

STATISKE BEREGNINGER
VEDR.
STANDARD FUNDAMENT
FOR MØLLETYPE T-1895
40 M UDGAVEN
(gittermast)

9 APR. 1987

HELLE KOMMUNE
Kommuneingeniøren
Toften 2
6818 Årre

R. Christiansen
Rådg. ingeniører ApS
Knuthenborgvej 19
7400 Herning.

INDGÅET
27 MRS. 1987
HELLE KOMMUNE

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side:

1.	NORMER	1
2.	MATERIALER	1
3.	BEREGNINGSFORUDSLTNINGER	1
4.	BELASTNINGER	3
5.	BÆREEVNE	7
6.	FUNDAMENTSPLADE	9
7.	FUNDAMENTSPILLER	13

1. NORMER

DIF's norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner	DS 409, 1. udg.
DIF's norm for last på konstruktioner	DS 410, 3. udg.
DIF's norm for betonkonstruktioner	DS 411, 3. udg.
DIF's norm for fundering	DS 415, 3. udg.

2. MATERIALER

2.1. Beton:

Beton til armerede konstruktioner, $f_{ck} = 20 \text{ MN/m}^2$

Beton til uarmerede konstruktioner,
renselag m.v. $f_{ck} = 10 \text{ MN/m}^2$

2.2. Armering:

Der anvendes armering af rundjern og tentorstål:

R: $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$

T: $f_{yk} = 510 \text{ N/mm}^2$ for $d \leq 8 \text{ mm}$

$f_{yk} = 550 \text{ N/mm}^2$ for $d \geq 10 \text{ mm}$

2.3. Stål:

Forankringsbolte: St. 52-3, $f_{yk} = 350 \text{ N/mm}^2$

3. BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER

Konstruktionerne henføres til lav sikkerhedsklasse.
Kontrol af materialer, kontrol under fremstillingen og
kontrol af den færdige konstruktion i henhold til nor-
mal kontrolklasse.

Stålkonstruktionen udføres med materialer i gruppe I
og evt. svejsesømme i klasse A.

Betonkonstruktionen udføres i moderat miljøklasse.
Regningsmæssige laster på rørtårn er opgivet af vindmøllefabrik.

Fundering forudsættes udført i jord med følgende jordbundsforhold:

Fastlejret sand eller grus med $\varphi_k \geq 28^\circ$.

Ler med $c_v \geq 55 \text{ KN/m}^2$

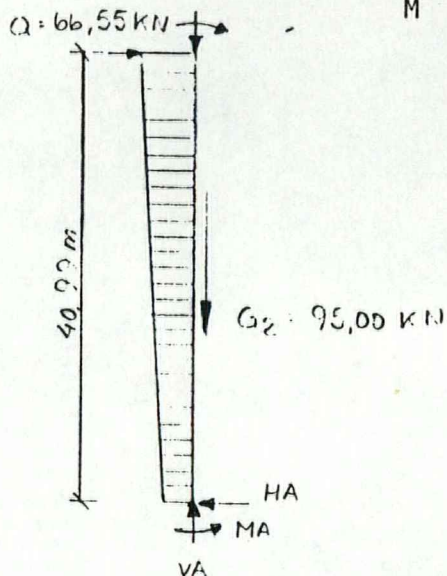
Effektiv rumvægt af jord $\gamma' = 16 \text{ KN/m}^3$.

Grundvandsspejl under funderingsniveau.

4. BELASTNINGER4.1. Opgivne belastninger (regningsmæssige):

$$G_1 = 61,00 \text{ KN}$$

$$M = 61,23 \text{ KNm}$$



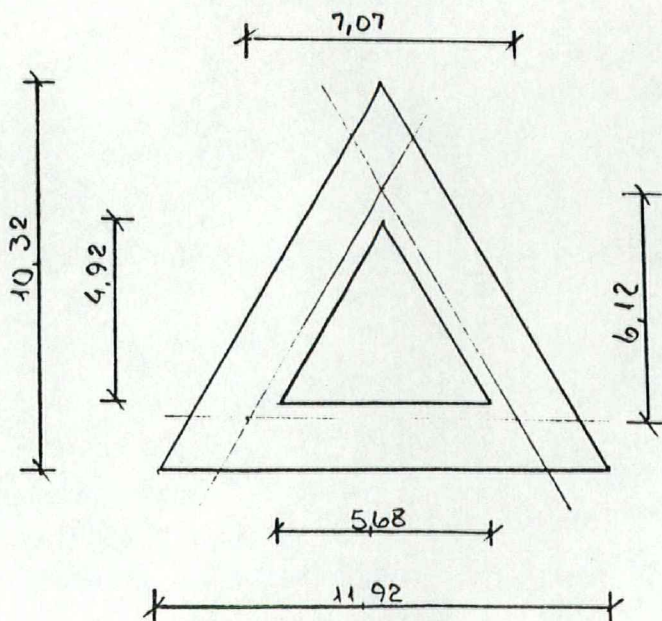
$$q_1 = 1,70 \text{ KN/m}$$

$$q_2 = 1,50 \text{ KN/m}$$

$$H_A = 1,50 \times 40,99 + 0,2 \times 40,99 \times 0,5 + 66,55 = 132,13 \text{ KN}$$

$$V_A = 61,00 + 95,00 = 156,00 \text{ KN}$$

$$M_A = 61,23 + 66,55 \times 40,99 + 0,5 \times 1,50 \times 40,99^2 + 0,5 \times 0,2 \times 40,99^2 \times \frac{2}{3} = 4161,26 \text{ KNm}$$

4.2. Egenvægt af fundament m.v.:

Egenvægt i jord:

$$G_3 = (11,92 \times 10,32 - 5,68 \times 4,92) \times 0,5 \times 1,30 \times 16 - 3 \times \pi \times 1,16^2 \times 0,25 \times 1,30 \times 16 = 922,77 \text{ KN}$$

Egenvægt bundplade:

$$G_4 = (11,92 \times 10,32 - 5,68 \times 4,92) \times 0,5 \times 0,4 \times 24 = 456,33 \text{ KN}$$

Egenvægt piller:

$$G_5 = 3 \times \pi \times 1,16^2 \times 0,25 \times 1,50 \times 24 = 114,14 \text{ KN}$$

4.3. Belastning på jord:

Tilfælde 1:

Udbøjning om x-akse (2 piller)

$$\sum H = 132,13 \text{ KN}$$

$$\sum V = 156,00 + 922,77 + 456,33 + 114,14 = 1649,24 \text{ KN}$$

$$\sum M = 0 \quad \text{tp :}$$

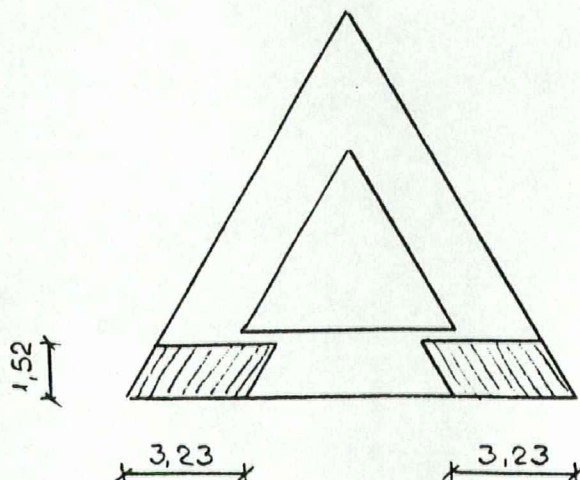
$$4161,26 + 132,13 \times 1,90 - 1649,24 \times a = 0$$

$$a = 2,68 \text{ m}$$

$$B = \left(\frac{10,32}{3} - 2,68 \right) \times 2 = 1,52 \text{ m}$$

$$L = 4 \times \frac{1,40}{\cos 30^\circ} = 6,46 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{jord}} = \frac{1649,24}{1,52 \times 6,46} = 168 \text{ KN/m}^2$$



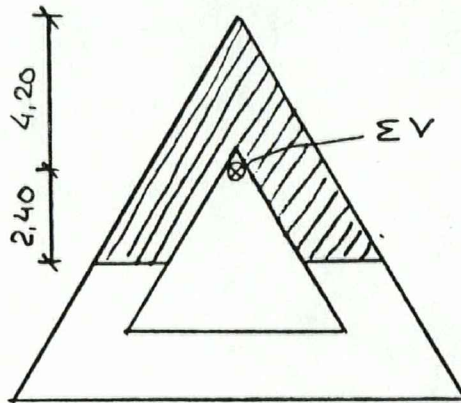
Tilfælde 2:

Udbøjning om x-akse (1 pille)

$$a = 2,68 \text{ m} \quad (\text{som tilfælde 1})$$

$$A = 2 \times (4,20^2 - 0,60^2) \times \tan 30^\circ = 19,95 \text{ m}^2$$

$$\sigma_{\text{jord}} = \frac{1649,24}{19,95} = 83 \text{ KN/m}^2$$



$$h = \frac{19,95 \times \cos 30^\circ}{4 \times 1,80} = 2,40 \text{ m}$$

Tilfælde 3:Udbøjning om y-akse:

$$a = 2,68 \text{ m} \quad (\text{som tilfælde 1})$$

$$A = \frac{10,32 \times 2}{3} = x(3,97 - 2,68) \times 2 - (5,68 \times 0,51 \times \cos 30^\circ - 0,51^2 \times \cos^2 30^\circ \times \tan 30^\circ) \times 2 = 12,96 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 3,28 \times (2,08 - 0,51) = 5,15 \text{ m}^2$$

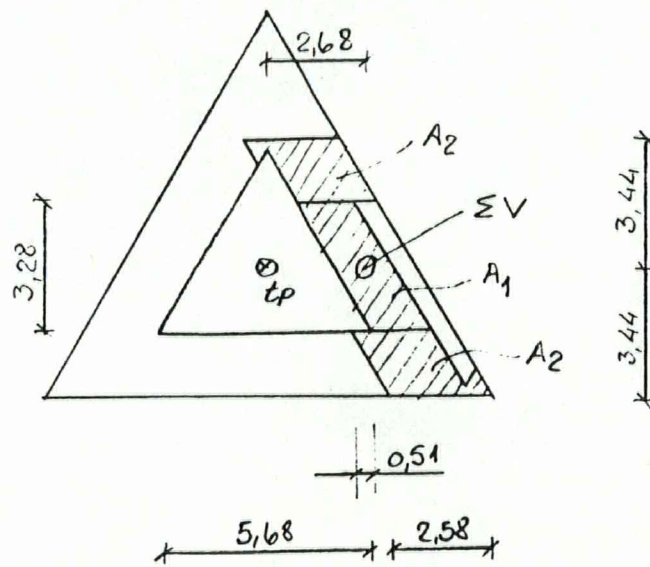
$$A_2 = (12,96 - 5,15) \times 0,5 = 3,91 \text{ m}^2$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{jord}}^{\text{max}} = 176 \text{ KN/m}^2$$

$$H_2 = 176 \times 3,91 = 688,16 \text{ KN}$$

$$H_1 = 1649,24 - 688,16 \times 2 = 272,92 \text{ KN}$$

$$\sigma_1 = \frac{272,92}{5,15} = 53 \text{ KN/m}^2$$



5. BÆREEVNE

5.1. Bæreevne i sand (tilfælde 1):

$$\varphi_k = 28^\circ$$

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan 28^\circ}{1,2} \Rightarrow \varphi_d = 24^\circ$$

$$N_d = 5,5, \quad N_q = 9,6$$

$$s_d = 1 - 0,4 \times \frac{1,52}{3,23} = 0,81$$

$$s_q = 1 + 0,2 \times \frac{1,52}{3,23} = 1,09$$

$$i_q = \left(1 - \frac{132,13}{1649,24}\right)^2 = 0,85$$

$$i_d = i_q^2 = 0,72$$

$$q = 16 \times 1,70 = 27,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{Q}{A} = 0,5 \times 16 \times 1,52 \times 5,5 \times 0,81 \times 0,72 + 27,20 \times 9,6 \times 1,09 \times 0,85$$

$$\frac{Q}{A} = 281 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{jord}} = 168 \text{ kN/m}^2$$

=====

5.2. Bæreevne i ler (tilfælde 1):

$$c_u = 55 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{ud} = \frac{55}{1,8} = 30,6 \text{ kN/m}^2$$

$$N_c^o = 5,14$$

$$s_c^o = 1 + 0,2 \times \frac{1,52}{3,23} = 1,09$$

$$i_c^o = 0,5 + 0,5 \times \sqrt{1 - \frac{132,13 \times 0,5}{1,52 \times 3,23 \times 30,6}}$$

$$i_c^o = 0,87$$

$$q = 16 \times 1,70 = 27,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{Q}{A} = 30,6 \times 5,14 \times 1,09 \times 0,87 + 27,20$$

$$\frac{Q}{A} = 176 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{jord}} = 168 \text{ kN/m}^2$$

=====

5.3. Bæreevne i ler (tilfælde 3):

$$C_{ud} = 30,6 \text{ kN/m}^2$$

$$N_c^0 = 5,14$$

$$S_c^0 = 1 + 0,2 \times \frac{1,64}{7,94} = 1,04$$

$$i_c^0 = 0,5 + 0,5 \times \sqrt{1 - \frac{132,13}{12,99 \times 30,6}}$$

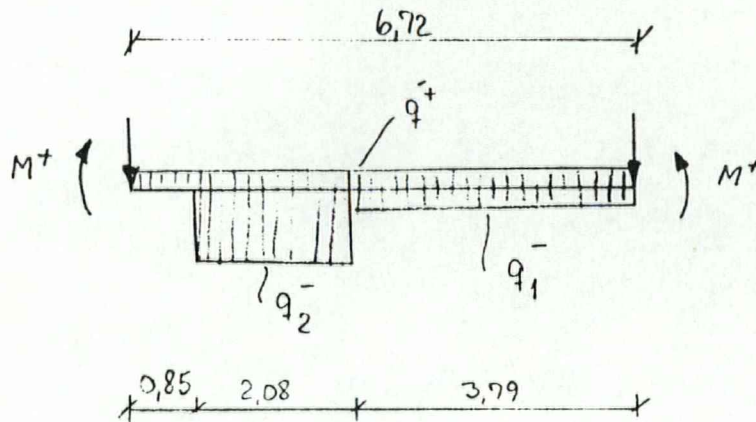
$$i_c^0 = 0,91$$

$$q = 16 \times 1,70 = 27,20 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{Q}{A} = 30,6 \times 5,14 \times 1,04 \times 0,91 + 27,20$$

$$\frac{Q}{A} = 176 \text{ kN/m}^2 \sim \sigma_{\text{jord}}^{\text{max}} = 176 \text{ kN/m}^2$$

=====

6. FUNDAMENTSPLADE:6.1. Bøjning (midterste del):

$$\text{Last fra egenvægt jord + fund.: } q^+ = 55 \text{ KN/m}$$

$$\text{Last fra jordtryk: } \bar{q}_1 = 52 \times 1,29 = 67 \text{ KN/m}$$

$$\text{Last fra jordtryk: } \bar{q}_2 = 176 \times 1,80 = 317 \text{ KN/m}$$

Max. moment for:

$$x = 0,85 + \frac{2,08 (3,79 + 1,04)}{6,72} = 1,70 \text{ m}$$

$$M^+ = 0,5 \times 55 \times 6,72 \times 1,70 - 0,5 \times 55 \times 1,70^2 = 235 \text{ kNm}$$

$$M_1^- = 0,5 \times 67 \times 3,79^2 \times 1,70 / 6,72 = 122 \text{ KNm}$$

$$M_2^- = 317 \times 2,08 (3,79 + 1,04) (0,85 + 1,04) / (6,72 - 1,04) / 6,72^2$$

$$M_2^- = 757 \text{ KNm}$$

$$\Sigma M = 757 + 122 - 235 = 644 \text{ KNm}$$

Armering i overside:

$$11 \text{ T } 12 \rightsquigarrow A_a = 1243 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = \frac{1243 \times 393}{1800 \times 354 \times 11,1} = 0,069$$

$$\mu = 0,069$$

$$M_{ud}^- = 0,067 \times 1800 \times 354^2 \times 11,1 \times 10^{-6}$$

$$M_{ud}^- = 168 \text{ KNm}$$

Armering i underside:

$$11 \text{ T } 22 \quad \sim \quad A_a = 4180 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = \frac{4180 \times 393}{1800 \times 349 \times 11,1} = 0,236$$

$$\mu = 0,208$$

$$M_{ud}^+ = 0,208 \times 1800 \times 349^2 \times 11,1 \times 10^{-6}$$

$$M_{ud}^+ = 506 \text{ KNm}$$

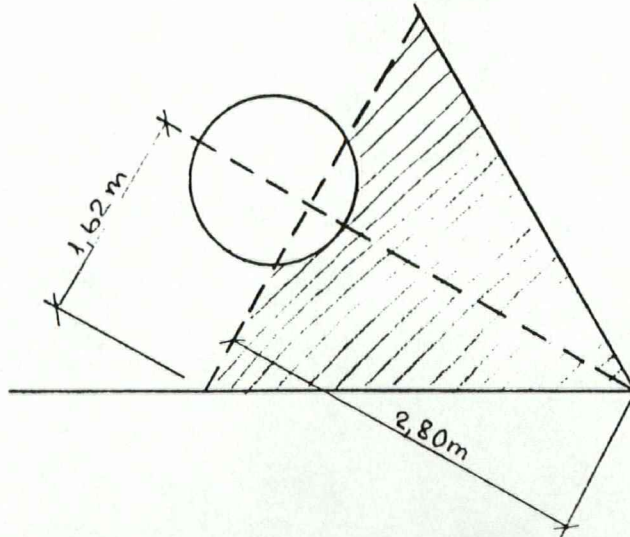
$$M_{ud}^+ + M_{ud}^- = 506 + 168 = 674 \text{ KNm} > \Sigma M = 644 \text{ KNm}$$

=====

$$M_{ud}^+ = 506 \text{ KNm} > M^+ = 235 \text{ KNm}$$

=====

Bøjning (yderste del):



$$q^+ = (176 - 30) \times 1,62 \times 2 = 473 \text{ KN/m}$$

$$q^- = 30 \times 1,62 \times 2 = 97 \text{ KN/m}$$

$$M^+ \sim 0,5 \times 473 \times 2,80^2 \times \frac{1}{3} = 618 \text{ KNm}$$

$$M^- \sim 0,5 \times 97 \times 2,80^2 \times \frac{1}{3} = 127 \text{ KNm}$$

$$M_{ud}^+ = 2 \times 506 \times \cos 30^\circ = 876 \text{ KNm} > M^+$$

=====

$$M_{ud}^- = 2 \times 168 \times \cos 30^\circ = 291 \text{ KNm} > M^-$$

=====

6.2. Forskydning:

Midterste del:

$$\begin{aligned} \text{Fra } q^+ &: - 55 \times 6,72 \times 0,5 = - 185 \text{ KN} \\ \text{Fra } q_1^- &= 0,5 \times 67 \times 3,79^2 / 6,72 = 72 \text{ KN} \\ \text{Fra } q_2^- &= 317 \times 2,08 \times 4,83 / 6,72 = \underline{474 \text{ KN}} \\ Q_{\max} &= 361 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$h_{\text{int}} \sim 0,9 \times 349 = 314 \text{ mm}$$

$$\tau_{\max} = \frac{361 \times 10^3}{1800 \times 314} = 0,64 \text{ MN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{1 + \cot^2 \theta}{\cot \theta + \cot \beta} \times \tau \\ &= \frac{1 + 2^2}{2 + 0} \times 0,64 = 1,60 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_c = 1,60 \text{ MN/m}^2 < 0,5 \times \psi \times f_{cd} = 0,5 \times 0,60 \times 11,1 = 3,33 \text{ MN/m}^2$$

=====

Yderste del:

$$Q_{\max} = 473 \times 2,80 \times 0,5 = 662 \text{ KN}$$

$$\tau_{\max} = \frac{662 \times 10^3}{0,9 \times 349 \times 2 \times 1620} = 0,65 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_c = \frac{1 + 2^2}{2 + 0} \times 0,65 = 1,63 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_c = 1,63 \text{ MN/m}^2 < 0,5 \times \psi \times f_{cd} = 0,5 \times 0,60 \times 11,1 = 3,33 \text{ MN/m}^2$$

=====

Fordelingsarmering:

$$\rho_F = \frac{0,20}{100} = \frac{A_{af}}{1000 \times 400} \Rightarrow A_{af} = 800 \text{ mm}^2$$

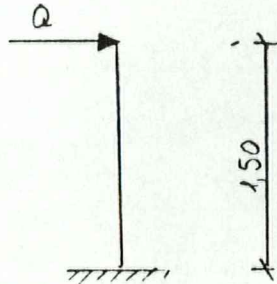
Der anvendes R 10 i over- underside.

$$A_a = 2 \times 393 = 786 \text{ mm}^2 \sim A_{af}$$

=====

7. FUNDAMENTSPILLER

7.1. Bøjning:



$$Q = 132,13 \times 0,5 = 66 \text{ KN}$$

$$M = 66 \times 1,50 = 99 \text{ KNm}$$

Der regnes med "bjælke" 200 x 1000 mm

$$\text{Armering: } 2 \text{ T } 14 \sim A_a \text{ } 308 \text{ mm}^2$$

$$\varphi = \frac{308 \times 393}{200 \times 900 \times 11,1} = 0,061$$

$$\mu = 0,059$$

$$M_{ud} = 0,059 \times 200 \times 900^2 \times 11,1 \times 10^{-6}$$

$$M_{ud} = 106 \text{ KNm} > M = 99 \text{ KNm}$$

=====

7.2. Forskydning:

$$Q = 66 \text{ KN}$$

$$\tau = \frac{66 \times 10^3}{0,9 \times 900 \times 200} = 0,40 \text{ MN/m}^2 \sim 0,5 \times f_{td}$$

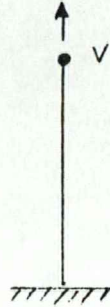
=====

7.3. Træk:

$$M_A = 4161,26 \text{ KNm}$$

$$V_A = 156,00 \text{ KN}$$

$$V = \frac{4161,26}{7,07 \times \sin 60^\circ} - \frac{156,00}{3} = 628 \text{ KN}$$



Der armeres med $15 - 2 = 13$ stk. T 14

$$A_a = 2002 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{628 \times 10^3}{2002} = 314 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 314 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 393 \text{ N/mm}^2$$

=====

7.4. Iryk:

$$M_A = 4161,26 \text{ KNm}$$

$$V_A = 156,00 \text{ KN}$$

$$V = \frac{4161,26}{7,07 \times \sin 60^\circ} + \frac{156,00}{3} = 732 \text{ KN}$$

Areal af fodplade:

$$A = \pi \times 0,25 \times 505^2 - 8 \times \pi \times 0,25 \times 35^2$$

$$A = 193 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Tryk på beton:

$$\sigma = \frac{732 \times 10^3}{193 \times 10^3} = 3,8 \text{ MN/m}^2 < f_{cd} = 11,1 \text{ MN/m}^2$$

=====

Herning, den 28. november 1986.

R. Christiansen
Rådg. ingeniører ApS
Knuthenborgvej 19
7400 Herning.

Danish Wind Technology A/S
(Dansk Vindteknik A/S)

Reg. nr. 64.267

Marsk Stigsvej 4
DK-8800 Viborg, Denmark
Tlf.: 06 62 34 99
Int. +45 6 62 34 99
Telex: 66 225 dawind dk
Telefax: +45 6 61 46 72
Postgiro: 2 34 98 09

Helle Kommune
Toften 2
6818 Årre

Att.: Vagn Ehmsen

INDGÅET
27 MRS. 1987
HELLE KOMMUNE

Date Viborg, den 26.03.87

Vedr./ Mølle - Lars Bo, Skonager, Varde
Re./
Betr.:

hoslagt fremsendes statistiske beregninger
vedr. vindmølle T-1895.

Med venlig hilsen
Yours faithfully
Hochachtungsvoll


Underskrift/Signature/Unterschrift

Fremsendes
uden særlig følgeskrivelse
Forwarded without covering letter
Ohne Anschreiben

I.h.t. aftale/tlf.samtale
With reference to
Gemäss
Gurli Held
 Til Deres underretning
For your information
Zur Kenntnisnahme

Til godkendelse
For approval
Bitten um Genehmigung

Kommentarer udbedes
Please comment
Bitten um Stellungnahme

Til underskrift
For signature
Zur Unterschrift

Retur med tak
Returned with thanks
Hiermit zurück

Ring venligst herom
Please phone
Bitte Anruf

Ønskes retur
Please return
Bitten um Rückgabe

Kan beholdes
For retention
Zum Verbleib

Til viderebehandling
For further action
Zur Erledigung

Gittermast

Statistiske beregninger

for vindmølle T-1895

INDGÅET

27 MRS. 1987

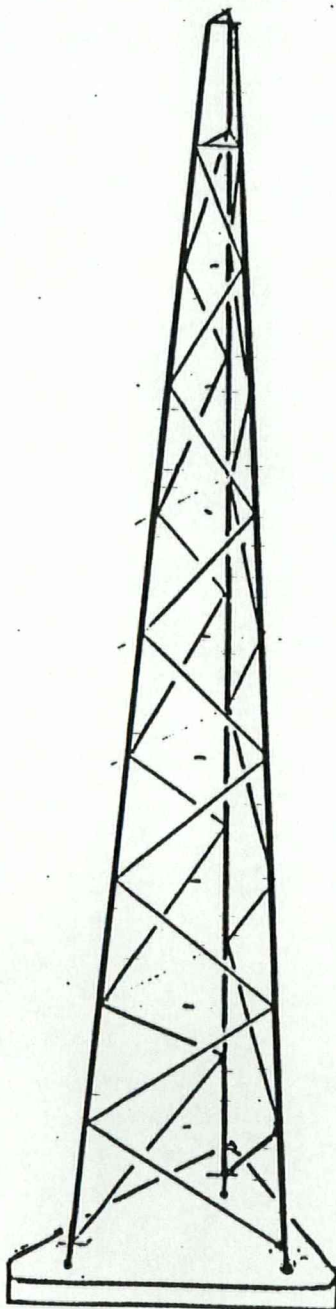
HELLE KOMMUNE



Danish Wind Technology A/S
(Dansk Vindteknik A/S)

Reg. nr. 64.267

Marsk Stigsvej 4
DK-8800 Viborg, Denmark
Tlf.: 06 62 34 99
Int. +45 6 62 34 99
Telex: 66 225 dawind dk
Telefax: +45 6 61 46 72
Postgiro: 2 34 98 09



9 APR. 1987

HELLE KOMMUNE
Kommuneingeniøren
Toften 2
6818 Arre

A/S SAMFUNDSTEKNIK
RÅDGIVENDE INGENIØRER F.R.I.
Vesterbro 23 . 9000 Aalborg
Tlf. (08) 16 45 66

INDHOLDSFORTEGNELSE.

	side
1. Indledning	1
2. Beregningsforudsætninger	1
3. Geometri	2
4. Belastninger	5
5. Snitkraftsbestemmelse	17
6. Bæreevnebestemmelse	
Hjørnejern st.4-7, st.10-13 og st.32	39
Diagonaler st.3, st.24, st.27.	42
Vridningsindspænding i plan st.29.	45
Friktionssamling ved st.27.	48
Friktionssamling ved st. 3.	49
Knudepladesamlinger.	49
Flangesamling mellem hjørnejern og fundament.	52
Flangesamling mellem hjørnejern ved fod.	53
Flangesamling mellem hjørnejern ved top.	54

1. INDLEDNING.

Beregningerne vedrører en 40m vindmøllegittermast af stål bestående af 3 stk. hjørneben udfyldt med diagonalstænger.

Gittermasten påvirkes dels af vindkræfter via vindmøllen dels af vindkræfter direkte på mastekonstruktionen.

2. BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER.

Gittermasten beregnes efter DIFs normer for stålkonstruktioner DS 412.2 (1983) samt normer for last på konstruktioner DS 410.3 (1982).

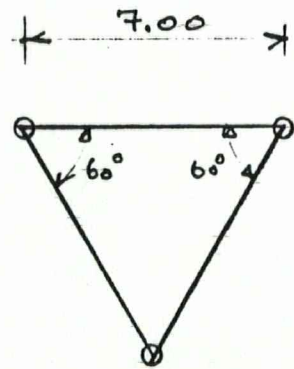
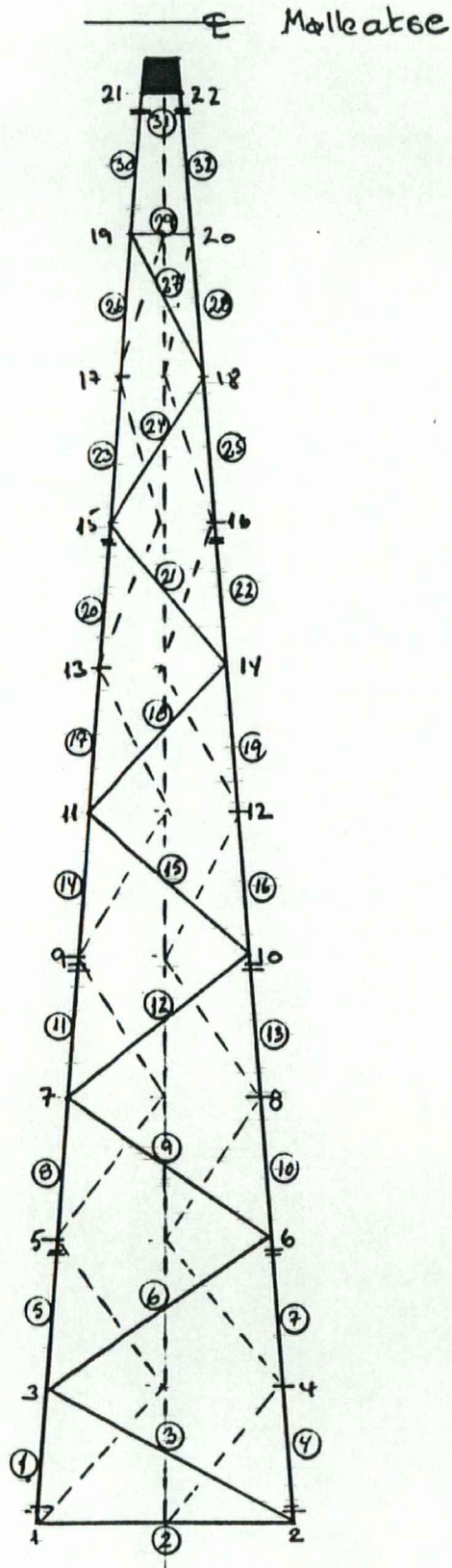
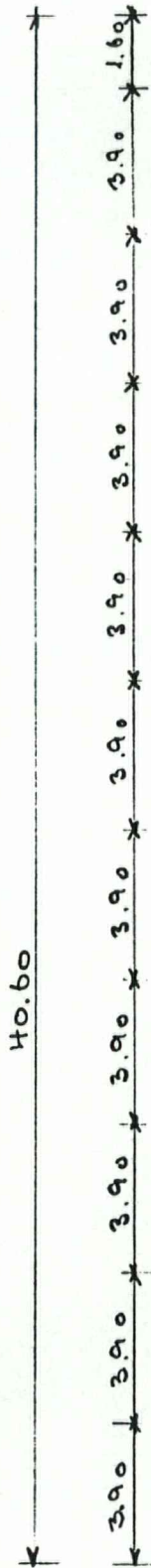
Der regnes med lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.

Alt anvendt stål er St. 37, $f_{yd} = 235 \text{ N/mm}^2$ (excl. bolte)

Alle bolte er kvalitet 8.8, $f_{yd} = 640 \text{ N/mm}^2$

Alle svejsesømme udføres i klasse A.

Geometric



Tværsnitskonstanter:

Hjørnejern. a) d = 273mm, t = 6.3mm (øvrige)
 A = 5.279 mm²
 I = 46.958233 mm⁴
 i = 94.3 mm
 W = 344.016 mm³

b) d = 273mm, t = 7.1mm (st.4-7, st1-5)
 A = 5.931 mm²
 I = 52.454503 mm⁴
 i = 94.0 mm
 W = 384.282 mm³

c) d = 273mm, t = 8.0mm (st.30, st.32)
 A = 6.660 mm²
 I = 58.517142 mm⁴
 i = 93.7 mm
 W = 428.697 mm³

Diagonaler. a) d = 133mm, t = 4.0mm (øvrige)
 A = 1.621 mm²
 I = 3.375253 mm⁴
 i = 45.6 mm
 W = 50.756 mm³

b) d = 133mm, t = 5.0mm (st.27)
 A = 2.011 mm²
 I = 4.060585 mm⁴
 i = 45.2 mm
 W = 62.016 mm³

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

G E O M E T R I S K O P B Y G N I N G :

knudekoordinater :

Knude nr.	X(m)	Y(m)	Knude nr.	X(m)	Y(m)
1	0.00	0.00	2	7.00	0.00
3	0.31	3.90	4	6.69	3.90
5	0.63	7.80	6	6.37	7.80
7	0.94	11.70	8	6.06	11.70
9	1.25	15.60	10	5.75	15.60
11	1.57	19.50	12	5.44	19.50
13	1.88	23.40	14	5.12	23.40
15	2.19	27.30	16	4.81	27.30
17	2.50	31.20	18	4.50	31.20
19	2.82	35.10	20	4.18	35.10
21	3.13	39.00	22	3.87	39.00

Bjælke data :

Bjælke nr.	Venstre knude	Højre knude	Længde meter	E-modul 1E3*N/mm ²	Areal 1E3*mm ²	Inertimoment 1E6*mm ⁴
1	1	3	3.91	149.0	5.90	52.00
2	1	2	7.00	149.0	5.90	52.00
3	2	3	7.74	149.0	1.60	3.40
4	2	4	3.91	149.0	5.90	52.00
5	3	5	3.91	149.0	5.90	52.00
6	3	6	7.21	149.0	1.60	3.40
7	4	6	3.91	149.0	5.90	52.00
8	5	7	3.91	149.0	5.30	47.00
9	6	7	6.69	149.0	1.60	3.40
10	6	8	3.91	149.0	5.30	47.00
11	7	9	3.91	149.0	5.30	47.00
12	7	10	6.19	149.0	1.60	3.40
13	8	10	3.91	149.0	5.30	47.00
14	9	11	3.91	149.0	5.30	47.00
15	10	11	5.72	149.0	1.60	3.40
16	10	12	3.91	149.0	5.30	47.00
17	11	13	3.91	149.0	5.30	47.00
18	11	14	5.27	149.0	1.60	3.40
19	12	14	3.91	149.0	5.30	47.00
20	13	15	3.91	149.0	5.30	47.00
21	14	15	4.88	149.0	1.60	3.40
22	14	16	3.91	149.0	5.30	47.00
23	15	17	3.91	149.0	5.30	47.00
24	15	18	4.53	149.0	1.60	3.40
25	16	18	3.91	149.0	5.30	47.00
26	17	19	3.91	149.0	5.30	47.00
27	18	19	4.25	149.0	2.00	4.10
28	18	20	3.91	149.0	5.30	47.00
29	19	20	1.36	149.0	2.00	4.10
30	19	21	3.91	149.0	6.70	59.00
31	20	22	3.91	149.0	6.70	59.00
32	21	22	0.74	149.0	6.70	59.00

Belastninger:

- 1) Egenvægt (mølle + tårn) $G = 160 \text{ KN}$
 Lodret nedadrettet kraft i knudepkt. 21 og knudepkt. 22 = $160/3 = 54 \text{ KN}$
- 2) Vridning fra mølle $M_z = 62 \text{ KNm}$
 Vandret kraft i knudepkt. 19 og knudepunkt 20 = $62 \cdot 3 / 1.36 \cdot 3 \cdot \cos 30 = 26 \text{ KN}$
- 3) Vandret kraft fra mølle $F_y = 67 \text{ KN}$
 Vandret kraft i knudepkt. 21 og pkt. 22
 a) pp : $67 \cdot 0.67 / 2 = 23 \text{ KN}$
 b) vp : $67 \cdot 0.58 / 2 = 20 \text{ KN}$
 Lodret kraft i knudepkt. 21 og pkt. 22
 a) pp : $67 \cdot 0.67 \cdot 1.6 / 0.74 = -/+ 97 \text{ KN}$
 b) vp : $67 \cdot 0.58 \cdot 1.6 / 0.74 = -/+ 84 \text{ KN}$
- 4) Moment fra mølle $M_x = 62 \text{ KNm}$
 Lodret kraft i knudepkt. 21 og pkt. 22
 a) vp (21): $62 / 0.74 \cdot \cos 30 \cdot 2 = -/+ 49 \text{ KN}$
 vp (22): $62 / 0.74 \cdot \cos 30 \cdot 2 = +/- 49 \text{ KN}$
 b) pp (21): $62 / 0.74 = -/+ 84 \text{ KN}$
 pp (22): $= +/- 84 \text{ KN}$
- 5) Vind på tårn:
 $V(40) = 27 \cdot 0.17 \cdot (\ln 40 / 0.01 + 1.3) = 44 \text{ m/s}$
 $V(0) = 27 \cdot 0.17 \cdot (\ln 4 / 0.01 + 1.3) = 34 \text{ m/s}$
 $q_v(40) = (0.8 \cdot 44)^2 \cdot 1.3 / 1000 = 1.6 \text{ KN/m}^2$
 $q_v(0) = (0.8 \cdot 34)^2 \cdot 1.3 / 1000 = 1.0 \text{ KN/m}^2$

Formfaktorer:

$$C = 2.1 \cdot (1 - T) \text{ hvor } T = Ae/A$$

$$T(40) = 2 \cdot 0.27 \cdot 3.9 + 0.13 \cdot 4.25 / (1.63 + 2.27) \cdot 0.5 \cdot 3.9 = 0.35$$

$$T(0) = 2 \cdot 0.27 \cdot 3.9 + 0.13 \cdot 7.70 / (7.27 + 6.65) \cdot 0.5 \cdot 3.9 = 0.11$$

$$C(40) = 2.1 \cdot (1 - 0.35) = 1.37$$

$$C(0) = 2.1 \cdot (1 - 0.11) = 1.87$$

Belastninger:

$$q_v(40) = 1.6 \cdot 1.37 = 2.19 \text{ KN/m}^2$$

$$q_v(0) = 1.0 \cdot 1.87 = 1.87 \text{ KN/m}^2$$

a) pp : $Q_v(40) = 2.19 \cdot (0.27 \cdot 2 \cdot 3.9 + 0.13 \cdot 2 \cdot 3.68) / 3.9 = 1.72 \text{ KN/m}$
 $Q_v(0) = 1.87 \cdot (0.27 \cdot 2 \cdot 3.9 + 0.13 \cdot 2 \cdot 6.67) / 3.9 = 1.84 \text{ KN/m}$
 $Q_{vp}(m) = (1.72 + 1.84) \cdot 0.67 / 2 = 1.19 \text{ KN/m}$

b) vp : $Q_v(40) = 2.19 \cdot (0.27 \cdot 3 \cdot 3.9 + 0.13 \cdot (4.25 + 4.00 \cdot 2)) / 3.9 = 2.67 \text{ KN/m}$
 $Q_v(0) = 1.87 \cdot (0.27 \cdot 3 \cdot 3.9 + 0.13 \cdot (7.0 + 2 \cdot 5.2)) / 3.9 = 2.60 \text{ KN/m}$
 $Q_{vp}(m) = (2.67 + 2.60) \cdot 0.58 / 2 = 1.53 \text{ KN/m}$

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE:Vridning fra mølle (Mz)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Momen (kNm)
19	26.00			:	20	26.00		

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE: V kraft fra mølle vp (Fy)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Momen (kNm)
21	20.00	-84.00		:	22	20.00	84.00	

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE: V kraft fra mølle pp (Fy)

K N U D E L A S T E R :

Forteegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Momen (kNm)
21	23.00	-97.00		:	22	23.00	97.00	

Side : 0
 Dato :
 Init :
 Sag :

LASTTILFÆLDE: Vind på tårn vp (qv)

B J Æ L K E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Vinkelret last regnes positiv ind mod bjælken
 Vertikal last (y-retn.) regnes positiv nedad
 Horizontal last (x-retn.) regnes positiv mod højre
 Aksial last regnes positiv mod højre bjælkeende
 Vinkelret trekantlast regnes positiv ind mod bjælken

Bjælke Nr	Vinkelret (kN/m)	Vertikal (kN/m)	Horizontal (kN/m)	Aksial (kN/m)	Vinkelret trekant last (kN)	h/\
1			0.77			
4			0.77			
5			0.77			
7			0.77			
8			0.77			
10			0.77			
11			0.77			
13			0.77			
14			0.77			
16			0.77			
17			0.77			
19			0.77			
20			0.77			
22			0.77			
23			0.77			
25			0.77			
26			0.77			
28			0.77			
30			0.77			
31			0.77			

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE: Vind på tårn pp (qv)

BJÆLKELASTER :

Fortegnsdefinitioner:

Vinkelret last regnes positiv ind mod bjælken
 Vertikal last (y-retn.) regnes positiv nedad
 Horizontal last (x-retn.) regnes positiv mod højre
 Aksial last regnes positiv mod højre bjælkeende
 Vinkelret trekantlast regnes positiv ind mod bjælke

Bjælke Nr	Vinkelret (kN/m)	Vertikal (kN/m)	Horizontal (kN/m)	Aksial (kN/m)	Vinkelret treka last (kN)	h/
1			0.60			
4			0.60			
5			0.60			
7			0.60			
8			0.60			
10			0.60			
11			0.60			
13			0.60			
14			0.60			
16			0.60			
17			0.60			
19			0.60			
20			0.60			
22			0.60			
23			0.60			
25			0.60			
26			0.60			
28			0.60			
30			0.60			
31			0.60			

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE: Moment fra mølle vp (Mx)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)
21		-49.00		:	22		49.00	

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE: Moment fra mølle vp (-Mx)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)
21		49.00		:	22		-49.00	

Side : 0
 Dato :
 Init :
 Sag :

LASTTILFÆLDE: Moment fra mølle pp (Mx)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret
 Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre
 Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)
21		-84.00		22		84.00	

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE: Moment fra mølle pp (-Mx)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)
21		84.00		:	22		-84.00	

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE:Egenvægt tårn (Gt)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)
19		32.00		:	20		32.00	

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTTILFÆLDE:Egenvægt mølle (Gm)

K N U D E L A S T E R :

Fortegnsdefinitioner:

Momenter regnes positivt med uret

Vandret last (x-retn.) regnes positiv mod højre

Lodret last (y-retn.) regnes positiv nedad

Knude Nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)	:	Knude nr	X-retn. (kN)	Y-retn. (kN)	Moment (kNm)
21		22.00		:	22		22.00	

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTKOMBINATION :

Lasttilfælde : Vridning fra mølle (Mz) gange 1.00

Snitkræfter :

Bjælke nr.	Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	1	261.09	0.41	-1.53
	2	261.09	0.41	0.07
2	1	0.00	-0.00	0.00
	2	0.00	-0.00	-0.00
3	1	-11.86	0.00	-0.03
	2	-11.86	0.00	-0.02
4	1	-255.10	0.44	-1.80
	2	-255.10	0.44	-0.06
5	1	247.65	-0.43	0.07
	2	247.65	-0.43	-1.61
6	1	13.70	0.00	-0.03
	2	13.70	0.00	-0.02
7	1	-255.10	-0.21	-0.06
	2	-255.10	-0.21	-0.87
8	1	247.65	0.20	-1.61
	2	247.65	0.20	-0.83

Side : 1
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr.	9			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-16.44	-0.02	0.00
2		-16.44	-0.02	-0.11

Bjælke nr.	10			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-237.99	-0.03	-0.89
2		-237.99	-0.03	-1.02

Bjælke nr.	11			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		225.75	0.26	-1.02
2		225.75	0.26	-0.00

Bjælke nr.	12			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		19.37	-0.04	0.08
2		19.37	-0.04	-0.15

Bjælke nr.	13			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-237.99	-0.03	-1.02
2		-237.99	-0.03	-1.15

Bjælke nr.	14			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		225.75	-0.31	-0.00
2		225.75	-0.31	-1.23

Bjælke nr.	15			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-23.18	-0.01	0.01
2		-23.18	-0.01	-0.05

Bjælke nr.	16			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-209.88	0.27	-1.30
2		-209.88	0.27	-0.23

Bjælke nr.	17			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		187.46	-0.10	-1.17
2		187.46	-0.10	-1.56

Side : 2

Dato :

Init :

Sag :

Bjælke nr. 18			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	30.19	0.02	-0.11
2	30.19	0.02	-0.01

Bjælke nr. 19			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-209.88	-0.26	-0.23
2	-209.88	-0.26	-1.25

Bjælke nr. 20			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	187.46	-0.10	-1.56
2	187.46	-0.10	-1.95

Bjælke nr. 21			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-41.93	-0.05	-0.00
2	-41.93	-0.05	-0.23

Bjælke nr. 22			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-153.80	-0.10	-1.26
2	-153.80	-0.10	-1.64

Bjælke nr. 23			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	100.70	0.68	-2.38
2	100.70	0.68	0.28

Bjælke nr. 24			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	61.53	-0.13	0.21
2	61.53	-0.13	-0.36

Bjælke nr. 25			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-153.80	-0.10	-1.64
2	-153.80	-0.10	-2.03

Bjælke nr. 26			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	100.70	0.42	0.28
2	100.70	0.42	1.94

Side : 3

Dato :

Init :

Sag :

Bjælke nr. 27			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-104.07	0.09	-0.09
2	-104.07	0.09	0.30

Bjælke nr. 28			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-4.94	1.68	-2.30
2	-4.94	1.68	4.29

Bjælke nr. 29			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	23.56	-2.08	1.33
2	23.56	-2.08	-1.50

Bjælke nr. 30			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	2.72	0.14	0.90
2	2.72	0.14	1.44

Bjælke nr. 31			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-2.66	-0.57	2.78
2	-2.66	-0.57	0.56

Bjælke nr. 32			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	0.34	-2.70	1.44
2	0.34	-2.70	-0.56

Reaktioner :

Knude nummer	X-retn kN	Y-retn kN	Moment kNm
1	-21.10	-260.23	-1.53
2	-30.90	260.23	-1.82

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

L A S T K O M B I N A T I O N :

Lasttilfælde : V kraft fra mølle vp (Fy) gange 1.00

Lasttilfælde : Vind på tårn vp (qv) gange 1.00

Lasttilfælde : Moment fra mølle vp (Mx) gange 1.00

Lasttilfælde : Egenvægt tårn (Gt) gange 1.00

Lasttilfælde : Egenvægt mølle (Gm) gange 1.00

Snitkræfter :

Bjælke nr.	Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	1	349.89	1.62	-3.25
	2	349.65	-1.37	-2.76
2	1	0.00	-0.00	0.00
	2	0.00	-0.00	-0.00
3	1	-37.07	-0.02	0.02
	2	-37.07	-0.02	-0.15
4	1	-439.66	3.87	-7.42
	2	-439.42	0.88	1.87
5	1	311.51	2.33	-3.00
	2	311.26	-0.67	0.26
6	1	36.36	-0.03	0.08
	2	36.36	-0.03	-0.10
7	1	-439.42	-0.24	1.87
	2	-439.18	-3.24	-4.94

Side : 1
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr. 8		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		311.26	0.13	0.26
2		311.02	-2.87	-5.10

Bjælke nr. 9		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		-35.32	-0.03	0.05
2		-35.32	-0.03	-0.17

Bjælke nr. 10		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		-399.13	2.97	-5.09
2		-398.89	-0.03	0.66

Bjælke nr. 11		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		269.79	3.29	-5.33
2		269.55	0.29	1.67

Bjælke nr. 12		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		33.24	-0.03	0.06
2		33.24	-0.03	-0.16

Bjælke nr. 13		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		-398.89	-0.03	0.66
2		-398.66	-3.02	-5.31

Bjælke nr. 14		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		269.55	-0.39	1.67
2		269.31	-3.39	-5.73

Bjælke nr. 15		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		-31.21	-0.03	0.06
2		-31.21	-0.03	-0.14

Bjælke nr. 16		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
Snit nr.				
1		-356.75	3.32	-5.52
2		-356.51	0.33	1.63

Side : 3
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr. 26			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	173.25	-0.84	-0.53
2	173.01	-3.84	-9.69

Bjælke nr. 27			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-49.48	-0.12	-0.15
2	-49.48	-0.12	-0.66

Bjælke nr. 28			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-236.04	-0.09	-3.05
2	-235.79	-3.08	-9.26

Bjælke nr. 29			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	8.35	-5.45	3.66
2	8.35	-5.45	-3.75

Bjælke nr. 30			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	155.01	9.18	-14.01
2	154.78	6.19	16.06

Bjælke nr. 31			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-199.12	8.81	-13.01
2	-198.89	5.82	15.61

Bjælke nr. 32			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-1.58	-42.80	16.06
2	-1.58	-42.80	-15.61

Reaktioner :

Knude nummer	X-retn kN	Y-retn kN	Moment kNm
1	-29.34	-348.66	-3.25
2	-70.71	456.66	-7.40

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

L A S T K O M B I N A T I O N :

Lasttilfælde : V kraft fra mølle vp (Fy) gange 1.00

Lasttilfælde : Vind på tårn vp (qv) gange 1.00

Lasttilfælde : Moment fra mølle vp (-Mx) gange 1.00

Lasttilfælde : Egenvægt tårn (Gt) gange 1.00

Lasttilfælde : Egenvægt mølle (Gm) gange 1.00

Snitkræfter :

Bjælke nr.	1			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		339.49	1.65	-3.33
2		339.25	-1.35	-2.75

Bjælke nr.	2			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		0.00	-0.00	0.00
2		0.00	-0.00	-0.00

Bjælke nr.	3			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-39.05	-0.02	0.02
2		-39.05	-0.02	-0.16

Bjælke nr.	4			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-428.25	3.86	-7.42
2		-428.02	0.87	1.84

Bjælke nr.	5			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		298.86	2.35	-3.00
2		298.61	-0.64	0.36

Bjælke nr.	6			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		38.64	-0.03	0.09
2		38.64	-0.03	-0.12

Bjælke nr.	7			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-428.02	-0.22	1.84
2		-427.77	-3.21	-4.88

Side : 1

Dato :

Init :

Sag :

Bjælke nr.	8		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	298.62	0.12	0.36
2	298.38	-2.87	-5.02

Bjælke nr.	9		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-37.93	-0.03	0.05
2	-37.93	-0.03	-0.17

Bjælke nr.	10		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-384.96	2.98	-5.05
2	-384.72	-0.02	0.74

Bjælke nr.	11		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	253.64	3.26	-5.25
2	253.40	0.26	1.63

Bjælke nr.	12		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	36.36	-0.03	0.06
2	36.36	-0.03	-0.15

Bjælke nr.	13		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-384.72	-0.02	0.74
2	-384.48	-3.01	-5.18

Bjælke nr.	14		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	253.40	-0.38	1.63
2	253.16	-3.38	-5.72

Bjælke nr.	15		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-35.09	-0.04	0.07
2	-35.09	-0.04	-0.16

Bjælke nr.	16		
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-337.94	3.29	-5.40
2	-337.70	0.29	1.60

Side : 2

Dato :

Init :

Sag :

Bjælke nr. 17			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	203.48	3.18	-5.81
2	203.25	0.18	0.77

Bjælke nr. 18			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	35.19	-0.01	-0.06
2	35.19	-0.01	-0.10

Bjælke nr. 19			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-337.70	-0.57	1.60
2	-337.45	-3.56	-6.48

Bjælke nr. 20			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	203.24	0.18	0.77
2	203.01	-2.81	-4.37

Bjælke nr. 21			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-36.41	-0.02	0.01
2	-36.41	-0.02	-0.11

Bjælke nr. 22			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-282.63	3.49	-6.59
2	-282.39	0.50	1.21

Bjælke nr. 23			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	137.23	2.25	-4.04
2	136.99	-0.75	-1.11

Bjælke nr. 24			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	42.93	0.17	-0.43
2	42.93	0.17	0.35

Bjælke nr. 25			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-282.39	0.50	1.21
2	-282.15	-2.50	-2.70

Side : 3
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr. 26			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	136.99	-1.10	-1.11
2	136.74	-4.09	-11.26

Bjælke nr. 27			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-71.87	-0.22	-0.02
2	-71.87	-0.22	-0.98

Bjælke nr. 28			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-179.04	-0.98	-2.32
2	-178.80	-3.97	-12.01

Bjælke nr. 29			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	14.03	-9.31	6.33
2	14.03	-9.31	-6.33

Bjælke nr. 30			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	94.61	13.85	-18.56
2	94.38	10.86	29.78

Bjælke nr. 31			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-138.74	13.74	-18.33
2	-138.51	10.75	29.58

Bjælke nr. 32			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-1.71	-80.22	29.78
2	-1.71	-80.22	-29.58

Reaktioner :

Knude nummer	X-retn kN	Y-retn kN	Moment kNm
1	-28.54	-338.29	-3.33
2	-71.51	446.29	-7.40

Side : 0

Dato :

Init :

Sag :

LASTKOMBINATION :

Lasttilfælde : V kraft fra mølle pp (Fy) gange 1.00

Lasttilfælde : Vind på tårn pp (qv) gange 1.00

Lasttilfælde : Moment fra mølle pp (Mx) gange 1.00

Lasttilfælde : Egenvægt tårn (Gt) gange 1.00

Lasttilfælde : Egenvægt mølle (Gm) gange 1.00

Snitkræfter :

Bjælke nr.	Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	1	351.66	1.30	-2.76
	2	351.47	-1.03	-2.24
2	1	0.00	-0.00	0.00
	2	0.00	-0.00	-0.00
3	1	-29.16	-0.02	0.00
	2	-29.16	-0.02	-0.12
4	1	-445.40	3.17	-6.32
	2	-445.21	0.83	1.51
5	1	321.48	1.68	-2.39
	2	321.29	-0.65	-0.37
6	1	28.59	-0.01	0.03
	2	28.59	-0.01	-0.07
7	1	-445.21	-0.30	1.51
	2	-445.02	-2.63	-4.23

Side : 1
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr. 8				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	321.29	0.17	-0.37	
2	321.10	-2.16	-4.27	

Bjælke nr. 9				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	-28.04	-0.03	0.02	
2	-28.04	-0.03	-0.16	

Bjælke nr. 10				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	-413.36	2.30	-4.32	
2	-413.18	-0.03	0.12	

Bjælke nr. 11				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	288.27	2.63	-4.49	
2	288.08	0.30	1.23	

Bjælke nr. 12				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	26.53	-0.03	0.05	
2	26.53	-0.03	-0.16	

Bjælke nr. 13				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	-413.18	-0.03	0.12	
2	-412.99	-2.37	-4.58	

Bjælke nr. 14				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	288.08	-0.44	1.23	
2	287.89	-2.77	-5.05	

Bjælke nr. 15				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	-24.92	-0.03	0.04	
2	-24.92	-0.03	-0.13	

Bjælke nr. 16				
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)	
1	-379.53	2.69	-4.77	
2	-379.35	0.35	1.17	

Side : 2

Dato :

Init :

Sag :

Bjælke nr. 17			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	252.99	2.42	-5.04
2	252.80	0.08	-0.15

Bjælke nr. 18			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	24.53	0.02	-0.14
2	24.53	0.02	-0.05

Bjælke nr. 19			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-379.35	-0.61	1.17
2	-379.16	-2.95	-5.79

Bjælke nr. 20			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	252.80	0.08	-0.15
2	252.61	-2.25	-4.39

Bjælke nr. 21			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-24.79	-0.03	-0.03
2	-24.79	-0.03	-0.16

Bjælke nr. 22			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-341.44	2.68	-5.81
2	-341.26	0.34	0.10

Bjælke nr. 23			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	209.35	1.93	-4.20
2	209.16	-0.40	-1.20

Bjælke nr. 24			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	27.53	0.12	-0.35
2	27.53	0.12	0.20

Bjælke nr. 25			
Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-341.26	0.34	0.10
2	-341.07	-1.99	-3.11

Side : 3
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr. 26

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	209.16	-0.93	-1.20
2	208.97	-3.26	-9.41

Bjælke nr. 27

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-43.34	-0.13	-0.14
2	-43.34	-0.13	-0.71

Bjælke nr. 28

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-277.57	-0.55	-2.77
2	-277.38	-2.88	-9.48

Bjælke nr. 29

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	7.16	-4.94	3.34
2	7.16	-4.94	-3.38

Bjælke nr. 30

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	197.01	8.12	-13.45
2	196.82	5.78	13.74

Bjælke nr. 31

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-241.13	7.89	-12.86
2	-240.94	5.56	13.45

Bjælke nr. 32

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-1.65	-36.74	13.74
2	-1.65	-36.74	-13.45

Reaktioner :

Knude nummer	X-retn kN	Y-retn kN	Moment kNm
1	-29.16	-350.45	-2.76
2	-63.63	458.45	-6.31

Side : 0
Dato :
Init :
Sag :

L A S T K O M B I N A T I O N :

- Lasttilfælde : V kraft fra mølle pp (Fy) gange 1.00
- Lasttilfælde : Vind på tårn pp (qv) gange 1.00
- Lasttilfælde : Moment fra mølle pp (-Mx) gange 1.00
- Lasttilfælde : Egenvægt tårn (Gt) gange 1.00
- Lasttilfælde : Egenvægt mølle (Gm) gange 1.00

Snitkræfter :

Bjælke nr.	1			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		333.83	1.34	-2.90
2		333.64	-0.99	-2.21

Bjælke nr.	2			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		0.00	-0.00	0.00
2		0.00	-0.00	-0.00

Bjælke nr.	3			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-32.55	-0.02	0.01
2		-32.55	-0.02	-0.13

Bjælke nr.	4			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-425.85	3.16	-6.32
2		-425.66	0.82	1.46

Bjælke nr.	5			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		299.80	1.73	-2.39
2		299.61	-0.60	-0.20

Bjælke nr.	6			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		32.51	-0.02	0.05
2		32.51	-0.02	-0.09

Bjælke nr.	7			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-425.66	-0.26	1.46
2		-425.47	-2.57	-4.13

Side : 1

Dato :

Init :

Sag :

Bjælke nr.	8			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		299.61	0.16	-0.20
2		299.42	-2.17	-4.14

Bjælke nr.	9			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-32.52	-0.03	0.04
2		-32.52	-0.03	-0.16

Bjælke nr.	10			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-389.06	2.32	-4.25
2		-388.88	-0.02	0.25

Bjælke nr.	11			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		260.58	2.58	-4.35
2		260.40	0.24	1.17

Bjælke nr.	12			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		31.87	-0.03	0.05
2		31.87	-0.03	-0.15

Bjælke nr.	13			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-388.88	-0.02	0.25
2		-388.69	-2.35	-4.37

Bjælke nr.	14			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		260.40	-0.42	1.17
2		260.21	-2.75	-5.03

Bjælke nr.	15			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-31.58	-0.04	0.06
2		-31.58	-0.04	-0.16

Bjælke nr.	16			
Snit nr.		N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1		-347.29	2.62	-4.58
2		-347.10	0.29	1.12

Side : 2
 Dato :
 Init :
 Sag :

Bjælke nr. 17

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	214.65	2.57	-5.13
2	214.47	0.23	0.35

Bjælke nr. 18

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	32.74	-0.01	-0.06
2	32.74	-0.01	-0.11

Bjælke nr. 19

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-347.10	-0.59	1.12
2	-346.91	-2.93	-5.77

Bjælke nr. 20

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	214.47	0.23	0.35
2	214.28	-2.10	-3.30

Bjælke nr. 21

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-35.49	-0.01	-0.02
2	-35.49	-0.01	-0.07

Bjælke nr. 22

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-294.54	2.85	-5.86
2	-294.35	0.51	0.71

Bjælke nr. 23

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	147.18	1.34	-2.88
2	146.99	-0.99	-2.19

Bjælke nr. 24

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	45.19	0.19	-0.49
2	45.19	0.19	0.39

Bjælke nr. 25

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-294.36	0.51	0.71
2	-294.17	-1.82	-1.84

Side : 3
Dato :
Init :
Sag :

Bjælke nr. 26

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	146.99	-1.37	-2.19
2	146.80	-3.70	-12.10

Bjælke nr. 27

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-81.72	-0.31	0.08
2	-81.72	-0.31	-1.25

Bjælke nr. 28

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-179.87	-2.07	-1.53
2	-179.67	-4.40	-14.18

Bjælke nr. 29

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	16.89	-11.54	7.90
2	16.89	-11.54	-7.80

Bjælke nr. 30

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	93.46	16.12	-21.25
2	93.28	13.79	37.25

Bjælke nr. 31

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-137.62	16.35	-21.98
2	-137.43	14.01	37.41

Bjælke nr. 32

Snit nr.	N (kN)	V (kN)	M (kNm)
1	-1.88	-100.89	37.25
2	-1.88	-100.89	-37.41

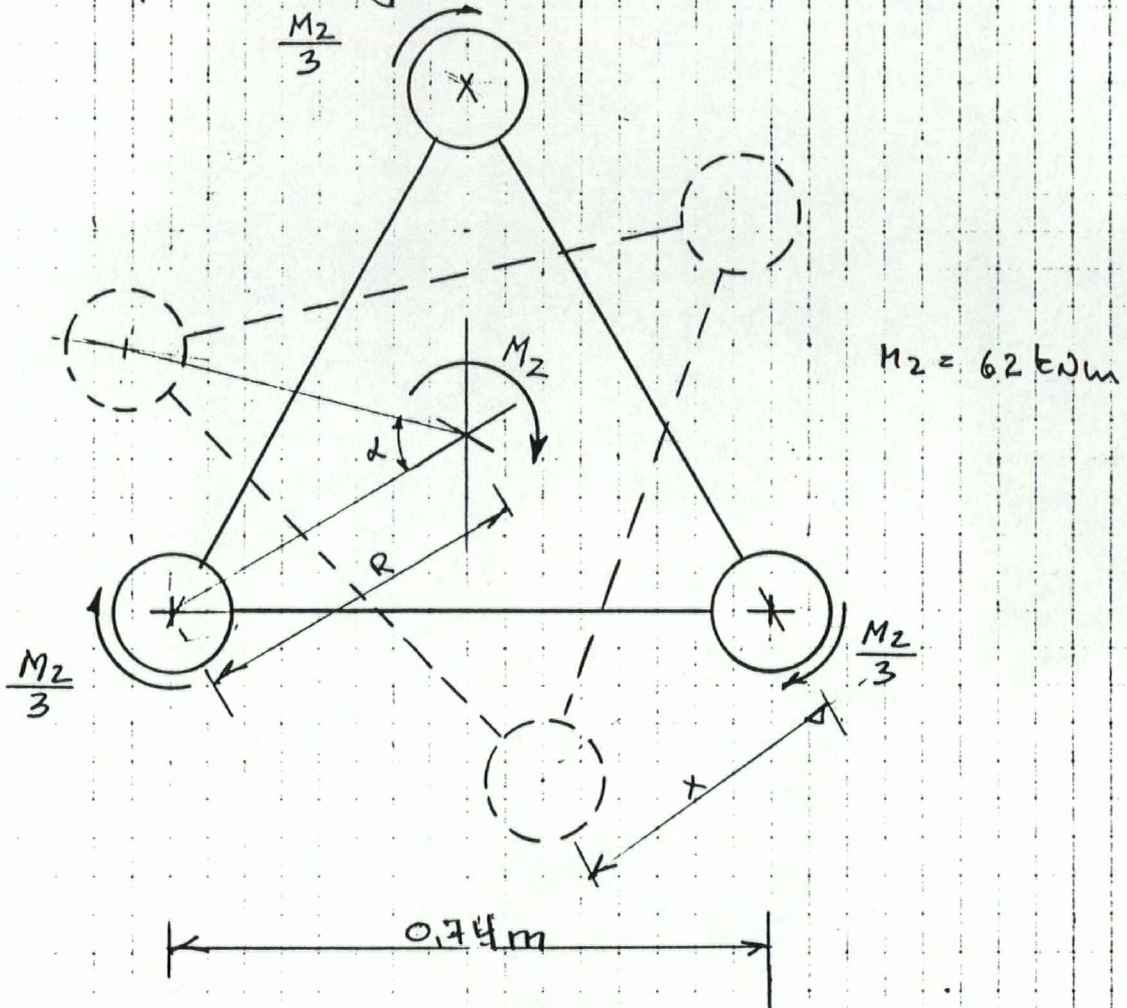
Reaktioner :

Knude nummer	X-retn kN	Y-retn kN	Moment kNm
1	-27.79	-332.67	-2.90
2	-65.00	440.67	-6.31

SNITKRAFTSTABEL.

	st.	N	M1	M2	V
Mx	27	-104	-0.1	0.3	0.1
	3	-12	-0.1	0.1	0.0
Fy (vp)	4	-879	-12.8	3.3	6.8
	10	-798	-8.9	1.1	5.2
Mx	31	-398	-22.6	27.2	15.3
qv	27	-50	-0.2	-0.7	0.1
G	3	-37	0.1	-0.2	0.1
-Mx	4	-856	-12.8	3.3	6.8
	10	-770	-8.9	1.1	5.2
	31	-277	-31.9	51.5	23.9 (excl. vridning) se side 38
	27	-72	-0.1	-1.0	0.2
	3	-39	0.2	-0.2	0.1
Mx (pp)	4	-668	-8.5	2.0	4.2
	10	-620	-5.8	0.2	3.1
	31	-362	-17.2	18.0	10.6
	27	-43	-0.2	-0.7	0.1
	3	-29	0.0	-0.1	0.1
-Mx	4	-639	-8.5	-2.0	4.2
	10	-584	-5.7	0.3	3.1
	31	-206	-29.5	50.1	21.9
	27	-82	0.1	-1.3	0.3
	3	-33	0.0	-0.1	0.0

Opfølgelse af vridningsmoment M_z i waste top.



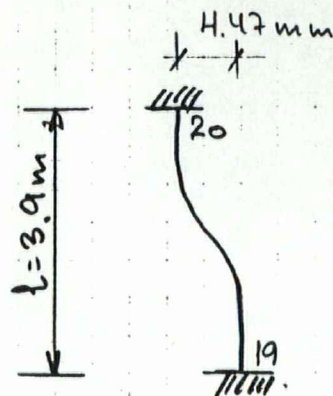
$M_2 = 62 \text{ kNm}$

$R = \frac{0.74 \times \cos 30^\circ \times 2}{3} = 0.427$

$\alpha = \frac{2 \times M_2 \times l \times 180}{3 \times \pi^2 (r_1^4 - r_0^4) \times G \times \pi^2}$ hvor $G = 0.38 \times E$

$\alpha = \frac{2 \times 62 \times 10^6 \times 3900 \times 180}{3 \times \pi^2 (136.5^4 - 130.0^4) \times 0.38 \times 2.1 \times 10^5} = 0.60^\circ$

$x = 2 \times R \times \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \times 0.427 \times \sin \frac{0.60}{2} = 0.0447 \text{ m}$



$M_{20} = -M_{19} = -\frac{6 \times E \times I \times x}{l^2}$
 $= \frac{6 \times 2.1 \times 10^5 \times 3900^2 \times 4.5 \times 10^{-6}}{3900^2} = 17.5 \text{ kNm}$

$\tau_{max} = \frac{2 \times M_2 \times r_1}{3 \times \pi^2 (r_1^4 - r_0^4)} = \frac{2 \times 62 \times 136.5 \times 10^6}{3 \times \pi^2 (136.5^4 - 130.0^4)} = 29 \text{ N/mm}^2$

Bygningsdel : Hjørnejern st. 4-7
Ekscentrisk belastet søjle i profilstål.

Lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.
Der regnes med søjletilfælde b .

Regningsmæssig trykkraft på søjle : 879.00 kN
Regningsmæssigt ækvivalent ydre moment. : -6.36 kNm

Karakteristisk flydespænding : 235.00 MPa
Regningsmæssig flydespænding : 204.30 MPa
Regningsmæssigt E-modul : 149000 MPa

Tværsnitsdata :

Tværsnitsareal..... : 5.90*10³ mm²
Modstandsmoment : 384.0*10³ mm³
Inertiradius : 94.0 mm

Beregning for central last

Søjleens knæklængde : 4.45 m
Slankhedsforhold : 47
Relativ slankhedsforhold : 0.558
Forholdet : σ (kritisk) / σ (flydning) .. : 0.86
 σ (normalkraft) = 148.98 MPa < σ (kritisk) = 175.21 MPa

$$\frac{N}{A} + \frac{N_e * (|M| + N * e)}{W} <= f_{yd} ==> 193.87 < 204.30 \text{ MPa}$$

Side : 2
Dato :
Init :
Sag. :

$$A \quad (N_e - N) * W$$

Hvor :
N_e = Eulerkraften = 3871.45 kN
e = ekscentricitet = 8 mm
f_{yd} = regningsmæssig flydespænding
|M| = numerisk værdi af ækvivalent ydre moment
N = regningsmæssig trykkraft
W = modstandsmoment

Bygningsdel : Hjørnejern st.10-13
Ekscentrisk belastet søjle i profilstål.

Lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.
Der regnes med søjletilfælde b .

Regningsmæssig trykkraft på søjle : 798.00 kN
Regningsmæssigt ækvivalent ydre moment. : -4.90 kNm

Karakteristisk flydespænding : 235.00 MPa
Regningsmæssig flydespænding : 204.30 MPa
Regningsmæssigt E-modul : 149000 MPa

Tværsnitsdata :

Tværsnitsareal..... : 5.30*10³ mm²
Modstandsmoment : 344.0*10³ mm³
Inertiradius : 94.3 mm

Beregning for central last

Søjlelængde : 4.45 m
Slankhedsforhold : 47
Relativ slankhedsforhold : 0.556
Forholdet : σ (kritisk) / σ (flydning) .. : 0.86
 σ (normalkraft) = 150.57 MPa < σ (kritisk) = 175.38 MPa

$$\frac{N}{A} + \frac{N_e * (|M| + N * e)}{(N_e - N) * W} \leq f_{yd} \Rightarrow 192.64 < 204.30 \text{ MPa}$$

- Hvor :
- Ne = Eulerkraften = 3499.97 kN
 - e = ekscentricitet = 8 mm
 - f_{yd} = regningsmæssig flydespænding
 - |M| = numerisk værdi af ækvivalent ydre moment
 - N = regningsmæssig trykkraft
 - W = modstandsmoment

Bygningsdel : Hjørnejern st. 32
Ekscentrisk belastet søjle i profilstål.

Lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.
Der regnes med søjletilfælde b .

Regningsmæssig trykkraft på søjle : 277.00 kN
Regningsmæssigt ækvivalent ydre moment. : 62.00 kNm

Karakteristisk flydespænding : 235.00 MPa
Regningsmæssig flydespænding : 204.30 MPa
Regningsmæssigt E-modul : 149000 MPa

Tværsnitsdata :
Iværsnitsareal..... : 6.70*10³ mm²
Modstandsmoment : 429.0*10³ mm³
Inertiradius : 93.7 mm

Beregning for central last
Søjlelens knæklængde : 3.90 m

Side : 3
Dato :
Init :
Sag :

Slankhedsforhold : 42
Relativ slankhedsforhold : 0.491
Forholdet : σ (kritisk) / σ (flydning) .. : 0.89
 σ (normalkraft) = 41.34 MPa < σ (kritisk) = 181.49 MPa

$$\frac{N}{A} + \frac{N_e * (|M| + N * e)}{(N_e - N) * W} \leq f_{yd} \Rightarrow 197.56 < 204.30 \text{ MPa}$$

- Hvor :
N_e = Eulerkraften = 5687.35 kN
e = ekscentricitet = 6 mm
f_{yd} = regningsmæssig flydespænding
|M| = numerisk værdi af ækvivalent ydre moment
N = regningsmæssig trykkraft
W = modstandsmoment

Bygningsdel : Diagonal st. 3

Ekscentrisk belastet søjle i profilstål.

Lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.

Der regnes med søjletilfælde b .

Regningsmæssig trykkraft på søjle : 51.00 kN

Regningsmæssigt ækvivalent ydre moment. : 3.00 kNm

Karakteristisk flydespænding : 235.00 MPa

Regningsmæssig flydespænding : 204.30 MPa

Regningsmæssigt E-modul : 149000 MPa

Tværsnitsdata :

Tværsnitsareal..... : $1.60 \cdot 10^3$ mm²Modstandsmoment : $50.8 \cdot 10^3$ mm³

Inertiradius : 45.6 mm

Beregning for central last

Søjleens knæklængde : 7.00 m

Slankhedsforhold : 154

Relativ slankhedsforhold : 1.809

Forholdet : $\sigma(\text{kritisk}) / \sigma(\text{flydning})$.. : 0.25 $\sigma(\text{normalkraft}) = 31.88$ MPa < $\sigma(\text{kritisk}) = 51.03$ MPa

$$\frac{N}{A} + \frac{N_e * (|M| + N * e)}{(N_e - N) * W} \leq f_{yd} \Rightarrow 188.24 < 204.30 \text{ MPa}$$

Hvor :

- N_e = Eulerkraften = 99.85 kN
- e = ekscentricitet = 17 mm
- f_{yd} = regningsmæssig flydespænding
- $|M|$ = numerisk værdi af ækvivalent ydre moment
- N = regningsmæssig trykkraft
- W = modstandsmoment

Bygningsdel : Diagonal st. 24

Ekscentrisk belastet søjle i profilstål.

Lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.

Der regnes med søjletilfælde b .

Regningsmæssig trykkraft på søjle : 107.00 kN

Regningsmæssigt ækvivalent ydre moment. : 0.32 kNm

Karakteristisk flydespænding : 235.00 MPa

Regningsmæssig flydespænding : 204.30 MPa

Regningsmæssigt E-modul : 149000 MPa

Tværsnitsdata :

Tværsnitsareal..... : 1.60*10³ mm²

Modstandsmoment : 51.0*10³ mm³

Inertiradius : 45.6 mm

Beregning for central last

Søjlelængde : 4.00 m

Slankhedsforhold : 88

Relativ slankhedsforhold : 1.034

Forholdet : σ (kritisk) / σ (flydning) .. : 0.58

σ (normalkraft) = 66.88 MPa < σ (kritisk) = 117.61 MPa

$$\frac{N}{A} + \frac{N_e * (|M| + N * e)}{(N_e - N) * W} \leq f_{yd} \Rightarrow 105.63 < 204.30 \text{ MPa}$$

- Hvor :
- Ne = Eulerkraften = 305.78 kN
 - e = ekscentricitet = 9 mm
 - f_{yd} = regningsmæssig flydespænding
 - |M| = numerisk værdi af ækvivalent ydre moment
 - N = regningsmæssig trykkraft
 - W = modstandsmoment

Bygningsdel : Diagonal st. 27
 Ekscentrisk belastet søjle i profilstål.

Lav sikkerhedsklasse og normal materialekontrol.

Der regnes med søjletilfælde b .

Regningsmæssig trykkraft på søjle : 186.00 kN

Regningsmæssigt ækvivalent ydre moment. : -0.78 kNm

Karakteristisk flydespænding : 235.00 MPa

Regningsmæssig flydespænding : 204.30 MPa

Regningsmæssigt E-modul : 149000 MPa

Tværsnitsdata :

Tværsnitsareal..... : 2.00*10³ mm²

Modstandsmoment : 62.0*10³ mm³

Inertiradius : 45.2 mm

Beregning for central last

Søjlelængde : 3.80 m

Slankhedsforhold : 84

Relativ slankhedsforhold : 0.991

Forholdet : σ (kritisk) / σ (flydning) .. : 0.60

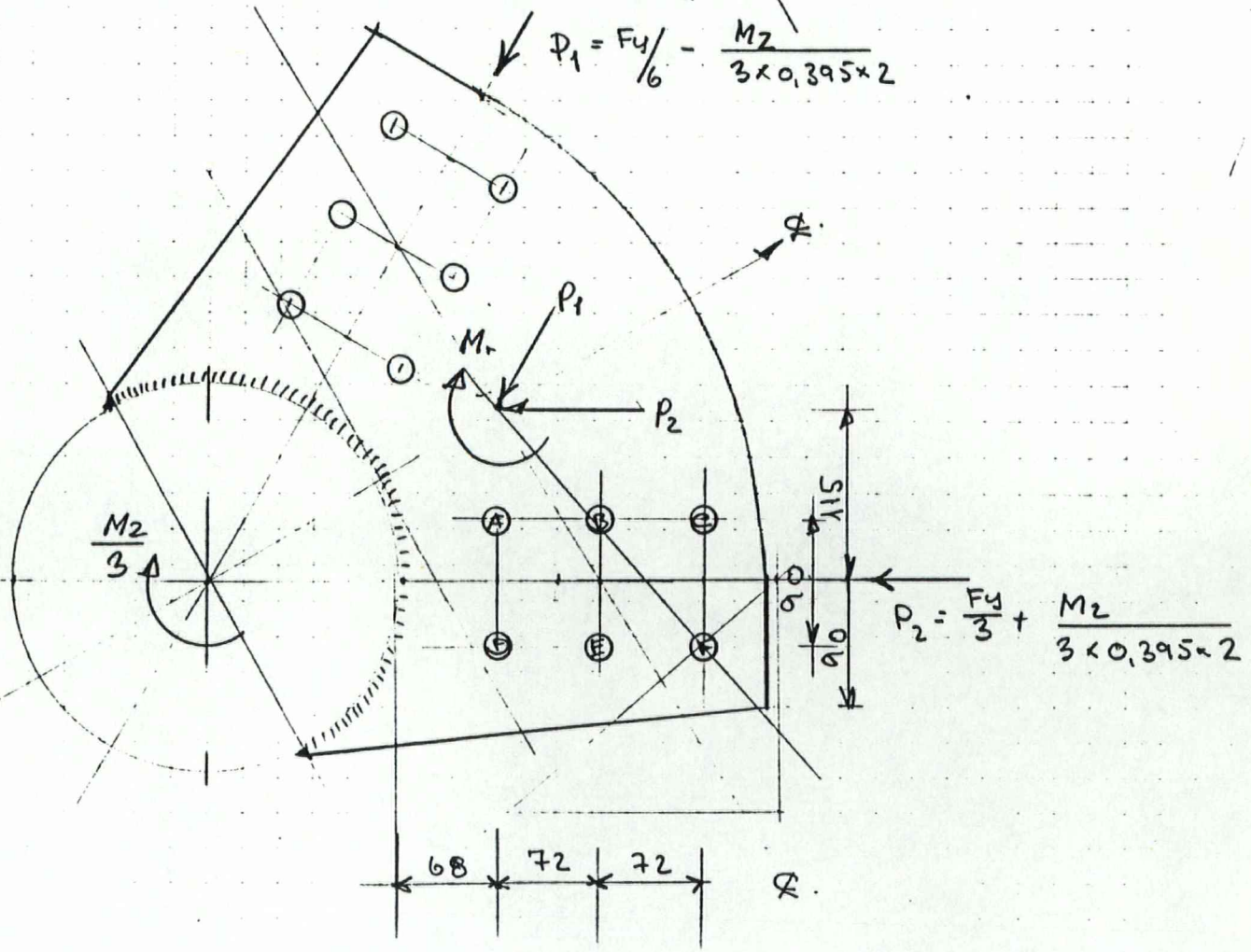
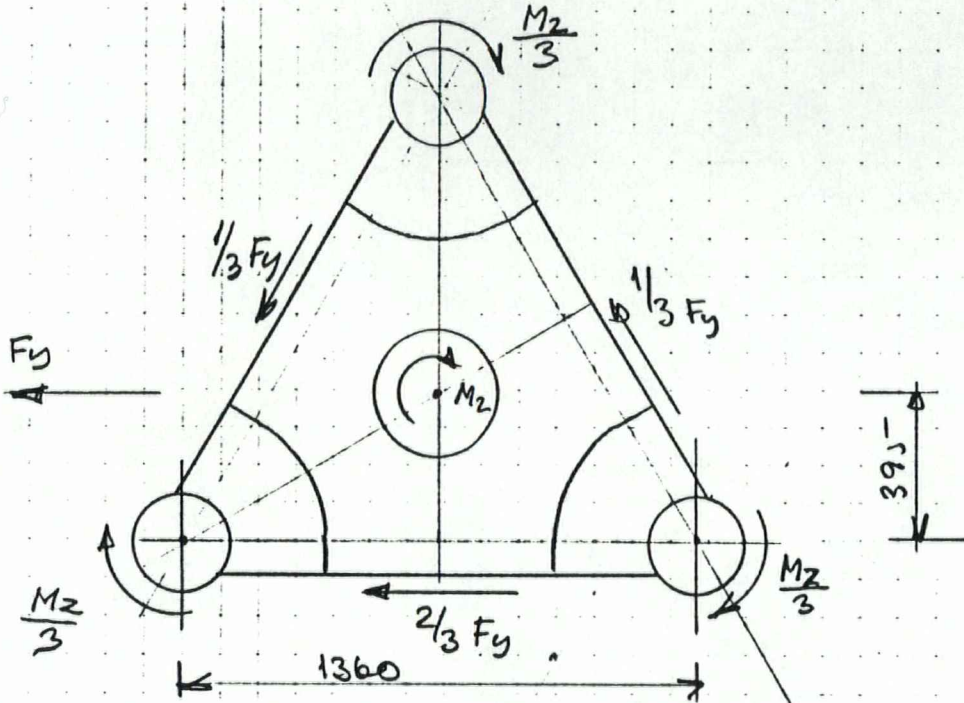
σ (normalkraft) = 93.00 MPa < σ (kritisk) = 123.15 MPa

$$\frac{N}{A} + \frac{N_e * (|M| + N * e)}{(N_e - N) * W} \leq f_{yd} \Rightarrow 160.97 < 204.30 \text{ MPa}$$

- Hvor :
- Ne = Eulerkraften = 416.13 kN
 - e = ekscentricitet = 8 mm
 - f_{yd} = regningsmæssig flydespænding
 - |M| = numerisk værdi af ækvivalent ydre moment
 - N = regningsmæssig trykkraft
 - W = modstandsmoment

Side : 1
 Dato :
 Init :
 Sag :

Vridningsindspænding i plan ved stang 29



$$P_1 = \frac{67}{6} - \frac{62}{3 \times 0.395 \times 2} =$$

-15.0 kW

$$P_2 = \frac{67}{3} + \frac{62}{3 \times 0.395 \times 2} =$$

+48.5 kW

$$M_t = \frac{62}{3} + (15.0 + 48.5) \times 0.115 =$$

28.0 kNm

$$R_A = 74$$

$$R_B = 100$$

$$R_C = 160$$

$$R_D = 165$$

$$R_E = 178$$

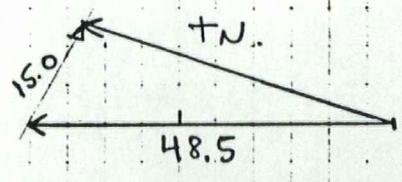
$$R_F = 218$$

$$I_D = 2 \times (74^2 + 100^2 + 160^2 + 165^2 + 178^2 + 218^2) =$$

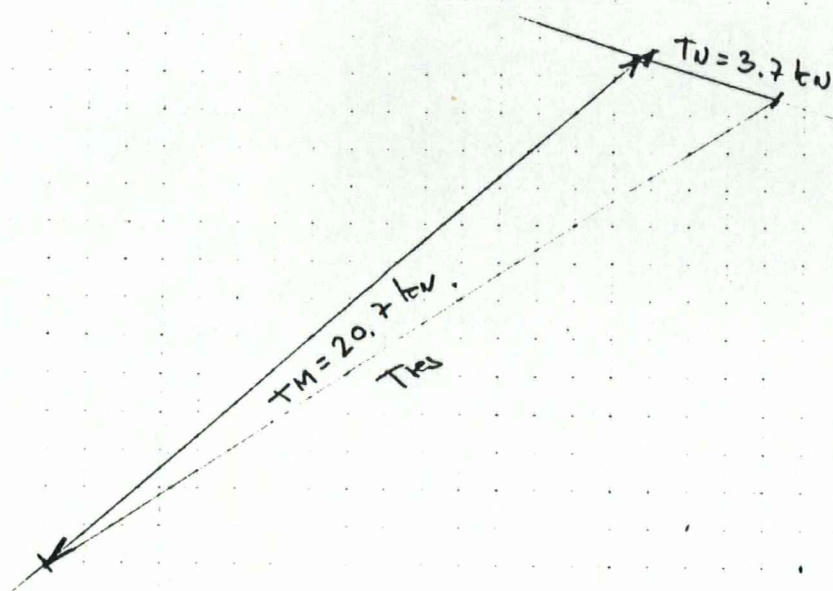
295018

$$T_M (\text{bolt F}) = \frac{28.0 \times 10^6 \times 218}{295018} \times 10^{-3} =$$

20.7 kW



T_N makes til 44 kW $\sim 44/12 = 3.7$ kW/bolt



Tres måles til 23 kN.

Der kan overføres pr bolt:

$$F = \frac{p_d \cdot N_f \cdot z}{C_5} \quad \text{hvor } p_d \text{ stannes til } 0,2$$

$$N_f \text{ for M24 (voks)} = 226 \cdot 0,83 (1 - 0,11) = 167 \text{ kN}$$

$$F = \frac{0,2 \cdot 167}{1,1} = 30,4 \text{ kN ok. } > T_{res} = 23 \text{ kN.}$$

Kontrol af afstivningsplade:

Min. bredde $b \approx 400 \text{ mm}$, $t = 20 \text{ mm}$.

$$M_r = \frac{6^2}{3} =$$

$$20,7 \text{ kNm}$$

$$N_r = (48,5 - 15,0) \cdot \cos 30 =$$

$$28,0 \text{ kN}$$

$$Q_r = (48,5 + 15,0) \cdot \sin 30 =$$

$$31,8 \text{ kN}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 20 \cdot 400^2 =$$

$$5,33 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{20,7 \cdot 10^6}{5,33 \cdot 10^5} + \frac{28,0 \cdot 10^3}{20 \cdot 400}}^2 + 3 \cdot \left(\frac{31,8 \cdot 10^3}{20 \cdot 400}\right)^2 =$$

$$40 \text{ N/mm}^2 \\ \ll 204 \text{ N/mm}^2$$

Pladen stannes at være foldningsstabil.

Kontrol af svejtesamling til hjørnegjern

Mz optages ved forstykning i dobbelt kantsumme.
Der vælges samtyktelse a = 5mm

Samklasse A

$V_r = \frac{b_2 \times 2}{3 \times 0,273} + 28 = 179 \text{ kN}$

$N_r = 28 \text{ kN}$

$b = \pi \times 0,273 \times 0,5 = 0,429 \text{ m}$

$\tau_v = 1,2 \times \frac{179 \times 10^3}{2 \times 5 \times 429} = 50,0 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_v = 1,8 \times \frac{28 \times 10^3}{2 \times 5 \times 429} = 11,2 \text{ --}$

$\sqrt{11,2^2 + 3 \times (50,0)^2} = 87,3 \text{ N/mm}^2 < 204 \text{ N/mm}^2 \quad \text{ok.}$

Frictionsamling ved stang nr. 27

Der skal overføres:

$N_r = 186 \text{ kN}$

Der vælges 4 stk M20 (vots) bolte kvalitet 8.8

$N_f = 4 \times 157 \times 0,83(1 - 0,11) = 464 \text{ kN}$

Der kan overføres:

$F = \frac{\mu_d \times N_f \times 2}{c_s}$, hvor μ_d sættes til 0,25, $c_s = 1,1$.

$F = \frac{0,25 \times 464 \times 2}{1,1} = 211 \text{ kN} > N_r$

ok.

Friktionsansamling ved st. nr. 3.

Der skal overføres:

$N_r = 51 \text{ kW}$

Der vælges 2 stk M20 (vots) bolte kvalitet 8.8

$N_f = 2 \times 157 \times 0,83 (1 - 0,11) =$

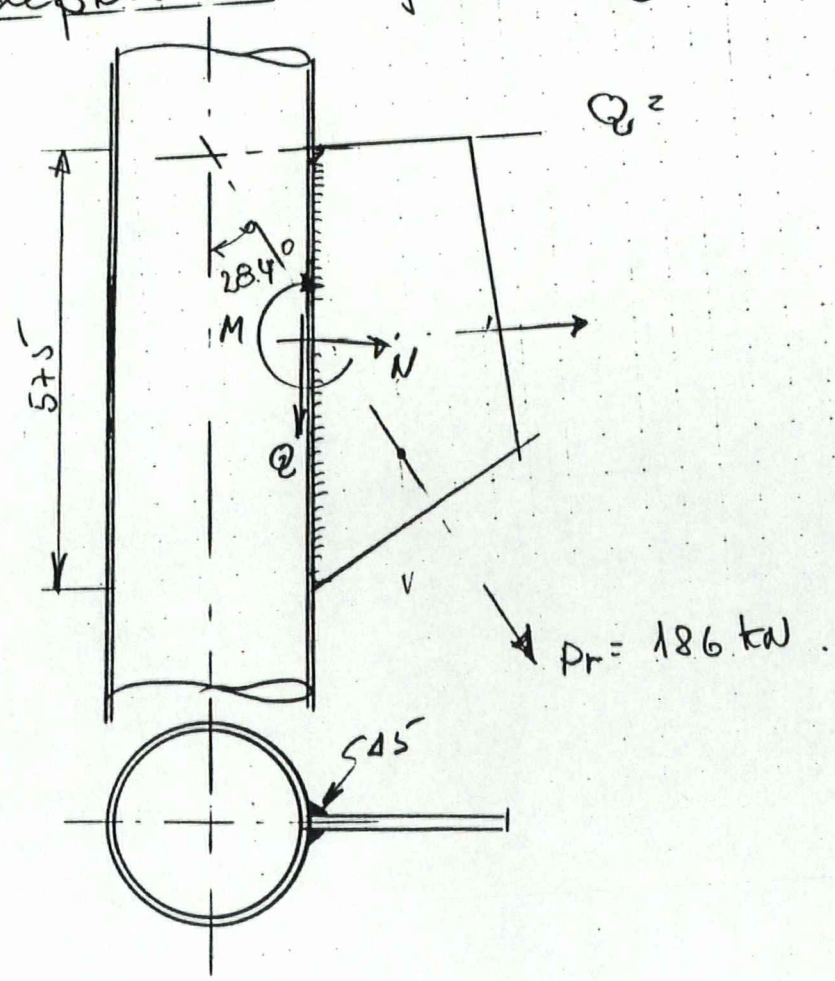
232 kW

Der kan overføres:

$F = \frac{0,25 \times 232 \times 2}{1,1} =$

$105 \text{ kW} > N_r \text{ ok.}$

Kontrol af knudeplade samlingen
Knudepl. 19 - svejtesamling



$$N_t = 186 \times \sin 28.4 =$$

$$88,5 \text{ kN}$$

$$Q_t = 186 \times \cos 28.4 =$$

$$163,6 \text{ kN}$$

$$M_r = 163,6 \times 0,137 =$$

$$22,4 \text{ kNm}$$

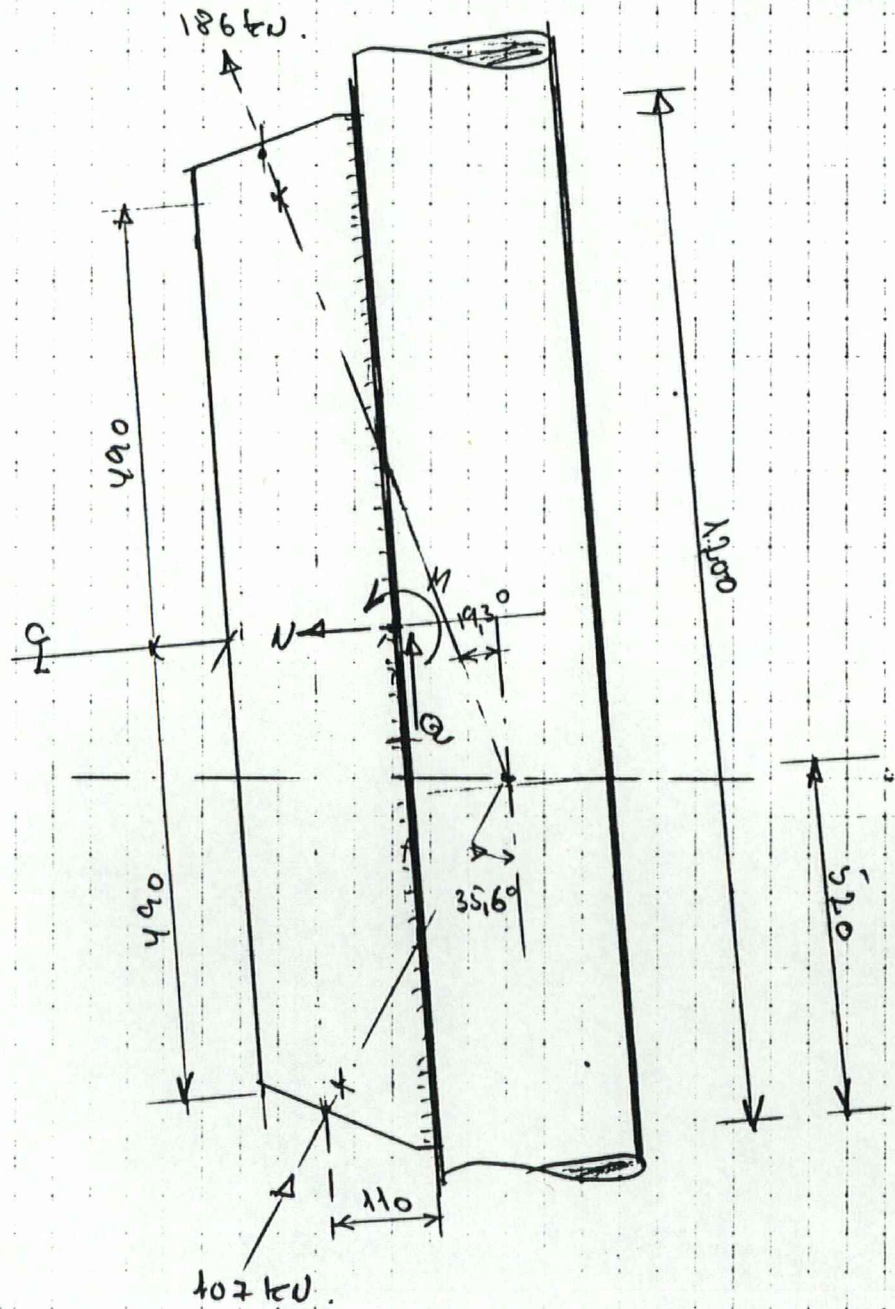
$$\sigma_m = 1,8 \times \frac{3 \times 22,4 \times 10^6}{5 \times 5 + 5^2} = 73,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_N = 1,8 \times \frac{88,5 \times 10^3}{2 \times 5 \times 5 + 5} = 28,0 \text{ -u-}$$

$$\tau_Q = 1,2 \times \frac{163,6 \times 10^3}{2 \times 5 \times 5 + 5} = 34,0 \text{ -u-}$$

$$\sqrt{(28,0 + 73,2)^2 + 3 \times 34^2} = 117 \text{ N/mm}^2 < 204 \text{ N/mm}^2$$

Knudeptid 18.



Moment i knudeplade

$$M_r = (107 \times \cos 35.6^\circ + 186 \times \cos 19.3^\circ) \times 0,137 = 36,0 \text{ kNm}$$

$$Q_r = (107 \times \cos 35.6^\circ + 186 \times \cos 19.3^\circ) = 263 \text{ kN}$$

$$N_r = 107 \times \sin 35.6^\circ - 186 \times \sin 19.3^\circ \approx 0 \text{ kN}$$

$$\sigma_M = \frac{36,0 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 20 \times 1200^2} = 17,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_N = \frac{263 \times 10^3}{20 \times 1200} = 11,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{17,5^2 + 3 \times 11^2} = 20,0 \text{ N/mm}^2 < 204 \text{ N/mm}^2$$

Svejsesømme $a = 5 \text{ mm}$

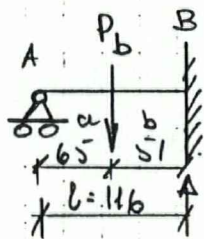
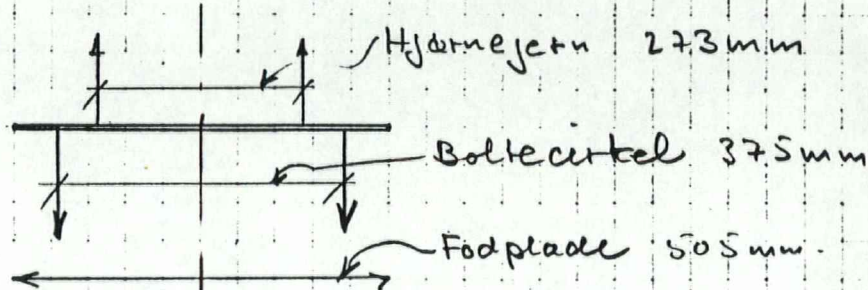
$$\sigma_M = 1,08 \times \frac{3 \times 36,0 \times 10^6}{5 \times 1200^2} = 27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_Q = 1,2 \times \frac{263 \times 10^3}{2 \times 5 \times 1200} = 26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{27^2 + 3 \times 26^2} = 53 \text{ N/mm}^2 < 204 \text{ N/mm}^2$$

Flangesamling mellem hjørnejeten og fundament

$$879 - 160/3 = 825 \text{ kN}$$



$$R_B = 825 \text{ kN}$$

$$R_B = \frac{P \times a}{2 \times l} \left(3 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right) \Rightarrow P = \frac{R_B \times 2l}{a \left(3 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right)}$$

$$P = R_B \times \frac{2 \times 116}{65 \left(3 - \left(\frac{65}{116} \right)^2 \right)} = 825 \times 1.33 = 1097 \text{ kN}$$

$$M_P = R_A \times a = (1097 - 825) \times 65 \times 10^{-3} = 17.7 \text{ kNm}$$

$$M_B = - \frac{P \times a}{2} \left(1 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right)$$

$$M_B = - \frac{1097 \times 65}{2} \left(1 - \left(\frac{65}{116} \right)^2 \right) \times 10^{-3} = 24.5 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{nodu}} = \frac{24.5 \times 10^6}{204} = 1.21 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$t_{\text{nodu}} = \sqrt{\frac{1.21 \times 10^5 \times 6}{\pi \times 270}} = 29 \text{ mm}$$

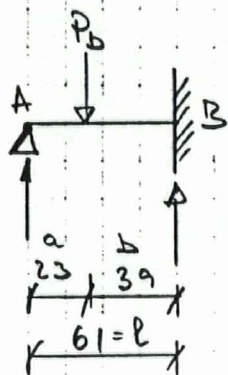
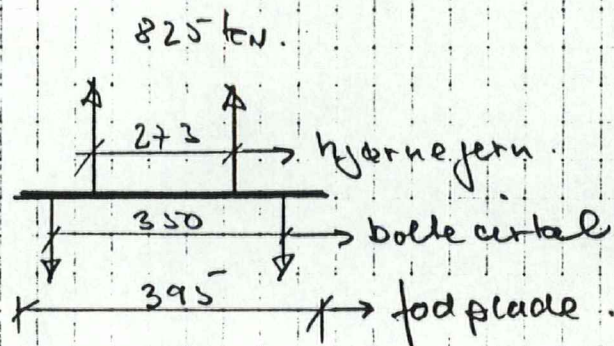
$$\tau = \frac{825 \times 10^3}{\pi \times 270 \times 29} = 34 \text{ N/mm}^2 < \frac{\sqrt{3}}{3} \times 204 = 118 \text{ N/mm}^2$$

Der vælges 8 stk M33 bolte til forankring i fundament St 52 $\Rightarrow \sigma_f = \frac{335}{1.15} = 291 \text{ N/mm}^2$

$$P_{\text{til}} = \frac{291}{1.4} \times 694 \times 10^{-6} \times 8 = 1154 \text{ kN}$$

ok.

Flangesamling mellem hjørnejern ved fod.



$$P = \frac{R_B \times 2l}{a(3 - (\frac{a}{l})^2)}$$

$$P = R_B \times \frac{2 \times 61}{23 - (3 - (\frac{23}{61})^2)} = 825 \times 1.86 = 1535 \text{ kN}$$

$$M_P = (1535 - 825) \times 23 \times 10^{-3} = 16.3 \text{ kNm}$$

$$M_B = -\frac{1535 \times 23}{2} \cdot \left(1 - \left(\frac{23}{61}\right)^2\right) \times 10^{-3} = 15.1 \text{ -u-}$$

$$W_{\text{nodu}} = \frac{15.1 \times 10^6}{204} = 7.4 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

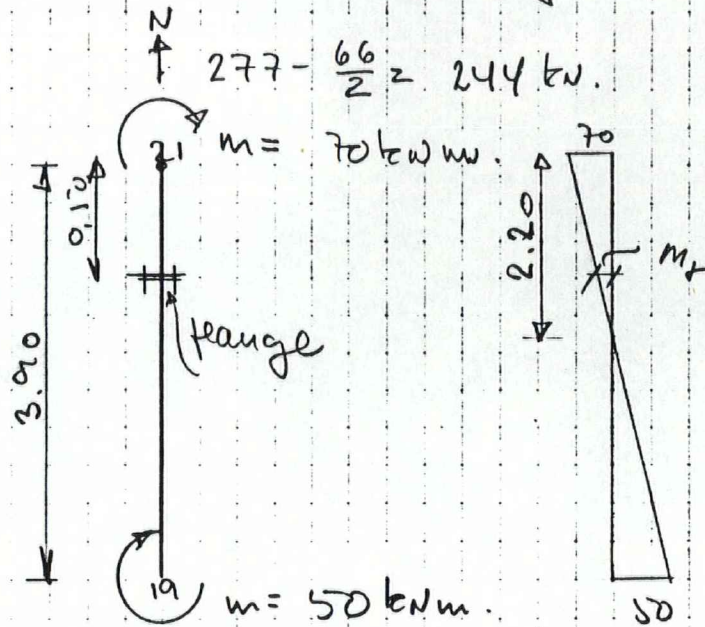
$$t_{\text{nodu}} = \sqrt{\frac{7.4 \times 10^4 \times 4}{\pi \times 273}} = 19 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{825 \times 10^3}{\pi \times 273 \times 19} = 50 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\text{til}} = 118 \text{ N/mm}^2$$

Der vælges 12 stk M 24 bolte til fastholdelse af flanger. kvædet 8.8 \Rightarrow $s_f = \frac{640}{1.15} = 557 \text{ N/mm}^2$

$$P_{\text{til}} = \frac{557}{1.4} \times 353 \times 10^{-3} \times 12 = 1685 \text{ kN. ok.}$$

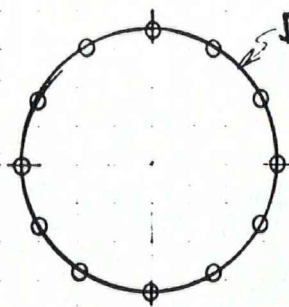
Flangesamling mellem hjørnerør ved top.



$$M_r = \frac{70.0}{2.20} \times 1.70 = 54.1 \text{ kNm}$$

$$N_r = 244 \text{ kN.}$$

$$V_r = 35 \text{ kN}$$



Boltecirkel $d = 350 \text{ mm}$
 12 stk M24 bolte $A_a = 4320 \text{ mm}^2$

Dette svarer til et cirkulært rør med $D = 350 \text{ mm}$,
 Areal $A = 4320 \text{ mm}^2$ og godstykkelse t

$$A = \frac{\pi}{2} t (D - 2t + D) = 4320$$

$$\frac{\pi}{2} \times t (2D - 2t) = 4320$$

$$t(350 - t) = \frac{4320}{\pi}$$

$$t - 350t + 1376 = 0$$

$$t = \frac{+350 - \sqrt{350^2 - 4 \times 1376}}{2} = 4.0 \text{ mm}$$

$$W_x = \frac{\pi}{32} \times \frac{350^4 - 342^4}{350} = 372 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_m = \frac{54.1 \times 10^6}{372 \times 10^3} \times 1.86 = 270 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_N = \frac{244 \times 10^3}{4320} \times 1.86 = 105 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_V = \frac{35 \times 10^3}{4320} = 8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{(270 + 105)^2 + 3 \times 8^2} = 375 \text{ N/mm}^2 \text{ ok.}$$

Kontrol af flange.

$$P = \left(244 + \frac{54.1 \times 2}{0.273} \right) \times \frac{2 \times 61}{23 \left(3 - \left(\frac{23}{61} \right)^2 \right)} =$$

1154 kN.

$$M_p = (1154 - 620) \times 23 \times 10^{-3} =$$

12.2 kNm

$$M_B = - \frac{1154 \times 23}{2} \left(1 - \left(\frac{23}{61} \right)^2 \right) \times 10^{-3} =$$

11.4 - "

$$W_{nodu} = \frac{12.2 \times 10^6}{204} = 5.98 \times 10^4 \text{ mm}^3$$

$$t_{nodu} = \sqrt{\frac{5.98 \times 10^4 \times 4}{4 \times 273}} = 17 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{620 \times 10^3}{4 \times 273 \times 19} = 38 \text{ N/mm}^2 \text{ ok.}$$

Jan Paulsen