kalvojännitys leikkauksessa 3-3 ABS(Sig3qm)=2.23 <= fz=160[N/mm2] (16.12-15)«» (U= 1.3%) OK«

## 16.12.6.2 Taivutusjännitykset

»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1pitot=26.26 <= Sig1pimax=634.51[N/mm2] (16.12-58)«» (U= 4.1%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1potot=17.29 <= Sig1pimax=634.51[N/mm2] (16.12-59)«» (U= 2.7%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1qitot=27.72 <= Sig1qimax=634.66[N/mm2] (16.12-60)«» (U= 4.3%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.1-1) Sig1qotot=13.58 <= Sig1qimax=634.66[N/mm2] (16.12-61)«» (U= 2.1%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2pitot=25.31 <= Sig2pimax=634.47[N/mm2] (16.12-62)«» (U= 3.9%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2potot=18.76 <= Sig2pimax=634.47[N/mm2] (16.12-63)«» (U= 2.9%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qitot=22.73 <= Sig2qimax=634.47[N/mm2] (16.12-64)«» (U= 3.5%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.2-2) Sig2qotot=21.35 <= Sig2qimax=634.47[N/mm2] (16.12-65)«» (U= 3.3%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3pitot=1.15 <= Sig3pimax=480.[N/mm2] (16.12-66)«» (U= .2%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3potot=-2. <= Sig3pimax=480.[N/mm2] (16.12-67)«» (U= .4%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qitot=6.07 <= Sig3qimax=479.98[N/mm2] (16.12-68)«» (U= 1.2%) OK«  
»Kokonaisjännitys (Sect.3-3) Sig3qotot=-10.53 <= Sig3qimax=479.98[N/mm2] (16.12-69)«» (U= 2.1%) OK«

## 16.12.7 Helman lujuustarkastelu (Leikkaus 4-4)

»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4pm=0.2306 <= fz=160[N/mm2] (16.12-72)«» (U= .1%) OK«  
»Kalvojännitykset leikkauksessa 4-4 Sig4qm=2.54 <= fz=160[N/mm2] (16.12-73)«» (U= 1.5%) OK«  
»Puristusjännityksen rajoitukset (4-4) Sig4c=1.38 <= Sigcall=139.48[N/mm2] «» (U= .9%) OK«

Tarkistetaan helman ja päädyn liitoshitsin jännitykset

»Helman ja päädyn välisen hitsin mitta ez\_weld=0.1393 <= ez=6[mm] «» (U= 2.3%) OK«

## HELMAN PERUSTAN LASKENTA

»Perustan max pintapaine pb=0.0622 <= Fba=3[N/mm2] « » (U= 2%) OK«  
»Perusrenkaan min. paksuus tb\_min=4.66 <= tb=24[mm] « » (U= 19.4%) OK«  
»Ruuvien poikkipinta-ala Ar=0 <= Ae=427.1[mm2] « » (U= 0%) OK«  
»Perusrenkaan min. paksuus tb1=4.76 <= tb=24[mm] « » (U= 19.8%) OK«

Tilavuus:0 m3 Paino:207.9 kg (SG= 7.85 )

**SYÖTTÖARVOT****LASKIJAN MÄÄRITTELEMÄN OSAN LASKENTATIEDOT**

LASKIJAN MÄÄRITTELEMÄN OSAN TYYPPI: Osia, joita EI ole alla olevassa luettelossa

OSAN SIJAINNIT: Ulkoinen

Osan kommentit/mitat: L=610, Ø=300

laskelmiin tarvittava sivumäärä.....:	0.00	Pages
Osan max kuormitusaste.....:Umax	65.00	%
Osan tyhjäpaino.....:	46.00	kg
Projektiopinta-alan lisäys tuuli- / räjähdyskuormalle:Ax	0.00	m2
Osan alkupiste Z-suunnassa.....:z1	200.00	mm
Osan loppupiste Z-suunnassa.....:z2	1200.00	mm
Painopisteen paikka X-suunnassa.....:	0.00	mm
Painopisteen paikka Y-suunnassa.....:	0.00	mm
Painopisteen paikka Z-suunnassa.....:	0.00	mm

»Kuormitusasteen tarkistus en=65 &lt;= 100«      » (U= 65%) OK«

**LASKENTAYHTEENVETO**

»Kuormitusasteen tarkistus en=65 &lt;= 100«      » (U= 65%) OK«

Tilavuus:0 m3    Paino:46 kg (SG= 0 )

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.5 LIERIÖN YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LC.1 Loads on Nozzles N1&N2 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.1

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

Liittyy: N.1 Yhde, Saumaton putki Inlet S1.1

### VAIPAN ARVOT

VAIPAN ULKOHALKAISUJA.....:De 609.60 mm  
VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:en 12.70 mm  
- TOLERANSSI/OHENEMISVARA.....:th 0.00 mm  
SISÄPUOLEN KORROOSIOVARA.....:c 3.00 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 f=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

### YHTEEN ARVOT

YHTEEN ULKOHALKAISUJA.....:deb 219.00 mm  
YHTEEN VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:enb 12.70 mm  
SUURIN MAHDOLLINEN PAINE.....:Pmax 6.23 MPa  
Laipan ja yhteen koko: 8"  
Kommentti (Valinnainen): SCH 80S  
NEGATIIVINEN TOLERANSSI .....: 12.50 %  
API 5L B Plate M 0 THK<=999mm 50'C  
Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 fb=160 f20=160 ftest=0 (N/mm2)

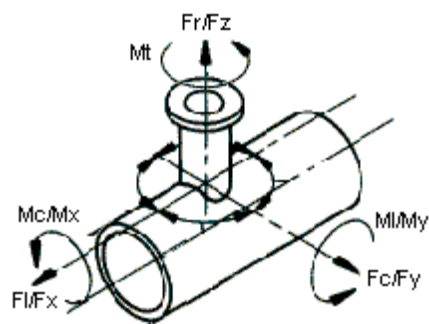
### VAHVISTUSLEVYN TIEDOT



Vahvistuslevyn tyyppi: Yhteessä vahvistuslevy

VAHVISTUSLEVYN PAKSUUS.....:eap 12.70 mm  
VAHVISTUSLEVYN LEVEYS.....:Ip 100.00 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 fp=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

### KUORMITUSTEN SYÖTÖ



Ulkoiset yhdevoimat: Yhdevoimat ohjeen NORSOK R-001, Rev. 3 mukaan

Paineenkesto: PN 20 (150#)

Yhteen koko: DN 200 8 inch

KERROIN C4: C4 = 1.0 Jäykkä kiinnitys

### KUORMITUSALUE

Kuorman kuvaus	TUNNUS	Yksiköt	Min arvo	Max arvo
Paine	P	MPa		1.4
Säteisvoima	Fz	kN	0	5.483
Pitkittäinen momentti	My	kNm	0	6.1776
Kehänsuuntainen momentti	Mx	kNm	0	6.1776
Pitkitt. Leikkausvoima	Fy	kN	0	5.483
Kehäns. Leikkausvoima	Fx	kN	0	5.483

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.5 LIERIÖN YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LC.1 Loads on Nozzles N1&N2 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.1

Kuorman kuvaus	TUNNUS	Yksiköt	Min arvo	Max arvo
Vääntömomentti	Mt	kNm	0	6.1776

## LASKENTA-ARVOT

### ALUSTAVAT LASKELMAT

Kuoren laskentapaksuus eas  
 $eas = en - c - th = 12.7 - 3 - 0 = 9.70 \text{ mm}$   
Yhteen laskentapaksuus eb  
 $eb = enb - c - NegDev = 12.7 - 3 - 1.5875 = 8.11 \text{ mm}$   
Kuoren keskihalkaisija  
 $D = De - ea = 609.6 - 9.7 = 599.90 \text{ mm}$   
Kuoren keskisäde  
 $R = D / 2 = 599.9 / 2 = 299.95 \text{ mm}$   
Kokonaismomentti  
 $MB = \text{Sqr}(Mx^2 + My^2) = \text{Sqr}(6.1776^2 + 6.1776^2) = 8.74 \text{ kNm}$

### 16.5.3 SOVELTAMISRAJAT

»a)  $ea/D = 0.0162 \geq 0.001$  » OK«  
»a)  $ea/D = 0.0162 \leq 0.1$  » OK«  
»b)  $\lambda C = 1.82 \leq 10$  » OK«  
»c) Vähimmäisetaisyuden muihin paikallisiin kuormiin pitää olla  $\text{SQR}(D \cdot ec) = 115.9 \text{ mm}$   
»d) Yhteen pakkuuden tulee ulottua etäisyydelle  $\text{SQR}(d \cdot eb) = 41.4 \text{ mm}$

## KUORMITUSTAPAUS 1, YHTEEN ULKOHALKAISIJAN KOHDALLA OLEVAT JÄNNITYKSET

Yhteen keskihalkaisija  
 $d = deb - eb = 219 - 8.1125 = 210.89 \text{ mm}$   
Yhdistetty laskentapaksuus  
 $ec = ea + eap \cdot \text{Min}(fp / f1) = 9.7 + 12.7 \cdot \text{Min}(212/212, 1) = 22.40 \text{ mm}$   
 $\lambda C = d / \text{Sqr}(D \cdot ec) = 210.89 / \text{Sqr}(599.9 \cdot 22.4) = 1.82$   
 $\text{Ratio1} = eb / ec = 8.1125 / 22.4 = 0.3622$   
 $\text{Ratio2} = D / ec = 599.9 / 22.4 = 26.78$   
KERTOIMET C1, C2 JA C3 KUVISTA 16.5-2...16.5-4  
 $C1 = 2.341 \quad C2 = 5.051 \quad C3 = 8.820$

### 16.5.5 SALLITUT YKSITTÄISET KUORMAT

Suurin mahdollinen paine Pmax:  
 $Pmax (\text{from nozzle calculation}) = Pmax (16.5-2) = 6.23 = 6.23 \text{ MPa}$   
Sallittu aksiaalikuorma Fzmax:  
 $Fzmax = f \cdot ec^2 \cdot \text{Max}(C1, 1.81) = 212 \cdot 22.4^2 \cdot \text{Max}(2.34, 1.81) = 249.05 \text{ kN} \quad (16.5-3)$   
Sallittu kehäsuuntainen momentti Mxmax:  
 $Mxmax = f \cdot ec^2 \cdot d / 4 \cdot \text{Max}(C2, 4.90) = 212 \cdot 22.4^2 \cdot 210.89 / 4 \cdot \text{Max}(5.05, 4.90) = 28.33 \text{ kNm} \quad (16.5-5)$   
Sallittu pitkittäinen momentti Mymax:  
 $Mymax = f \cdot ec^2 \cdot d / 4 \cdot \text{Max}(C3, 4.90) = 212 \cdot 22.4^2 \cdot 210.89 / 4 \cdot \text{Max}(8.82, 4.90) = 49.47 \text{ kNm} \quad (16.5-7)$

### LEIKKAUSJÄNNITYKSEN KAAVAT (PD5500 luku G.2.3.6.3)

Pitkitt. leikkausvoiman aih. Leikkausjännitys, TauFl  
 $\text{TauFl} = 2 \cdot Fl / (\text{PI} \cdot deb \cdot ec) = 2 \cdot 5.483 / (3.14 \cdot 219 \cdot 22.4) = 0.7116 \text{ N/mm}^2$   
Kehäsuuntaisen voiman aiheuttama leikkausjännitys, TauFc  
 $\text{TauFc} = 2 \cdot Fc / (\text{PI} \cdot deb \cdot ec) = 2 \cdot 5.483 / (3.14 \cdot 219 \cdot 22.4) = 0.7116 \text{ N/mm}^2$   
Vääntömomentin aih. Leikkausjännitys, TauMt  
 $\text{TauMt} = 2 \cdot Mt / (\text{PI} \cdot deb^2 \cdot ec) = 2 \cdot 6.1776 / (3.14 \cdot 219^2 \cdot 22.4) = 3.66 \text{ N/mm}^2$

Kokonaisleikkausjännitys, Tau:

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.5 LIERIÖN YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LC.1 Loads on Nozzles N1&N2 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.1

$$\begin{aligned} \text{Tau} &= \text{Sqr}(\text{TauFc}^2 + \text{TauFl}^2) + \text{TauMt} \\ &= \text{Sqr}(0.7116^2 + 0.7116^2) + 3.66 = \end{aligned}$$

4.67 N/mm2

## 16.5.6 ULKOISTEN KUORMIEN JA SISÄISEN PAINEEN YHDISTELMÄ

$$\text{PhiP} = P / \text{Pmax} (16.5-9) = 1.4 / 6.23 =$$

0.2245

$$\text{PhiZ} = Fz / Fz\text{max} (16.5-10) = 5.483 / 249.05 =$$

0.0220

$$\text{PhiTau} = \text{Tau} / (0.5 * f) = 4.67 / (0.5 * 212) =$$

0.0440

$$\text{PhiB} = \text{Sqr}((Mx / Mx\text{max})^2 + (My / My\text{max})^2) (16.5-11)$$

$$= \text{Sqr}((6.1776 / 28.33)^2 + (6.1776 / 49.47)^2) =$$

0.2513

$$\text{MaxAll} = \text{MAX}(\text{Abs}(\text{PhiP} / C4 + \text{PhiZ}), \text{Abs}(\text{PhiZ}), \text{Abs}(\text{PhiP} / C4 - 0.2 * \text{PhiZ})) (16.5-15)$$

$$= \text{MAX}(\text{Abs}(0.2245 / 1 + 0.022), \text{Abs}(0.022), \text{Abs}(0.2245 / 1 - 0.2 * 0.022)) = 0.2466$$

$$\text{PhiAll} = \text{Sqr}(\text{MaxAll}^2 + \text{PhiB}^2 + \text{PhiTau}^2) (16.5-15)$$

$$= \text{Sqr}(0.2466^2 + 0.2513^2 + 0.044^2) =$$

0.3548

### 16.5.6.4 Yksittäisten kuormitusuhteiden tarkastelu

»PhiP YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiP=0.2245 <= 1.0=1(16.5-12)«» (U= 22.4%) OK«

»PhiZ YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiZ=0.022 <= 1.0=1(16.5-13)«» (U= 2.2%) OK«

»PhiB YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiB=0.2513 <= 1.0=1(16.5-14)«» (U= 25.1%) OK«

»PhiTau YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiTau=0.044 <= 1.0=1« » (U= 4.4%) OK«

»PhiAll YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiAll=0.3548 <= 1.0=1(16.5-15)«» (U= 35.4%) OK«

## KUORMITUSTAPAUS 2, JÄNNITYKSET VAHVISTUSLEVYN ULKOREUNALLA

Vahvistuslevyn ulkohalkaisija

$$d = \text{deb} + 2 * \text{Ip} = 219 + 2 * 100 =$$

419.00 mm

Yhdistetty laskentapaksuus

$$ec = ea = 9.7 =$$

9.70 mm

$$\text{LamdaC} = d / \text{Sqr}(D * ec) = 419 / \text{Sqr}(599.9 * 9.7) =$$

5.49

$$\text{Ratio1} = \text{MAX}(eb / ec, 0.5) = \text{MAX}(8.1125 / 9.7, 0.5) =$$

0.8363

$$\text{Ratio2} = D / ec = 599.9 / 9.7 =$$

61.85

KERTOIMET C1, C2 JA C3 KUVISTA 16.5-2...16.5-4

$$C1 = 5.753 \quad C2 = 7.064 \quad C3 = 30.854$$

### 16.5.5 SALLITUT YKSITTÄISET KUORMAT

Suurin mahdollinen paine Pmax:

$$\text{Pmax} (\text{from nozzle calculation}) = \text{Pmax} (16.5-2) = 6.23 =$$

6.23 MPa

Sallittu aksiaalikuorma Fzmax:

$$Fz\text{max} = f * ec^2 * \text{Max}(C1, 1.81) (16.5-3)$$

$$= 212 * 9.7^2 * \text{Max}(5.75, 1.81) =$$

114.76 kN

Sallittu kehänsuuntainen momentti Mxmax:

$$Mx\text{max} = f * ec^2 * d / 4 * \text{Max}(C2, 4.90) (16.5-5)$$

$$= 212 * 9.7^2 * 419 / 4 * \text{Max}(7.06, 4.90) =$$

14.76 kNm

Sallittu pitkittäinen momentti Mymax:

$$Mymax = f * ec^2 * d / 4 * \text{Max}(C3, 4.90) (16.5-7)$$

$$= 212 * 9.7^2 * 419 / 4 * \text{Max}(30.85, 4.90) =$$

64.47 kNm

### LEIKKAUSJÄNNITYKSEN KAAVAT (PD5500 luku G.2.3.6.3)

Pitkitt. leikkausvoiman aih. Leikkausjännitys, TauFl

$$\text{TauFl} = 2 * F_l / (\text{PI} * \text{deb} * ec)$$

$$= 2 * 5.483 / (3.14 * 219 * 9.7) =$$

1.64 N/mm2

Kehänsuuntaisen voiman aiheuttama leikkausjännitys, TauFc

$$\text{TauFc} = 2 * F_c / (\text{PI} * \text{deb} * ec)$$

$$= 2 * 5.483 / (3.14 * 219 * 9.7) =$$

1.64 N/mm2

Vääntömomentin aih. Leikkausjännitys, TauMt

$$\text{TauMt} = 2 * M_t / (\text{PI} * \text{deb}^2 * ec)$$

$$= 2 * 6.1776 / (3.14 * 219^2 * 9.7) =$$

8.45 N/mm2

Kokonaisleikkausjännitys, Tau:

$$\text{Tau} = \text{Sqr}(\text{TauFc}^2 + \text{TauFl}^2) + \text{TauMt}$$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.5 LIERIÖN YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LC.1 Loads on Nozzles N1&N2 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.1

$$=\text{Sqr}(1.64^2+1.64^2)+8.45= \underline{\underline{10.78 \text{ N/mm2}}}$$

## 16.5.6 ULKOISTEN KUORMIEN JA SISÄISEN PAINEEN YHDISTELMÄ

$$\text{PhiP} = P / P_{\text{max}} (16.5-9) = 1.4/6.23= \underline{\underline{0.2245}}$$

$$\text{PhiZ} = F_z / F_{z\text{max}} (16.5-10) = 5.483/114.76= \underline{\underline{0.0478}}$$

$$\text{PhiTau} = \text{Tau} / (0.5 * f) = 10.78/(0.5*212)= \underline{\underline{0.1017}}$$

$$\text{PhiB} = \text{Sqr}((M_x / M_{x\text{max}})^2 + (M_y / M_{y\text{max}})^2) \quad (16.5-11) \\ = \text{Sqr}((6.1776/14.76)^2 + (6.1776/64.47)^2) = \underline{\underline{0.4294}}$$

$$\text{MaxAll} = \text{MAX}(\text{Abs}(\text{PhiP}/C4+\text{PhiZ}), \text{Abs}(\text{PhiZ}), \text{Abs}(\text{PhiP}/C4-0.2*\text{PhiZ}) \quad (16.5-15) \\ = \text{MAX}(\text{Abs}(0.2245/1+0.0478), \text{Abs}(0.0478), \text{Abs}(0.2245/1-0.2*0.0478)) = \underline{\underline{0.2723}}$$

$$\text{PhiAll} = \text{Sqr}(\text{MaxAll}^2 + \text{PhiB}^2 + \text{PhiTau}^2) \quad (16.5-15) \\ = \text{Sqr}(0.2723^2+0.4294^2+0.1017^2) = \underline{\underline{0.5185}}$$

### 16.5.6.4 Yksittäisten kuormitusuhteiden tarkastelu

»PhiP VAHVISTUSLEVYN REUNALLA PhiP=0.2245 <= 1.0=1(16.5-12)«» (U= 22.4%) OK«

»PhiZ VAHVISTUSLEVYN REUNALLA PhiZ=0.0478 <= 1.0=1(16.5-13)«» (U= 4.7%) OK«

»PhiB VAHVISTUSLEVYN REUNALLA PhiB=0.4294 <= 1.0=1(16.5-14)«» (U= 42.9%) OK«

»PhiTau VAHVISTUSLEVYN REUNALLA PhiTau=0.1017 <= 1.0=1« » (U= 10.1%) OK«

»PhiAll VAHVISTUSLEVYN REUNALLA PhiAll=0.5185 <= 1.0=1(16.5-15)«» (U= 51.8%) OK«

## 16.5.7 JÄNNITYSALUEET JA NIIDEN YHDISTELMÄT

### 16.5.7.1 KUORMITUSALUEET

$$\text{DeltaP} = \text{Max}(P_{\text{max}}, 0) - \text{Min}(P_{\text{min}}, 0) \quad (16.5-16) \\ = \text{Max}(1.4, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{1.40 \text{ MPa}}}$$

$$\text{DeltaFz} = \text{Max}(F_{z\text{max}}, 0) - \text{Min}(F_{z\text{min}}, 0) \quad (16.5-17) \\ = \text{Max}(5.483, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{5.48 \text{ kN}}}$$

$$\text{DeltaMx} = \text{Max}(M_{x\text{max}}, 0) - \text{Min}(M_{x\text{min}}, 0) \quad (16.5-18) \\ = \text{Max}(6.1776, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{6.18 \text{ kNm}}}$$

$$\text{DeltaMy} = \text{Max}(M_{y\text{max}}, 0) - \text{Min}(M_{y\text{min}}, 0) \quad (16.5-19) \\ = \text{Max}(6.1776, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{6.18 \text{ kNm}}}$$

$$\text{DeltaFl} = \text{Max}(F_{l\text{max}}, 0) - \text{Min}(F_{l\text{min}}, 0) \\ = \text{Max}(5.483, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{5.48 \text{ kN}}}$$

$$\text{DeltaFc} = \text{Max}(F_{c\text{max}}, 0) - \text{Min}(F_{c\text{min}}, 0) \\ = \text{Max}(5.483, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{5.48 \text{ kN}}}$$

$$\text{DeltaFshear} = \text{Sqr}(\text{DeltaFl}^2 + \text{DeltaFc}^2) \\ = \text{Sqr}(5.483^2+5.483^2) = \underline{\underline{7.75 \text{ kN}}}$$

$$\text{DeltaMt} = \text{Max}(M_{t\text{max}}, 0) - \text{Min}(M_{t\text{min}}, 0) \\ = \text{Max}(6.1776, 0) - \text{Min}(0, 0) = \underline{\underline{6.18 \text{ kNm}}}$$

### 16.5.7.2 LASKENNALLINEN KUOREN PAKSUUS

$$\text{eeq} = e_a + \text{Min}(e_a * I_p / \text{Sqr}(D * (e_a + e_a)), e_a) * \text{Min}(f_p / f_l) \quad (16.5-20) \\ = 9.7 + \text{Min}(12.7 * 100 / \text{Sqr}(599.9 * (9.7 + 12.7)), 12.7) * \text{Min}(212 / 212, 1) = \underline{\underline{20.66 \text{ mm}}}$$

### 16.5.7.3 JÄNNITYKSET

KERTOIMET C1, C2 JA C3 KUVISTA 16.5-2...16.5-4

$$C1 = 5.753 \quad C2 = 7.064 \quad C3 = 30.854$$

$$\text{Tmp1} = \text{Sqr}(d * e_b / (D * \text{eeq})) \\ = \text{Sqr}(210.89 * 8.1125 / (599.9 * 20.66)) = 0.3716$$

$$\text{Tmp2} = (2 + 2 * d / D * \text{Tmp1} + 1.25 * d / D * \text{Sqr}(D / \text{eeq})) / (1 + e_b / \text{eeq} * \text{Tmp1}) \\ = (2 + 2 * 210.89 / 599.9 * 0.3716 + 1.25 * 210.89 / 599.9 * \text{Sqr}(599.9 / 20.66)) / (1 + 8.1125 / 20.66 * 0.3716) = 4.04$$

Paineen aiheuttamat jännitykset

$$\text{SigP} = \text{DeltaP} * D / (2 * \text{eeq}) * \text{Tmp2} \quad (16.5-21) \\ = 1.4 * 599.9 / (2 * 20.66) * 4.04 = \underline{\underline{82.13 \text{ N/mm2}}}$$

Aksiaalikuormien aiheuttamat jännitykset

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.5 LIERIÖN YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LC.1 Loads on Nozzles N1&N2 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.1

$$\text{SigFz} = 2.25 / C1 * (\text{DeltaFz} / \text{eeq}^2) \quad (16.5-22)$$
$$= 2.25 / 5.75 * (5.483 / 20.66^2) = \underline{5.03 \text{ N/mm}^2}$$

Kehänsuuntaisen momentin aiheuttamat jännitykset

$$\text{SigMx} = 2.25 / C2 * (4 * \text{DeltaMx} / (\text{eeq}^2 * d)) \quad (16.5-23)$$
$$= 2.25 / 7.06 * (4 * 6.1776 / (20.66^2 * 210.89)) = \underline{87.48 \text{ N/mm}^2}$$

Pitkittäisen momentin aiheuttamat jännitykset

$$\text{SigMy} = 2.25 / C3 * (4 * \text{DeltaMy} / (\text{eeq}^2 * d)) \quad (16.5-24)$$
$$= 2.25 / 30.85 * (4 * 6.1776 / (20.66^2 * 210.89)) = \underline{20.03 \text{ N/mm}^2}$$

Pitkitt. Leikkausvoiman aih. Leikkausjännitykset, DeltaFl

$$\text{TauFl} = 2 * \text{DeltaFl} / (\text{PI} * \text{deb} * \text{eeq})$$
$$= 2 * 5.483 / (3.14 * 219 * 20.66) = \underline{0.7716 \text{ N/mm}^2}$$

Kehänsuuntaisen voiman aiheuttama leikkausjännitys, TauFc

$$\text{TauFc} = 2 * \text{DeltaFc} / (\text{PI} * \text{deb} * \text{eeq})$$
$$= 2 * 5.483 / (3.14 * 219 * 20.66) = \underline{0.7716 \text{ N/mm}^2}$$

Vääntömomentin aih. Leikkausjännitys, TauMt

$$\text{TauMt} = 2 * \text{DeltaMt} / (\text{PI} * \text{deb}^2 * \text{eeq})$$
$$= 2 * 6.1776 / (3.14 * 219^2 * 20.66) = \underline{3.97 \text{ N/mm}^2}$$

Kokonaisleikkausjännitys, Tau:

$$\text{Tau} = \text{Sqr}(\text{TauFc}^2 + \text{TauFl}^2) + \text{TauMt}$$
$$= \text{Sqr}(0.7716^2 + 0.7716^2) + 3.97 = \underline{5.06 \text{ N/mm}^2}$$

Kokonaiskuormituksen aiheuttama jännitysintensiteetti

$$\text{SigTot} = \text{Abs}(\text{SigT} + \text{Sqr}((\text{SigP} + \text{SigFz})^2 + \text{SigMx}^2 + \text{SigMy}^2 + 4 * \text{Tau}^2)) \quad (16.5-25)$$
$$= \text{Abs}(0 + \text{Sqr}((82.13 + 5.03)^2 + 87.48^2 + 20.03^2 + 4 * 5.06^2)) = \underline{125.51 \text{ N/mm}^2}$$

»Kuoren kokonaisjännitys SigTot=125.51 <= 3\*f=636[N/mm2] « » (U= 19.7%) OK«

## 16.5.8 YHTEEN PITKITTÄISET JÄNNITYKSET

Suurin pitkitt. jännitys yhteessä

$$\text{SigLong} = P * d / (4 * \text{eb}) + 4 * \text{MB} / (\text{PI} * d^2 * \text{eb}) + \text{Fz} / (\text{PI} * d * \text{eb}) \quad (16.5-26)$$
$$= 1.4 * 210.89 / (4 * 8.1125) + 4 * 8.74 / (3.14 * 210.89^2 * 8.1125) + 5483 / (3.14 * 210.89 * 8.1125) = \underline{40.95 \text{ N/mm}^2}$$

»Yhteen pituusjännitys SigLong=40.95 <= fb=160[N/mm2] « » (U= 25.5%) OK«

## 16.14.6 SALLITUT PURISTUSJÄNNITYKSET

$$K = 1.21 * E * ea / (\text{Sige} * D) \quad (16.14-15)$$

$$= 1.21 * 200000 * 8.1125 / (240 * 210.89) = 38.79$$

$$\text{alfa} = 0.83 / \text{Sqr}(1 + 0.005 * D / ea) \quad (16.14-16)$$

$$= 0.83 / \text{Sqr}(1 + 0.005 * 210.89 / 8.1125) = 0.7808$$

$$\text{delta} = (1 - 0.4123 / (\text{alfa} * K)^{0.6}) / S \quad (16.14-19)$$

$$= (1 - 0.4123 / (0.7808 * 38.79)^{0.6}) / 1.5 = 0.6312$$

Sallittu puristusjännitys

$$\text{Sigcall} = \text{Sige} * \text{delta} \quad (16.14-20) = 240 * 0.6312 = \underline{151.48 \text{ N/mm}^2}$$

## 16.14.4 SALLITUT ERILLISET KUORMAT

Max vetovoima Ftmax

$$\text{Ftmax} = \text{PI} * D * ea * f \quad (16.14-1) = 3.14 * 210.89 * 8.1125 * 160 = \underline{859.95 \text{ kN}}$$

Max puristusvoima Fcmax

$$\text{Fcmax} = \text{PI} * D * ea * \text{Sigcall} \quad (16.14-2)$$
$$= 3.14 * 210.89 * 8.1125 * 151.48 = \underline{814.15 \text{ kN}}$$

Max taivutusmomentti Mmax

$$\text{Mmax} = \text{PI} / 4 * D^2 * ea * \text{Sigcall} \quad (16.14-3)$$
$$= 3.14 / 4 * 210.89^2 * 8.1125 * 151.48 = \underline{42.92 \text{ kNm}}$$

Pituussuunt. lommahduksen tarkistus (P=0)

$$\text{LongStab} = \text{MB} / \text{Mmax} + \text{Abs}(\text{Fzmin}) / \text{Fcmax} \quad (16.5-27)$$
$$= 8.74 / 42.92 + \text{Abs}(0) / 814.15 = \underline{0.2035}$$

»Yhteen pitkittäinen stabiilius LongStab=0.2035 <= 1.0=1« » (U= 20.3%) OK«

## Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.5 LIERIÖN YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LC.1 Loads on Nozzles N1&N2 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.1

### LASKENTAYHTEENVETO

#### KUORMITUSTAPAUS 1, YHTEEN ULKOHALKAISIJAN KOHDALLA OLEVAT JÄNNITYKSET

16.5.6.4 Yksittäisten kuormitussuhteiden tarkastelu

»PhiP YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_P=0.2245 \leq 1.0 = 1(16.5-12) \llcorner \llcorner$  (U= 22.4%) OK«

»PhiZ YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_Z=0.022 \leq 1.0 = 1(16.5-13) \llcorner \llcorner$  (U= 2.2%) OK«

»PhiB YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_B=0.2513 \leq 1.0 = 1(16.5-14) \llcorner \llcorner$  (U= 25.1%) OK«

»PhiTau YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_{\tau}=0.044 \leq 1.0 = 1 \llcorner \llcorner$  (U= 4.4%) OK«

»PhiAll YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_{All}=0.3548 \leq 1.0 = 1(16.5-15) \llcorner \llcorner$  (U= 35.4%) OK«

#### KUORMITUSTAPAUS 2, JÄNNITYKSET VAHVISTUSLEVYN ULKOREUNALLA

16.5.6.4 Yksittäisten kuormitussuhteiden tarkastelu

»PhiP VAHVISTUSLEVYN REUNALLA  $\Phi_P=0.2245 \leq 1.0 = 1(16.5-12) \llcorner \llcorner$  (U= 22.4%) OK«

»PhiZ VAHVISTUSLEVYN REUNALLA  $\Phi_Z=0.0478 \leq 1.0 = 1(16.5-13) \llcorner \llcorner$  (U= 4.7%) OK«

»PhiB VAHVISTUSLEVYN REUNALLA  $\Phi_B=0.4294 \leq 1.0 = 1(16.5-14) \llcorner \llcorner$  (U= 42.9%) OK«

»PhiTau VAHVISTUSLEVYN REUNALLA  $\Phi_{\tau}=0.1017 \leq 1.0 = 1 \llcorner \llcorner$  (U= 10.1%) OK«

»PhiAll VAHVISTUSLEVYN REUNALLA  $\Phi_{All}=0.5185 \leq 1.0 = 1(16.5-15) \llcorner \llcorner$  (U= 51.8%) OK«

#### 16.5.7 JÄNNITYSALUEET JA NIIDEN YHDISTELMÄT

»Kuoren kokonaisjännitys  $\text{SigTot}=125.51 \leq 3 \cdot f=636[\text{N/mm}^2] \llcorner \llcorner$  (U= 19.7%) OK«

#### 16.5.8 YHTEEN PITKITTÄISET JÄNNITYKSET

»Yhteen pituusjännitys  $\text{SigLong}=40.95 \leq f_b=160[\text{N/mm}^2] \llcorner \llcorner$  (U= 25.5%) OK«

»Yhteen pitkittäinen stabiilius  $\text{LongStab}=0.2035 \leq 1.0 = 1 \llcorner \llcorner$  (U= 20.3%) OK«

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.4 PALLON YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LE.1 Nozzle Loads on N3 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.3

## SYÖTTÖARVOT

### OSAN SIJAINTI / LIITTYMINEN

Liittyy: N.3 Yhde, Saumaton putki Drain E2.1

### PÄÄDYN ARVOT

VAIPAN ULKOHALKAISUJA.....:De 609.60 mm  
VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:en 12.70 mm  
- TOLERANSSI/OHENEMISVARA.....:th 1.00 mm  
SISÄPUOLEN KORROOSIOVARA.....:c 3.00 mm  
PALLO-OSAN KAAREVUUSSÄDE (syöpyneenä).....:R 531.18 mm  
1.0473 EN 10028-2 P355GH plate and THK<=60mm 50'C  
Rm=510 Rp=318 Rpt=318 f=212 f20=212 ftest=302.86 E=209659(N/mm2) ro=7.85

### YHTEEN ARVOT



Yhdetyyppi: Sisäpintaan tasattu istutettu yhde

YHTEEN ULKOHALKAISUJA.....:deb 60.32 mm  
YHTEEN VALMISTETTU PAKSUUS (syöpymätön).....:enb 8.74 mm  
SUURIN MAHDOLLINEN PAINE.....:Pmax 5.70 MPa

Laipan ja yhteen koko: 2"

Kommentti (Valinnainen): SCH 160

NEGATIIVINEN TOLERANSSI .....: 12.50 %

ASTM A106B M 0 THK<=999mm 50'C

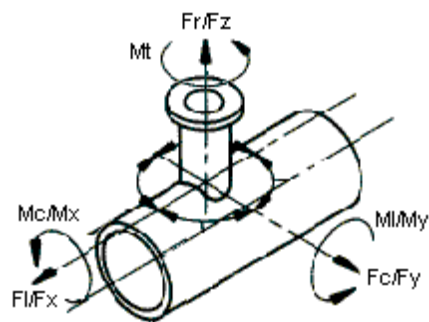
Rm=413.8 Rp=240 Rpt=240 fb=160 f20=160 ftest=0 (N/mm2)

### VAHVISTUSLEVYN TIEDOT



Vahvistuslevyn tyyppi: Yhde ilman vahvistuslevyä

### KUORMITUSTEN SYÖTÖ



Ulkoiset yhdevoimat: Yhdevoimat ohjeen NORSOK R-001, Rev. 3 mukaan

Paineenkesto: PN 20 (150#)

Yhteen koko: DN 50 2 inch

### KUORMITUSALUE

Kuorman kuvaus	TUNNUS	Yksiköt	Min arvo	Max arvo
Paine	P	MPa		1.2
Säteisvoima	Fz	kN	0	1.039
Pitkittäinen momentti	My	kNm	0	.3779
Kehänsuuntainen momentti	Mx	kNm	0	.3779

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.4 PALLON YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LE.1 Nozzle Loads on N3 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.3

Kuorman kuvaus	TUNNUS	Yksiköt	Min arvo	Max arvo
Pitkitt. Leikkausvoima	Fl	kN	0	1.039
Kehäns. Leikkausvoima	Fc	kN	0	1.039
Vääntömomentti	Mt	kNm	0	.3779

## LASKENTA-ARVOT

### ALUSTAVAT LASKELMAT

Kuoren laskentapaksuus eas 8.70 mm  
 $eas = en - c - th = 12.7 - 3 - 1 =$   
Yhteen laskentapaksuus eb 4.65 mm  
 $eb = enb - c - NegDev = 8.74 - 3 - 1.0925 =$   
Kuoren keskihalkaisija 600.90 mm  
 $D = De - ea = 609.6 - 8.7 =$   
Kuoren keskisäde 539.88 mm  
 $R = R + ea = 531.18 + 8.7 =$   
Kokonaismomentti 0.5344 kNm  
 $MB = \text{Sqr}(Mx^2 + My^2) = \text{Sqr}(0.3779^2 + 0.3779^2) =$

### 16.4.3 SOVELTAMISRAJAT

»a)  $ea/R = 0.0161 \geq 0.001$  » OK«  
»a)  $ea/R = 0.0161 \leq 0.1$  » OK«  
»b) Etäisyyden toiseen paikalliseen kuormaan tulee olla vähintään  $\text{SQR}(R*ec) = 68.5$  mm  
»c) Yhteen paksuuden tulee ulottua etäisyydelle  $\text{SQR}(d*eb) = 16.1$  mm

## KUORMITUSTAPAUS 1, YHTEEN ULKOHALKAISIJAN KOHDALLA OLEVAT JÄNNITYKSET

Yhteen keskihalkaisija 55.67 mm  
 $d = deb - eb = 60.32 - 4.6475 =$   
Yhdistetty laskentapaksuus 8.70 mm  
 $ec = ea = 8.7 =$   
 $\text{LamdaS} = d / \text{Sqr}(R * ec) = 55.67 / \text{Sqr}(539.88 * 8.7) = 0.8123$   
Vahvistusasteen kerroin  
 $\text{Kappa} = \text{Min}(2 * fb / f * eb / ec * \text{Sqr}(eb / d), 1) = 0.2330$  (16.4-4)  
 $= \text{Min}(2 * 160 / 212 * 4.6475 / 8.7 * \text{Sqr}(4.6475 / 55.67), 1) =$

### 16.4.5 SALLITUT YKSITTÄISET KUORMAT

Suurin mahdollinen paine Pmax: 5.70 MPa  
 $Pmax$  (from nozzle calculation) =  $Pmax$  (16.4-6) = 5.7 =  
 $Tmp = 0.91 * \text{Kappa} * \text{LamdaS}^2 = 0.91 * 0.233 * 0.8123^2 = 0.1399$   
Sallittu aksiaalikuorma Fzmax: 66.03 kN  
 $Fzmax = f * ec^2 * (1.81 + 2.4 * \text{Sqr}(1 + \text{Kappa}) * \text{LamdaS} + Tmp)$  (16.4-7)  
 $= 212 * 8.7^2 * (1.81 + 2.4 * \text{Sqr}(1 + 0.233) * 0.8123 + 0.1399) =$   
Sallittu taivutusmomentti MBmax: 1.53 kNm  
 $MBmax = f * ec^2 * d / 4 * (4.9 + 2 * \text{Sqr}(1 + \text{Kappa}) * \text{LamdaS} + Tmp)$  (16.4-8)  
 $= 212 * 8.7^2 * 55.67 / 4 * (4.9 + 2 * \text{Sqr}(1 + 0.233) * 0.8123 + 0.1399) =$

### LEIKKAUSJÄNNITYKSEN KAAVAT (PD5500 luku G.2.3.6.3)

Pitkitt. leikkausvoiman aih. Leikkausjännitys, TauFl 1.26 N/mm2  
 $\text{TauFl} = 2 * Fl / (\text{PI} * deb * ec)$   
 $= 2 * 1.039 / (3.14 * 60.32 * 8.7) =$   
Kehänsuuntaisen voiman aiheuttama leikkausjännitys, TauFc 1.26 N/mm2  
 $\text{TauFc} = 2 * Fc / (\text{PI} * deb * ec)$   
 $= 2 * 1.039 / (3.14 * 60.32 * 8.7) =$   
Vääntömomentin aih. Leikkausjännitys, TauMt 7.60 N/mm2  
 $\text{TauMt} = 2 * Mt / (\text{PI} * deb^2 * ec)$   
 $= 2 * 0.3779 / (3.14 * 60.32^2 * 8.7) =$   
Kokonaisleikkausjännitys, Tau: 9.38 N/mm2  
 $\text{Tau} = \text{Sqr}(\text{TauFc}^2 + \text{TauFl}^2) + \text{TauMt}$   
 $= \text{Sqr}(1.26^2 + 1.26^2) + 7.6 =$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.4 PALLON YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LE.1 Nozzle Loads on N3 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.3

## 16.4.6 ULKOISTEN KUORMIEN JA SISÄISEN PAINEEN YHDISTELMÄ

$\Phi_iP = P / P_{max} (16.4-9) = 1.2/5.7 = 0.2106$

$\Phi_iZ = F_z / F_{zmax} (16.4-10) = 1.039/66.03 = 0.0157$

$\Phi_i\tau = \tau / (0.5 * f) = 9.38/(0.5*212) = 0.0885$

$\Phi_iB = MB / MB_{max} (16.4-11) = 0.5344/1.53 = 0.3496$

$MaxAll = MAX(Abs(\Phi_iP + \Phi_iZ), Abs(\Phi_iZ), Abs(\Phi_iP - 0.2 * \Phi_iZ)) (16.4-15)$   
 $= MAX(Abs(0.2106 + 0.0157), Abs(0.0157), Abs(0.2106 - 0.2 * 0.0157)) = 0.2264$

$\Phi_iAll1 = MaxAll + Abs(\Phi_iB) + Abs(\Phi_i\tau) (16.4-15)$   
 $= 0.2264 + Abs(0.3496) + Abs(0.0885) = 0.6645$

$\Phi_iAll2 = Sqr(MaxAll^2 + \Phi_iB^2 + \Phi_i\tau^2) (16.5-15)$   
 $= Sqr(0.2264^2 + 0.3496^2 + 0.0885^2) = 0.4258$

$\Phi_iAll = MIN(\Phi_iAll1, \Phi_iAll2) = MIN(0.6645, 0.4258) = 0.4258$

### 16.5.6.4 Yksittäisten kuormitusuhteiden tarkastelu

» $\Phi_iP$  YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_iP = 0.2106 \leq 1.0 = 1(16.4-12)$ « (U= 21%) OK«

» $\Phi_iZ$  YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_iZ = 0.0157 \leq 1.0 = 1(16.4-13)$ « (U= 1.5%) OK«

» $\Phi_iB$  YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_iB = 0.3496 \leq 1.0 = 1(16.4-14)$ « (U= 34.9%) OK«

» $\Phi_i\tau$  YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_i\tau = 0.0885 \leq 1.0 = 1$ « » (U= 8.8%) OK«

» $\Phi_iAll$  YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA  $\Phi_iAll = 0.4258 \leq 1.0 = 1(16.4-15)$ « (U= 42.5%) OK«

## 16.4.7 JÄNNITYSALUEET JA NIIDEN YHDISTELMÄT

### 16.4.7.1 KUORMITUSALUEET

$\Delta P = Max(P_{max}, 0) - Min(P_{min}, 0) (16.4-16)$   
 $= Max(1.2, 0) - Min(0, 0) = 1.20 \text{ MPa}$

$\Delta F_z = Max(F_{zmax}, 0) - Min(F_{zmin}, 0) (16.4-17)$   
 $= Max(1.039, 0) - Min(0, 0) = 1.04 \text{ kN}$

$\Delta M_x = Max(M_{xmax}, 0) - Min(M_{xmin}, 0) (16.4-18)$   
 $= Max(0.3779, 0) - Min(0, 0) = 0.3779 \text{ kNm}$

$\Delta M_y = Max(M_{ymax}, 0) - Min(M_{ymin}, 0) (16.4-19)$   
 $= Max(0.3779, 0) - Min(0, 0) = 0.3779 \text{ kNm}$

$\Delta MB = Sqr(\Delta M_x^2 + \Delta M_y^2)$   
 $= Sqr(0.3779^2 + 0.3779^2) = 0.5344 \text{ kNm}$

$\Delta F_l = Max(F_{lmax}, 0) - Min(F_{lmin}, 0)$   
 $= Max(1.039, 0) - Min(0, 0) = 1.04 \text{ kN}$

$\Delta F_c = Max(F_{cmax}, 0) - Min(F_{cmin}, 0)$   
 $= Max(1.039, 0) - Min(0, 0) = 1.04 \text{ kN}$

$\Delta F_{shear} = Sqr(\Delta F_l^2 + \Delta F_c^2)$   
 $= Sqr(1.039^2 + 1.039^2) = 1.47 \text{ kN}$

$\Delta M_t = Max(M_{tmax}, 0) - Min(M_{tmin}, 0)$   
 $= Max(0.3779, 0) - Min(0, 0) = 0.3779 \text{ kNm}$

### 16.4.7.2 LASKENNALLINEN KUOREN PAKSUUS

$e_{eq} = e_c = 8.7 = 8.70 \text{ mm}$

### 16.4.7.3 JÄNNITYKSET

$scf_P, scf_Z$  JA  $scf_M$  ARVOT KUVISTA 16.4-3 - 16.4-8  
 $scf_P = 2.200$   $scf_Z = 1.663$   $scf_M = 0.808$

Paineen aiheuttamat jännitykset

$\sigma_P = scf_P * \Delta P * R / (2 * e_{eq}) (16.4-20)$   
 $= 2.2 * 1.2 * 539.88 / (2 * 8.7) = 81.90 \text{ N/mm}^2$

Aksiaalikuormien aiheuttamat jännitykset

$\sigma_{Fz} = scf_Z * \Delta F_z / (\pi * d * e_{eq}) * Sqr(R / e_{eq}) (16.4-21)$   
 $= 1.66 * 1.039 / (3.14 * 55.67 * 8.7) * Sqr(539.88 / 8.7) = 8.95 \text{ N/mm}^2$

Kehänsuuntaisen momentin aiheuttamat jännitykset

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.4 PALLON YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LE.1 Nozzle Loads on N3 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.3

$$\text{SigMB} = \text{scfM} * 4 * \Delta \text{MB} / (\text{PI} * d^2 * e_{eq}) * \text{Sqr}(R / e_{eq}) \quad (16.4-22)$$
$$= 0.8081 * 4 * 0.5344 / (3.14 * 55.67^2 * 8.7) * \text{Sqr}(539.88 / 8.7) = 160.64 \text{ N/mm}^2$$

Stresses due to Shear Loads

$$\text{SigS} = \text{scfS} * 2 * (\text{Sqr}(\Delta \text{F}_1^2 + \Delta \text{F}_c^2) / (\text{PI} * d * e_{eq}) + \Delta \text{M}_t / (\text{PI} * d * e_{eq}^2))$$
$$= 2.05 * 2 * (\text{Sqr}(1.039^2 + 1.039^2) / (3.14 * 60.32 * 8.7) + 0.3779 / (3.14 * 60.32^2 * 8.7))$$
$$= 19.26 \text{ N/mm}^2$$

Kokonaiskuormituksen aiheuttama jännitysintensiteetti

$$\text{SigTot} = \text{Abs}(\text{SigT} + \text{Sqr}(\text{SigP}^2 + (\text{SigFz} + \text{SigMB})^2 + \text{SigS}^2)) \quad (16.4-23)$$
$$= \text{Abs}(0 + \text{Sqr}(81.9^2 + (8.95 + 160.64)^2 + 19.26^2)) = 189.31 \text{ N/mm}^2$$

»Kuoren kokonaisjännitys SigTot=189.31 <= 3\*f=636[N/mm2] << (U= 29.7%) OK<<

## 16.4.8 YHTEEN PITKITTÄISET JÄNNITYKSET

Suurin pitkitt. jännitys yhteessä

$$\text{SigLong} = P * d / (4 * e_b) + 4 * \text{MB} / (\text{PI} * d^2 * e_b) + F_z / (\text{PI} * d * e_b) \quad (16.4-24)$$
$$= 1.2 * 55.67 / (4 * 4.6475) + 4 * 0.5344 / (3.14 * 55.67^2 * 4.6475) + 1039 / (3.14 * 55.67 * 4.6475)$$
$$= 52.11 \text{ N/mm}^2$$

»Yhteen pituusjännitys SigLong=52.11 <= fb=160[N/mm2] << (U= 32.5%) OK<<

## 16.14.6 SALLITUT PURISTUSJÄNNITYKSET

$$K = 1.21 * E * e_a / (\text{Sige} * D) \quad (16.14-15)$$

$$= 1.21 * 200000 * 4.6475 / (240 * 55.67) = 84.17$$

$$\alpha = 0.83 / \text{Sqr}(1 + 0.005 * D / e_a) \quad (16.14-16)$$

$$= 0.83 / \text{Sqr}(1 + 0.005 * 55.67 / 4.6475) = 0.8062$$

$$\Delta = (1 - 0.4123 / (\alpha * K)^{0.6}) / S \quad (16.14-19)$$

$$= (1 - 0.4123 / (0.8062 * 84.17)^{0.6}) / 1.5 = 0.6448$$

Sallittu puristusjännitys

$$\text{Sigcall} = \text{Sige} * \Delta \quad (16.14-20) = 240 * 0.6448 = 154.75 \text{ N/mm}^2$$

## 16.14.4 SALLITUT ERILLISET KUORMAT

Max vetovoima Ftmax

$$\text{Ftmax} = \text{PI} * D * e_a * f \quad (16.14-1) = 3.14 * 55.67 * 4.6475 * 160 = 130.06 \text{ kN}$$

Max puristusvoima Fcmax

$$\text{Fcmax} = \text{PI} * D * e_a * \text{Sigcall} \quad (16.14-2)$$
$$= 3.14 * 55.67 * 4.6475 * 154.75 = 125.79 \text{ kN}$$

Max taivutusmomentti Mmax

$$\text{Mmax} = \text{PI} / 4 * D^2 * e_a * \text{Sigcall} \quad (16.14-3)$$
$$= 3.14 / 4 * 55.67^2 * 4.6475 * 154.75 = 1.75 \text{ kNm}$$

Pituussuunt. lommahduksen tarkistus (P=0)

$$\text{LongStab} = \text{MB} / \text{Mmax} + \text{Abs}(F_{z\text{min}}) / \text{Fcmax} \quad (16.4-25)$$
$$= 0.5344 / 1.75 + \text{Abs}(0) / 125.79 = 0.3053$$

»Yhteen pitkittäinen stabiilius LongStab=0.3053 <= 1.0=1<< (U= 30.5%) OK<<

## LASKENTAYHTEENVETO

## KUORMITUSTAPAUS 1, YHTEEN ULKOHALKAISIJAN KOHDALLA OLEVAT JÄNNITYKSET

16.5.6.4 Yksittäisten kuormitussuhteiden tarkastelu

»PhiP YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiP=0.2106 <= 1.0=1(16.4-12)<< (U= 21%) OK<<

»PhiZ YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiZ=0.0157 <= 1.0=1(16.4-13)<< (U= 1.5%) OK<<

»PhiB YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiB=0.3496 <= 1.0=1(16.4-14)<< (U= 34.9%) OK<<

»PhiTau YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiTau=0.0885 <= 1.0=1<< (U= 8.8%) OK<<

»PhiAll YHTEEN ULKOHALKAISIJALLA PhiAll=0.4258 <= 1.0=1(16.4-15)<< (U= 42.5%) OK<<

## **Ohmtech** Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 16.4 PALLON YHTEIDEN PAIKALLISET KUORMAT

LE.1 Nozzle Loads on N3 16 Nov. 2005 23:45 ConnID:N.3

### **16.4.7 JÄNNITYSALUEET JA NIIDEN YHDISTELMÄT**

»Kuoren kokonaisjännitys SigTot=189.31  $\leq 3 \cdot f = 636$  [N/mm<sup>2</sup>] « » (U= 29.7%) OK«

### **16.4.8 YHTEEN PITKITTÄISET JÄNNITYKSET**

»Yhteen pituusjännitys SigLong=52.11  $\leq f_b = 160$  [N/mm<sup>2</sup>] « » (U= 32.5%) OK«

»Yhteen pitkittäinen stabiilius LongStab=0.3053  $\leq 1.0 = 1$  « » (U= 30.5%) OK«

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 17 - YKSINKERTAINEN VÄSYMISTARKASTELU

FA.3 16 Nov. 2005 23:45

## SYÖTTÖARVOT

### YLEISET SUUNNITTELUTIEDOT

Kuormituksen tyyppi: Vakioamplitudinen kuormitus

### KUORMITUSTIEDOT

PAINEEEN VAIHTELU (MAX./MIN. PAINEEEN ALGEBRAALINEN EROTUS):dP 1.50 MPa  
JÄNNITYSVAIHTELUJEN VAADITTU LKM. ....:Nreq 10000.00  
MIN KÄYTTÖLÄMPÖTILA KUORMITUSJAKSON AIKANA.....:tmin 145.00 'C  
MAX KÄYTTÖLÄMPÖTILA KUORMITUSJAKSON AIKANA .....:tmax 200.00 'C

### OSIEN TIEDOT

Table COMPONENTS:

ID	en(mm)	z	f(N/mm2)	Mat.Type	Pmax(MPa)	TG	Kt
S1.1	9.7	1	156.67	Carbon S.	5.07	1	NA
E2.1	8.7	1	156.67	Carbon S.	4.11	1	NA
N.1	8.1	1	160	Carbon S.	2.98	1	NA
N.3	4.6	1	160	Carbon S.	4.31	1	NA
F.1	9.7	1	160	Carbon S.	1.40	1	NA
SK.1	9.7	1	160	Carbon S.	1.40	1	NA
E5.1	43.0	1	156.67	Carbon S.	1.40	1	1

Table COMPONENTS Continued

ID	Welded	etta(Table 17.1)
S1.1	YES	1.00 (S1.1 without shape imperfection)
E2.1	YES	2.50 (DE1 Knuckle Region)
N.1	YES	3.00 (OS2.1 Without reinf.plate with full pen.welds)
N.3	YES	3.00 (OS2.1 Without reinf.plate with full pen.welds)
F.1	YES	1.50 (F1 Welding Neck)
SK.1	YES	2.00 (W3 with constant support load)
E5.1	NO	1.00 (FE4 Centre of end/no central opening)

Table COMPONENTS Continued

ID	Class(Table 17.4)
S1.1	80 (1.2 to 1.4 Welded from both sides)
E2.1	80(1.2 to 1.3 Welded from both sides)
N.1	71 (3a As welded)
N.3	71 (3a As welded)
F.1	63 (7.1b Weld made from both sides(full pen.assured))
SK.1	71 (6.1 to 6.5 As welded)
E5.1	NA - (Not Applicable)

## LASKENTA-ARVOT

### 17.6 Sallitun paineenvaihtelujen lukumäärän laskenta

#### KUORMITUSTAPAUS NO: 1 - Vakioamplitudinen kuormitus

tmin(tämän kuormitusjakson aikainen alin lämpötila) = 145.00 'C  
==  
tmax(tämän kuormitusjakson aikainen ylin lämpötila) = 200.00 'C  
==  
dP(Paineen vaihtelualue)= == 1.50 MPa  
Nreq(Vaadittu kuormitusjaksojen lkm.)= == 10000.00

#### Osa S1.1 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

#### Taulukko 17-2 Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa s= 80

Väsymiskäyrän vakio C1 = 1,02E+12  
Väsymiskäyrän vakio C2 = 3,56E+15  
Väsymisraja DeltaSD (N/mm2)= 58.90  
Väsymiskynnys DeltaSCut (N/mm2)= 32.40

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 17 - YKSINKERTAINEN VÄSYMISTARKASTELU

FA.3 16 Nov. 2005 23:45

## 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$\Delta S = dP / P_{max} * etta * f (17.6-1) = 1.5/5.07*1*156.67 = 46.35 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$C_e = 1.0 = 1.0 = 1.00$

### 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$t_{star} = 0.75 * t_{max} + 0.25 * t_{min} = 0.75*200+0.25*145 = 186.25 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $C_t = 1.03 - 0.00015 * t_{star} - 0.0000015 * t_{star}^2 = 1.03-0.00015*186.25-0.0000015*186.25^2 = 0.9500$

### 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$\Delta S_{SS} = \Delta S / (C_e * C_t) (17.6-9) = 46.35/(1*0.95) = 48.79 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$N_i = C_2 / \Delta S_{SS}^5 (17.6-19) = 3.56E15/48.79^5 = 1,2876E07 \text{ Cycles}$   
»S1.1 - 12876219 Cycles  $N_i=1.2876E07 > N_{req}=10000$ « »(U= 0%) OK«

## Osa E2.1 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

### Taulukko 17-2 Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa s= 80

Väsymiskäyrän vakio  $C_1 = 1,02E+12$   
Väsymiskäyrän vakio  $C_2 = 3,56E+15$   
Väsymisraja  $\Delta S_{SD} (N/mm^2) = 58.90$   
Väsymiskynnys  $\Delta S_{Cut} (N/mm^2) = 32.40$

## 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$\Delta S = dP / P_{max} * etta * f (17.6-1) = 1.5/4.11*2.5*156.67 = 142.95 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$C_e = 1.0 = 1.0 = 1.00$

### 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$t_{star} = 0.75 * t_{max} + 0.25 * t_{min} = 0.75*200+0.25*145 = 186.25 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $C_t = 1.03 - 0.00015 * t_{star} - 0.0000015 * t_{star}^2 = 1.03-0.00015*186.25-0.0000015*186.25^2 = 0.9500$

### 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$\Delta S_{SS} = \Delta S / (C_e * C_t) (17.6-9) = 142.95/(1*0.95) = 150.47 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$N_i = C_1 / \Delta S_{SS}^3 (17.6-17) = 1.02E12/150.47^3 = 2,9942E05 \text{ Cycles}$   
»E2.1 - 299422 Cycles  $N_i=299422 > N_{req}=10000$ « »(U= 3.3%) OK«

## Osa N.1 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

### Taulukko 17-2 Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa s= 71

Väsymiskäyrän vakio  $C_1 = 7,16E+11$   
Väsymiskäyrän vakio  $C_2 = 1,96E+15$   
Väsymisraja  $\Delta S_{SD} (N/mm^2) = 52.30$   
Väsymiskynnys  $\Delta S_{Cut} (N/mm^2) = 28.70$

## 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$\Delta S = dP / P_{max} * etta * f (17.6-1) = 1.5/2.98*3*160 = 241.61 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$C_e = 1.0 = 1.0 = 1.00$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 17 - YKSINKERTAINEN VÄSYMISTARKASTELU

FA.3 16 Nov. 2005 23:45

## 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$$tstar = 0.75 * tmax + 0.25 * tmin = 0.75*200+0.25*145 = 186.25 \text{ 'C}$$
$$Ct = 1.03 - 0.00015 * tstar - 0.0000015 * tstar^2$$
$$= 1.03 - 0.00015*186.25 - 0.0000015*186.25^2 = 0.9500$$

## 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$$\Delta SS = \Delta S / (Ce * Ct) (17.6-9) = 241.61 / (1*0.95) = 254.32 \text{ N/mm}^2$$

## 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$$Ni = C1 / \Delta SS^3 (17.6-17) = 7.16E11 / 254.32^3 = 43528.00 \text{ Cycles}$$

»N.1 - 43528 Cycles Ni=43528 > Nreq=10000« » (U= 22.9%) OK«

## Osa N.3 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

### Taulukko 17-2 Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa s= 71

Väsymiskäyrän vakio C1 = 7,16E+11  
Väsymiskäyrän vakio C2 = 1,96E+15  
Väsymisraja DeltaSD (N/mm<sup>2</sup>)= 52.30  
Väsymiskynnys DeltaSCut (N/mm<sup>2</sup>)= 28.70

## 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$$\Delta S = dP / Pmax * etta * f (17.6-1) = 1.5 / 4.31 * 3 * 160 = 167.05 \text{ N/mm}^2$$

## 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$$Ce = 1.0 = 1.0 = 1.00$$

## 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$$tstar = 0.75 * tmax + 0.25 * tmin = 0.75*200+0.25*145 = 186.25 \text{ 'C}$$
$$Ct = 1.03 - 0.00015 * tstar - 0.0000015 * tstar^2$$
$$= 1.03 - 0.00015*186.25 - 0.0000015*186.25^2 = 0.9500$$

## 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$$\Delta SS = \Delta S / (Ce * Ct) (17.6-9) = 167.05 / (1*0.95) = 175.84 \text{ N/mm}^2$$

## 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$$Ni = C1 / \Delta SS^3 (17.6-17) = 7.16E11 / 175.84^3 = 1,3169E05 \text{ Cycles}$$

»N.3 - 131691 Cycles Ni=131691 > Nreq=10000« » (U= 7.5%) OK«

## Osa F.1 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

### Taulukko 17-2 Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa s= 63

Väsymiskäyrän vakio C1 = 5,00E+11  
Väsymiskäyrän vakio C2 = 1,08E+15  
Väsymisraja DeltaSD (N/mm<sup>2</sup>)= 46.40  
Väsymiskynnys DeltaSCut (N/mm<sup>2</sup>)= 25.50

## 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$$\Delta S = dP / Pmax * etta * f (17.6-1) = 1.5 / 1.4 * 1.5 * 160 = 257.14 \text{ N/mm}^2$$

## 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$$Ce = 1.0 = 1.0 = 1.00$$

## 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$$tstar = 0.75 * tmax + 0.25 * tmin = 0.75*200+0.25*145 = 186.25 \text{ 'C}$$
$$Ct = 1.03 - 0.00015 * tstar - 0.0000015 * tstar^2$$
$$= 1.03 - 0.00015*186.25 - 0.0000015*186.25^2 = 0.9500$$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 17 - YKSINKERTAINEN VÄSYMISTARKASTELU

FA.3 16 Nov. 2005 23:45

## 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$\Delta SS = \Delta S / (C_e * C_t) (17.6-9) = 257.14 / (1 * 0.95) = 270.67 \text{ N/mm}^2$

## 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$N_i = C_1 / \Delta SS^3 (17.6-17) = 5.0E11 / 270.67^3 = 25214.00 \text{ Cycles}$

»F.1 - 25214 Cycles Ni=25214 > Nreq=10000« » (U= 39.6%) OK«

## Osa SK.1 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

### Taulukko 17-2 Väsymiskäyrän kertoimet hitsiluokassa s= 71

Väsymiskäyrän vakio  $C_1 = 7,16E+11$

Väsymiskäyrän vakio  $C_2 = 1,96E+15$

Väsymisraja  $\Delta S_D (N/mm^2) = 52.30$

Väsymiskynnys  $\Delta S_{Cut} (N/mm^2) = 28.70$

### 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$\Delta S = dP / P_{max} * etta * f (17.6-1) = 1.5 / 1.4 * 2 * 160 = 342.86 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$C_e = 1.0 = 1.0 = 1.00$

### 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$t_{star} = 0.75 * t_{max} + 0.25 * t_{min} = 0.75 * 200 + 0.25 * 145 = 186.25 \text{ }^\circ\text{C}$

$C_t = 1.03 - 0.00015 * t_{star} - 0.0000015 * t_{star}^2$   
 $= 1.03 - 0.00015 * 186.25 - 0.0000015 * 186.25^2 = 0.9500$

## 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$\Delta SS = \Delta S / (C_e * C_t) (17.6-9) = 342.86 / (1 * 0.95) = 360.89 \text{ N/mm}^2$

## 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$N_i = C_1 / \Delta SS^3 (17.6-17) = 7.16E11 / 360.89^3 = 15232.00 \text{ Cycles}$

»SK.1 - 15232 Cycles Ni=15232 > Nreq=10000« » (U= 65.6%) OK«

## Osa E5.1 Paineen vaihtelualue dP = 1.5 MPa

### Taulukko 17-3 Väsymiskäyrän kertoimet hitsaamattomille alueille

Väsymiskäyrän vakio  $C_3 = 4,67E+28$

Väsymisraja  $\Delta S_D (N/mm^2) = 172.50$

Väsymiskynnys  $\Delta S_{Cut} (N/mm^2) = 116.70$

### 17.6.1 Näennäiskimmoinen jännityksen vaihteluväli

$\Delta S = dP / P_{max} * etta * f (17.6-1) = 1.5 / 1.4 * 1 * 156.67 = 167.86 \text{ N/mm}^2$

### 17.6.2.1 Paksuuden korjauskerroin Ce

$C_e (\text{unwelded joints}) = 1.0 = 1.0 = 1.00$

### 17.6.2.2 Lämpötilan korjauskerroin Ct

$t_{star} = 0.75 * t_{max} + 0.25 * t_{min} = 0.75 * 200 + 0.25 * 145 = 186.25 \text{ }^\circ\text{C}$

$C_t = 1.03 - 0.00015 * t_{star} - 0.0000015 * t_{star}^2$   
 $= 1.03 - 0.00015 * 186.25 - 0.0000015 * 186.25^2 = 0.9500$

### 17.6.2.3 Loven jännityskonsentraatiokerroin Kf

$K_f = 1 + 1.5 * (K_t - 1) / (1 + 0.5 * \text{Max}(1, K_t * \Delta S / \Delta S_D)) (17.6-6)$

$= 1 + 1.5 * (1 - 1) / (1 + 0.5 * \text{Max}(1, 1 * 167.86 / 172.5)) = 1.00$

## 17.6.3 Kuvitteellinen jännitysvaihtelu DeltaSS

$\Delta SS = \Delta S / (C_e * C_t) * K_f (17.6-10) = 167.86 / (1 * 0.95) * 1 = 176.69 \text{ N/mm}^2$

# Ohmtech Stavanger, Norway

Sample File Filter House

Any text

Visual Vessel Design by OhmTech Ver:9.6-01 Operator :BOO Rev.:A

EN13445 - 17 - YKSINKERTAINEN VÄSYMISTARKASTELU

FA.3 16 Nov. 2005 23:45

## 17.6.6 Sallittu kuormitusjaksojen lkm. Ni

$Ni = (46000 / (\Delta SS - 140)) ^ 2$  (17.6-18)  
 $= (46000 / (176.69 - 140)) ^ 2 = 1,5719E06$  Cycles

»E5.1 - 1571873 Cycles Ni=1.5719E06 > Nreq=10000« » (U= .6%) OK«

## 5.4.2 LASKENNALLINEN TÄYSIEN PAINEENVAIHTELUJEN LKM

$N_{eq} = \text{SUM} ( Ni * (dP/P_{max}) ^ 3 )$  (5.4-2) = 12299

## LASKENTAYHTEENVETO

### 17.6 Sallitun paineenvaihtelujen lukumäärän laskenta

#### KUORMITUSTAPPAUS NO: 1 - Vakioamplitudinen kuormitus

»S1.1 - 12876219 Cycles Ni=1.2876E07 > Nreq=10000« » (U= 0%) OK«

»E2.1 - 299422 Cycles Ni=299422 > Nreq=10000« » (U= 3.3%) OK«

»N.1 - 43528 Cycles Ni=43528 > Nreq=10000« » (U= 22.9%) OK«

»N.3 - 131691 Cycles Ni=131691 > Nreq=10000« » (U= 7.5%) OK«

»F.1 - 25214 Cycles Ni=25214 > Nreq=10000« » (U= 39.6%) OK«

»SK.1 - 15232 Cycles Ni=15232 > Nreq=10000« » (U= 65.6%) OK«

»E5.1 - 1571873 Cycles Ni=1.5719E06 > Nreq=10000« » (U= .6%) OK«

## 5.4.2 LASKENNALLINEN TÄYSIEN PAINEENVAIHTELUJEN LKM

$N_{eq} = \text{SUM} ( Ni * (dP/P_{max}) ^ 3 )$  (5.4-2) = 12299