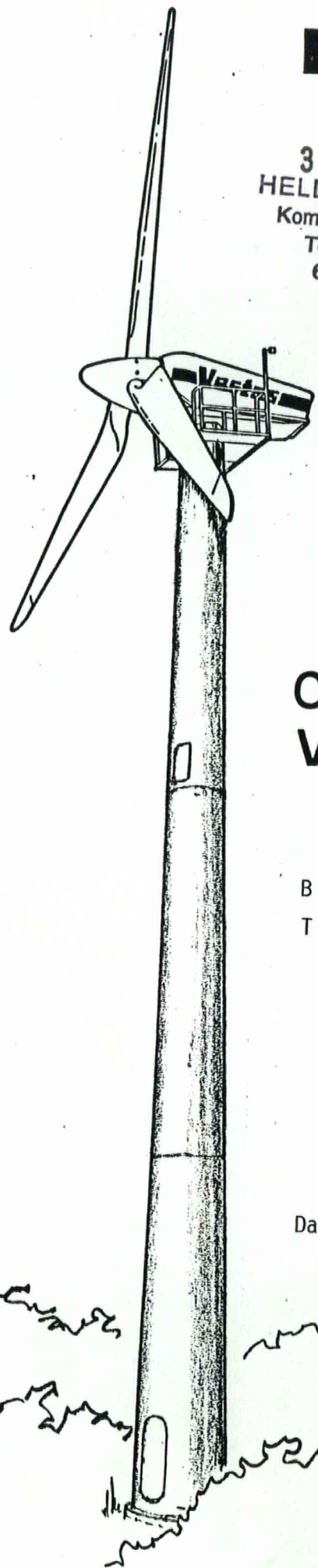


31 OKT. 1984
HELLE KOMMUNE
Kommuneingeniøren
Toften 2, Arre
6800 Varde

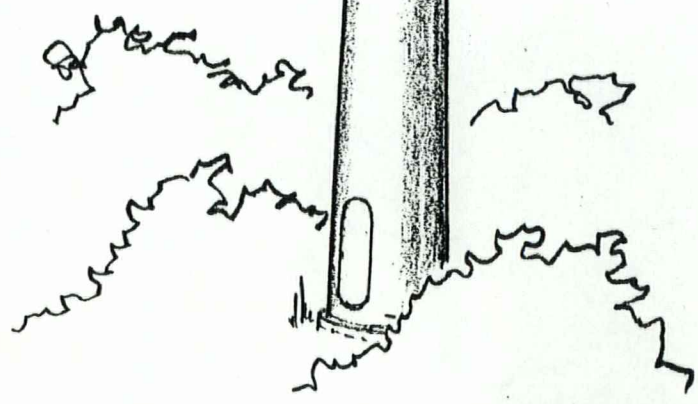
INDGÅET
28 SEP. 1984
HELLE KOMMUNE



Cirkulært vindmølletårn Vestas 55 kW

BEREGNINGER
TÅRN OG FUNDAMENT

Dato: 1984.03.14.



Thisted & Jørgensen

Rådg. ing. F.R.I. A. - Skanderborgvej 181, I - 8260 Viby J. - Tlf 06-141511



22,5 m TÅRN FOR 55 kW VESTAS 55 kW VINDMØLLE

Beregningsoversigt

Beregningerne omfatter en 22,5 m vindmølletårn udført i keglestubformede sektioner af stålplade, som det fremgår af konstruktionstegningerne nævnt i efterfølgende tegningsoversigt.

Desuden omfatter beregningerne fundament for samme vindmølle.

Beregningerne udføres i overensstemmelse med Dansk Ingeniørforenings normer

DS 410.2 Vindlast (1977)

DS 412 Stålkonstruktioner (1976)

DS 411 Betonkonstruktioner (1973)

DS 415 Fundering

Tårnet beregnes for 3 lasttilfælde.

1. Vindmølle under drift.

0,3 kN/m² horisontallast af bestrøget areal.

Lasten regnes karakteristisk og statisk virkende og indeholdende alle aerodynamiske virkninger (stød, udmattelse m.v.).

Vindhastighed $v = 21,65$ m/sek.

2. Stationær vindmølle - drejet 90°.

Dynamisk vindlast jvnf. DS 410.2.

Terrænklasse 0.01 (åbent terræn).

Vindhastighed $v_h = 35,43$ m/sek.

Stødfaktor $\phi = 2,20$

3. Stationær vindmølle - front mod vinden.

Dynamisk vindlast jvnf. DS 410.2.

Terrænklasse 0.01 (åbent terræn).

Vindhastighed $v_h = 35,43$ m/sek.

Stødfaktor $\phi = 2,12$.

(\sim regningsmæssige vindhastighed 51,6 m/sek. i stød og karakteristiske vindhastighed 61,9 m/sek. i stød).

For 2. og 3. beregnes vindarealet af stillestående vindmølle som vist på efterfølgende tegning.

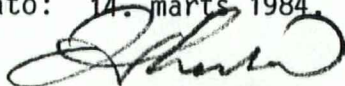
Formfaktorerne sættes $C = 1,3$ for vinger og $C = 2,0$ for generator box.

Snitkræfter og spændinger i tårnet bestemmes i vor programberegning 211.

Grundsvingningen bestemmes heri til 1,5 hz svarende til 90/min.

Detaljeberegninger af samlinger, bolte, forstærkninger m.v. udføres for de max.spændinger.

Dato: 14. marts 1984.



Thisted & Jørgensen

Rådgivende ingeniører

Skanderborgvej 181 I

8260 Viby J. Tlf. 06 - 14 15 11

Thisted & Jørgensen

Rådgivende ingeniører

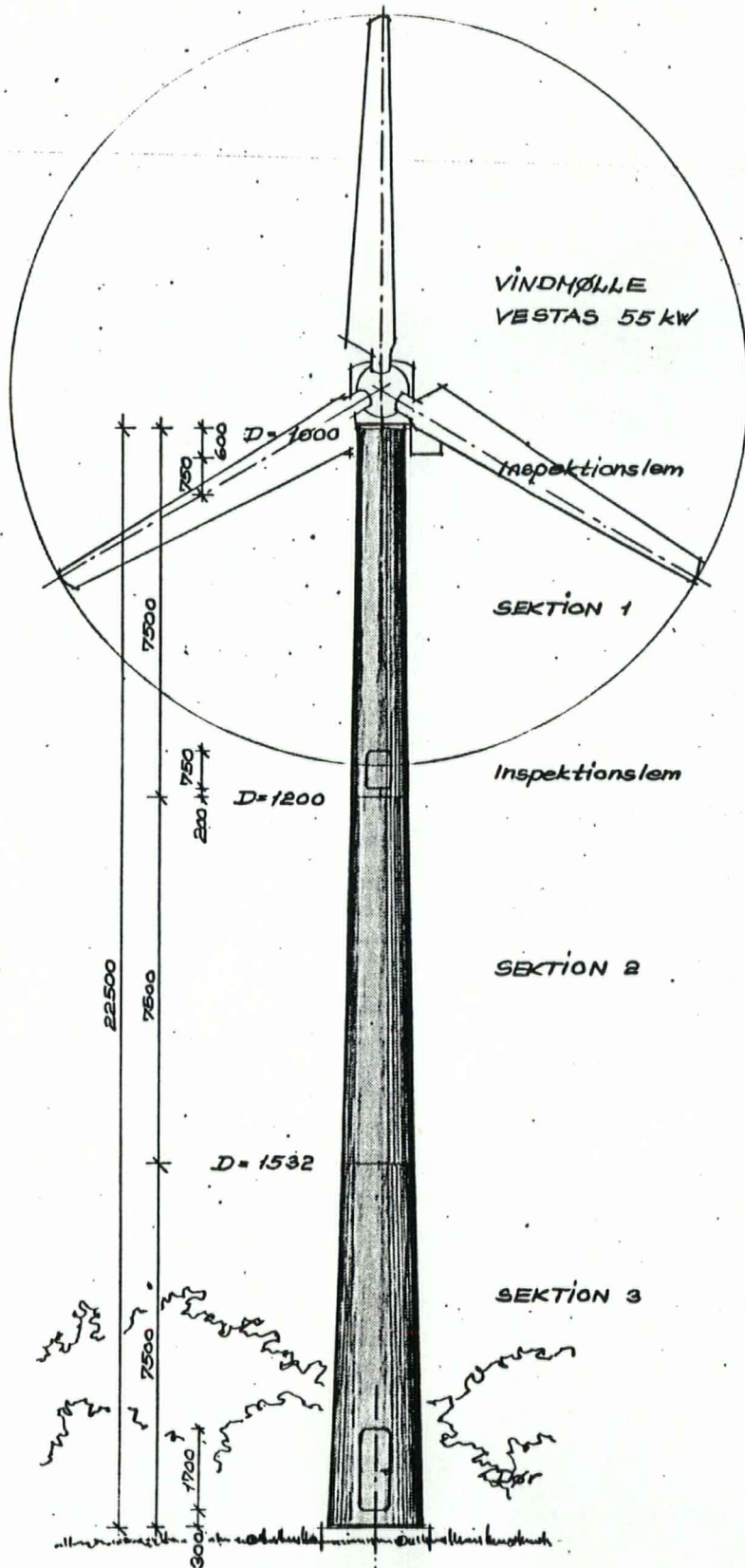
Skanderborgvej 181 I

8260 Viby J. Tlf. 06 - 14 15 11

22,5 m Tårn for VESTAS 55 kW vindmølle.

Tegningsoversigt

- 2.01 - Oversigtstegning
- 2.02 - Konstruktionstegning
- 2.11 - Sektionstop 1
- 2.12 - Inspektionslemme og dør
- 2.13 - Sektionssamling 1/2 - Platform
- 2.14 - Sektionssamling 2/3 - Platform
- 2.15 - Sektionsbund 3
- 2.16 - Stiger
- 2.17 - Bolteskabelon - Fundamentsbolte
- 2.20 - Fundament



VINDMØLLE
VESTAS 55 kW

SEKTION 1

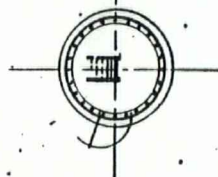
Inspektionslem

SEKTION 2

SEKTION 3

24 stk M36
fundaments-
bolte i
beton-funda-
ment

D=2000
udvendig
2240



Vindmøllertårnet udføres i 3 sektioner af konisk valsede stålplader der varmforzinkes og udvendigt behandles med maling.

Sektionerne samles med ialt 70 stk M20x80 bolte - Tilspænding $M = 490 \text{ Nm}$.

Vindmøllen monteres med 20 stk M20=80 bolte.

Indvendigt forsynes tårnet med platforme og stiger der monteres med ialt 70 stk M16 bolte.

Til fundamentsstøtningen udlånes bolteskabelen til fastholdelse af fundamentsboltene.

Vindmøllertårnet udføres efter konstruktions-tegning 2.02 samt konstruktionsdetaljer 2.11-2.17

Fundamentsforslag tegn. 2.20.

A/S VESTAS - Vindmølleafdeling
6940 Lem

Sag 22,5 m vindmøllertårn
Vestas 55 kW

Tegn. nr 2.01

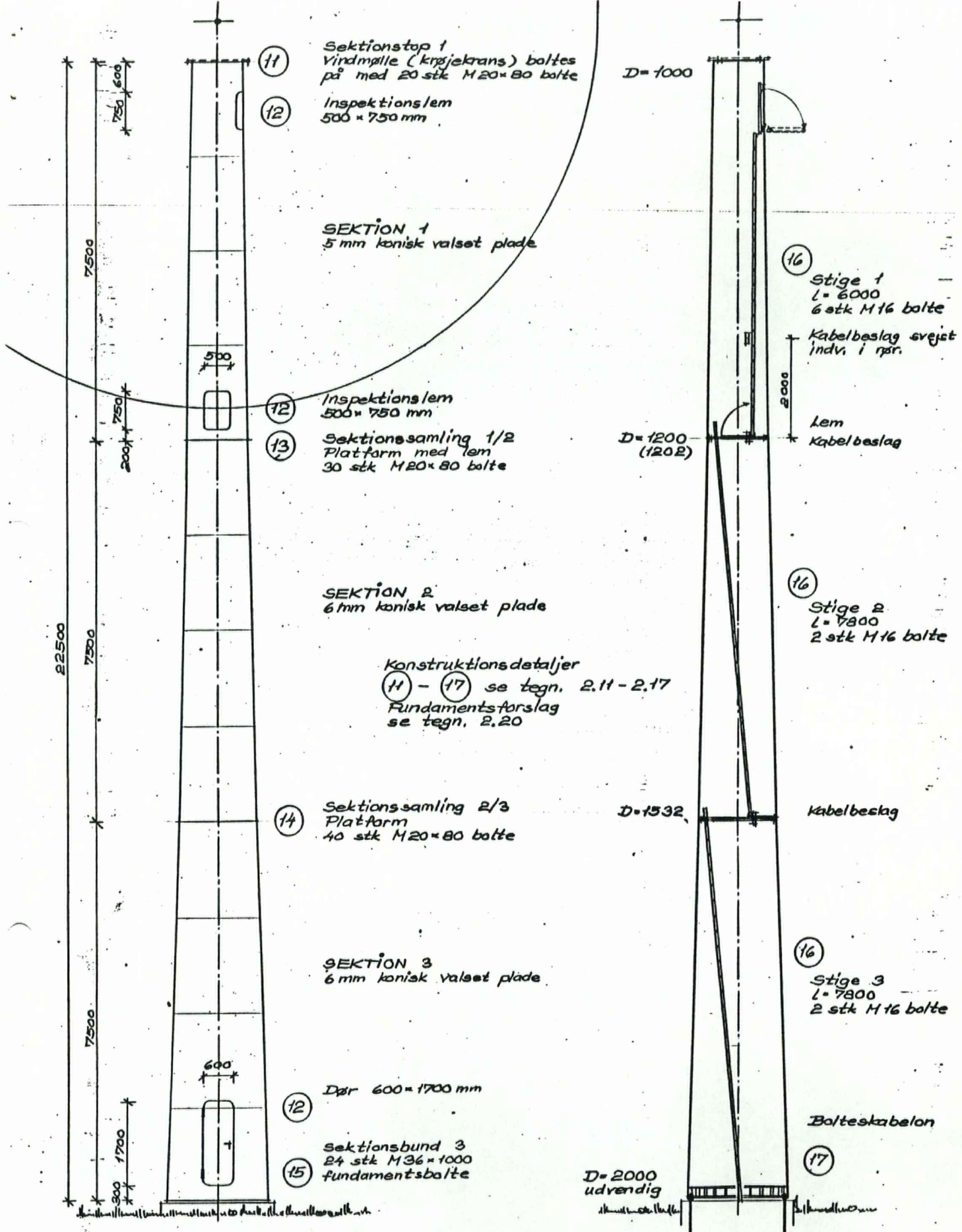
Emne Oversigts tegning

Sag nr 612
Mål 1:150
Dato 1984.03.14

Thisted & Jørgensen

Rådgivende ingeniører, F.R.I. A. - Skanderborgvej 181, I. - 8260 Viby J. - Tlf. 06-141511





22,5 m vindmølleårn - 1:100

Lodret snit - 1:100

Bemærkninger:
Alle ubenævnte mål er mm

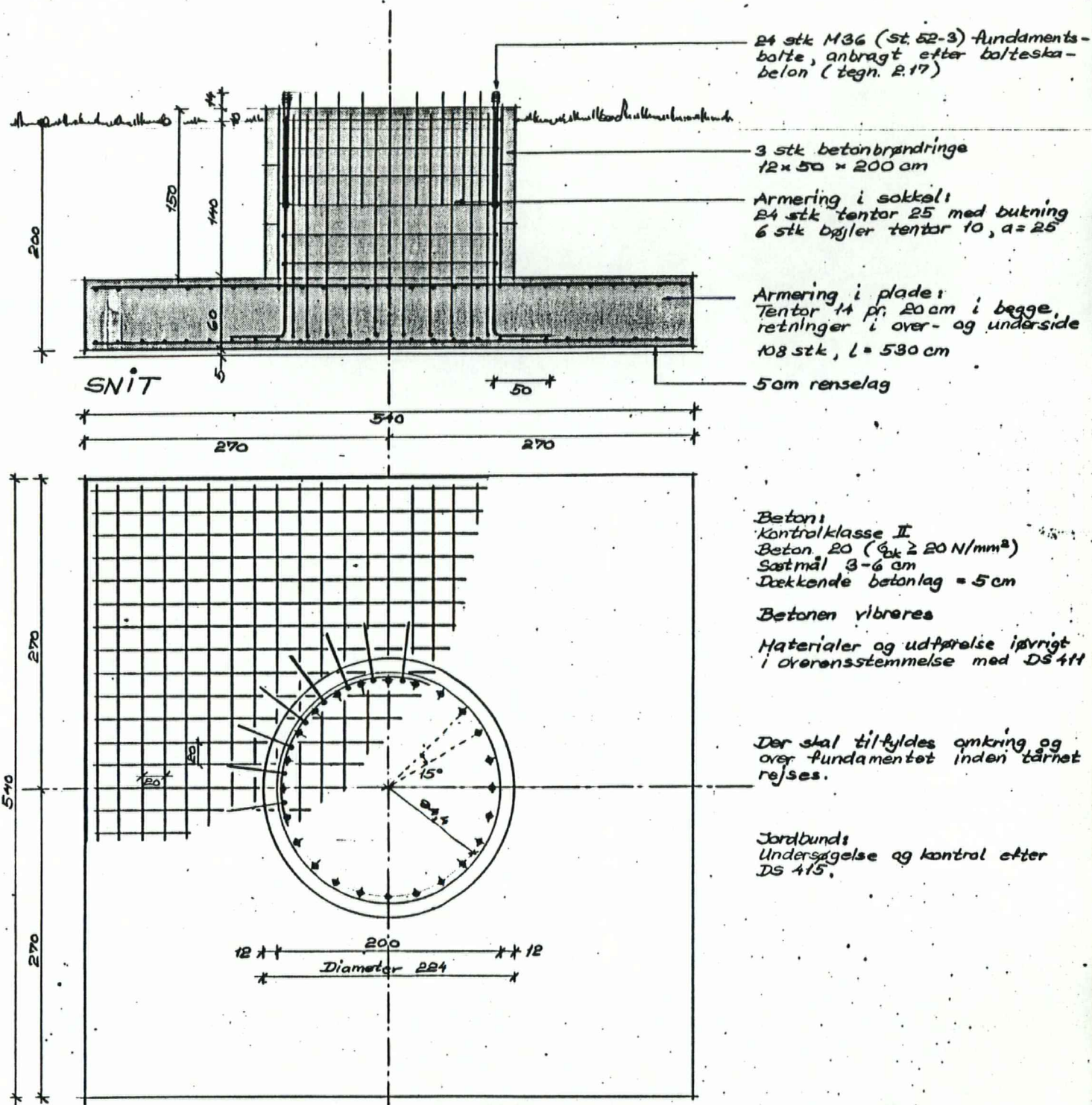
Materialer:
Plader og profiljern St. 37-2
Bolte 3.8 - M20 tilspænding 490 Nm
Fundamentsbolte St. 52-3 - Spændes m. fast nøgle.

Alt stål varmtforzinkes
Udvendig maling af vindmølleårn

A/S VESTAS - Vindmølleafdeling
6940 Lem

Sag 22,5 m vindmølleårn Vestas 55 kW
Tegn. nr. 2.02

Emne Konstruktionstegning
Sag nr. 612
Mål 1:100
Dato 1984.03.14



FUNDAMENTSFORSLAG - PLAN 1:50

Forudsætninger for anvendelse af forslaget:

Jordbund: Fastlejret sand eller grus $\phi \geq 30^\circ$
Ler med $c_v \geq 100 \text{ kN/m}^2$
Effektiv rumvægt 18 kN/m^3

Grundvandsspejl under fundamentsunderside.

Bygherren skal selv påtage sig ansvaret ved anvendelse af forslaget.

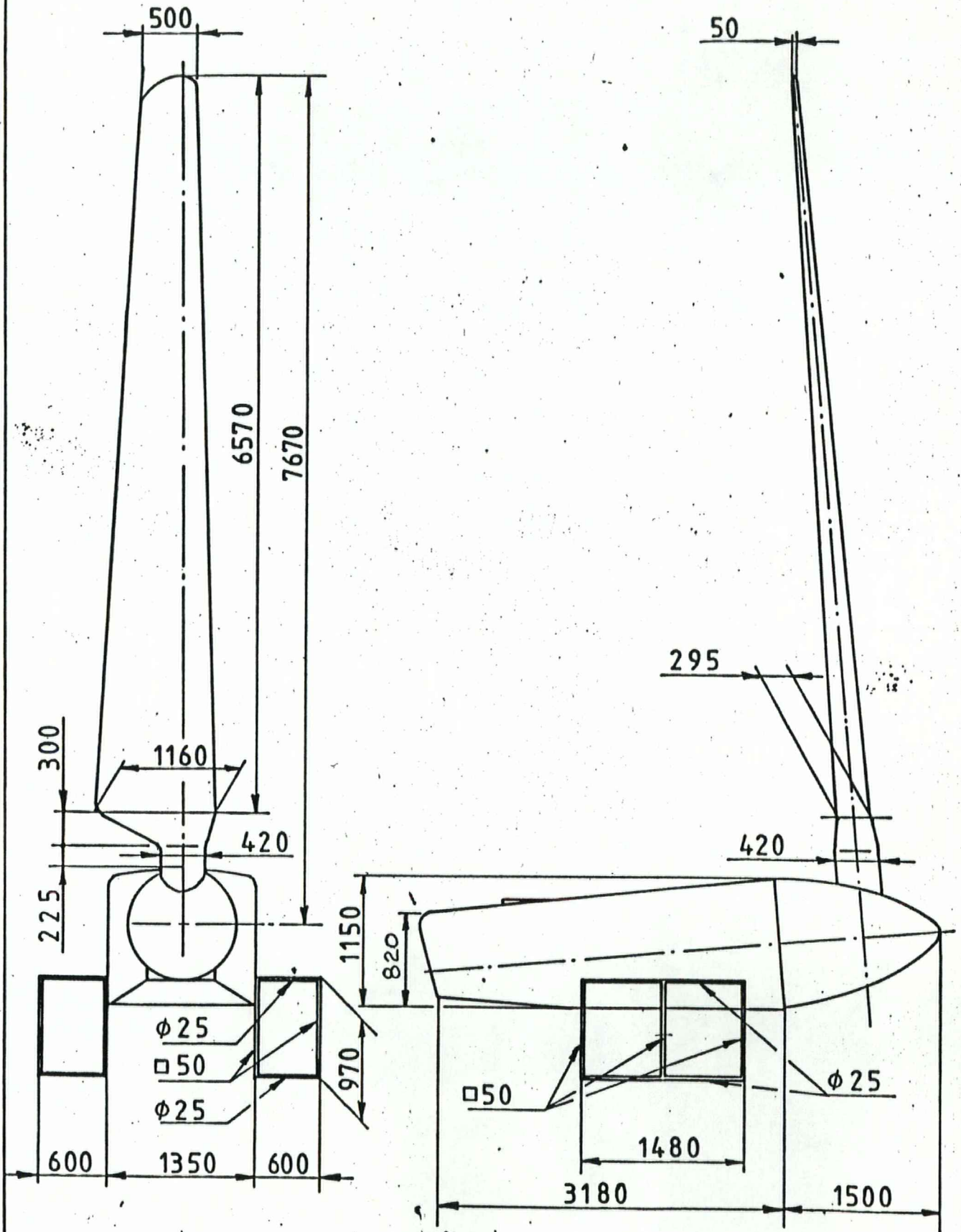
Alle ubenævnte mål er cm

A/S VESTAS - Vindmølleafdeling
6940 Lem

Sag	22,5 m vindmølleårn Vestas 55 kW	Tegn. nr.	2.20
Emne	Fundamentsforslag	Sag nr.	612
		Mål	1:50
		Dato	1984.03.14

Thisted & Jørgensen

Rådgivende ingeniører, F.R.I. A. - Skanderborgvej 181, I. - 8260 Viby J. - Tlf. 06-11311



Computerprogram 211 - Beregningsprocedure.**VINDMØLLETÅRN**

Computerprogrammet beregner tværsnitdata, tyngder, vindflader, grundsvingning, udbøjninger, snitkræfter og spændinger i pyramidestub-/keglestubformet stålpladetårn.

Forudsætningerne er givne vindmøllelaste og generelle data samt valgt geometri.

Dansk Ingeniørforenings normer DS 412 "Stålkonstruktioner" (1976) og DS 410.2 "Vindlast" (1977) er lagt til grund for beregningerne.

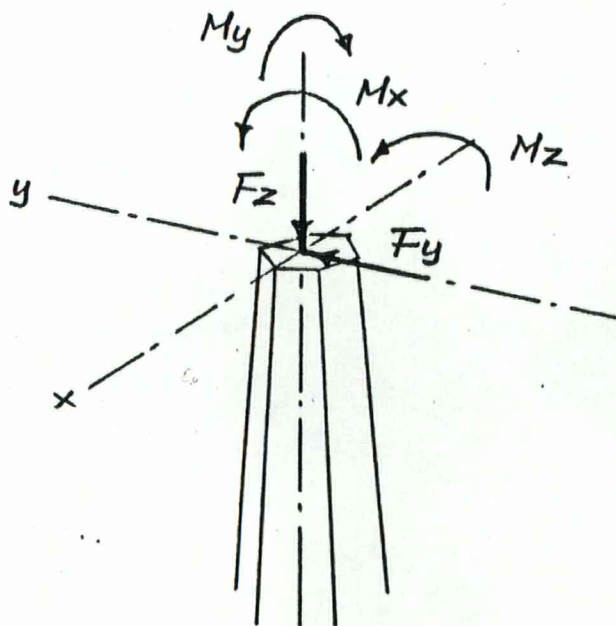
Generelle data

Konstruktionsklassen og materialekontrollen fastsættes i overensstemmelse med DS 412.

Herved er partialkoefficienter for laste og styrkeparametre givet. Terrænklassen fastsættes i overensstemmelse med DS 410.2. Alternativt beregnes vindlasten ud fra given vindhastighed.

Last fra vindmølle

På grundlag af vindmølledata (egenlast, vindflade, formfaktorer, drifts- og bremsekræfter m.v.) fastsættes lastene, der virker på tårntoppen.



Vindlast på tårn

Der forudsættes opgiven homogent terræn eller alternativt given vindhastighed.

Efter DS 410.2 - 2.2 regnes dynamisk virkende vind.

Vindlasten ved toppen regnes gældende i hele højden.

$$v_h = 27 \cdot k_t \cdot (\log H/z_0) \quad (\text{m/sek})$$

$$q_h = (0,8 \cdot v_h)^2 \cdot 10^{-3} \quad (\text{kN/m}^2)$$

Stødfaktorer bestemmes efter 5,3

$$\phi = 1 + k_p \cdot \gamma \cdot \sqrt{k_b + k_r}$$

Ved given (ækvivalent) vindhastighed regnes denne statisk virkende, og ϕ sættes = 1,0.

$$W = q_h \cdot \phi \cdot C \cdot A \quad (\text{kN})$$

Tværsnitsdata - tyngder - vindflader

På grundlag af valgt geometri bestemmes for de enkelte polygontværsnit eller cirkulære tværsnit

R = radius i omskreven cirkel

t = pladetykkelse

n = sideantal (∞ for cirkel)

A = n . s . t ($\pi \cdot 2 \cdot R \cdot t$ for cirkel)

$$I = k(R^4 - (R-t)^4)$$

$$W = I/r$$

$$W \text{ polær} = 2 \cdot W$$

Formfaktoren C for vindlasten bestemmes efter DS 410.2 - A.2.1 - A.2.3.

Vindfladen: $C \cdot A(z) = \frac{1}{2}(D(z) + D(z-1)) \cdot h(z) \cdot C \cdot 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$

Tyngden bestemmes teoretisk med et tillæg på 25% for boltesamlinger, forstærkninger, døre, lemme m.v. samt varmforzinkning og evt. maling.

$$G(z) = \frac{1}{2}(A(z) + A(z-1)) \cdot h(z) \cdot 78,5 \cdot 10^{-9} \cdot 1,25 \text{ (kN)}$$

Grundsvingning og udbøjninger

$$n_0 = \frac{\alpha}{2 \cdot \pi} \quad (\text{hz})$$

1. beregning
$$\alpha^2 = g \frac{\int_0^H q \cdot u \cdot dz}{\int_0^H p \cdot u^2 \cdot dz} \sim \frac{\sum q \cdot u \cdot z}{\sum p \cdot u^2 \cdot z}$$

q betegner den til udbøjningen u svarende kontinuerte belastning og p er tårnets egenvægt (medsvingende masser)

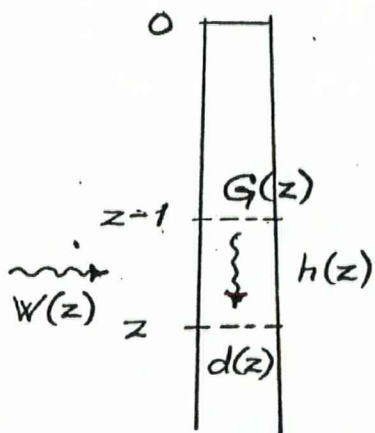
2. beregning
$$\alpha^2 = g \frac{Q \cdot u}{\int_0^H p \cdot u^2 \cdot dz} \sim \frac{Q \cdot u}{\sum \frac{p}{g} \cdot u^2 \cdot z}$$

Q betegner den til udbøjningen svarende belastning i toppen, iøvrigt som 1. beregning.

Regningsmæssige laste

Partialkoefficienterne for laste og styrkeparametre bestemmes efter DS 412, idet sikkerhedsmetode 1 lægges til grund.

Snitkræfter



$$N(z) = N(z-1) + G(z) \cdot fg$$

$$W_r = W(z) \cdot fp$$

$$V(z) = V(z-1) + W_r$$

$$M_x(z) = M_x(z-1) + V(z-1) \cdot h(z) + W_r \cdot \frac{1}{2} \cdot h(z)$$

$$M(z) = \sqrt{M_x(z)^2 + M_y(0)^2}$$

$$M_v(z) = M_v(0) = M_z \cdot fp$$

Spændinger i snit

Idet forskydningsspændingen for tværkraften er 0 i den max. belastede sideflade

$$\sigma_r(z) = \sqrt{\sigma(z)^2 + 3 \cdot \tau(z)^2}$$

Spændingerne i snittene skal være mindre end eller lig med de reg-

ningsmæssige spændinger eller de regningsmæssige kritiske spændinger, når der tages hensyn til udknækning (foldning) af pladefiltrene.

Trykspændinger betegnes positive.

Regningsmæssige / kritiske spændinger

$$s_f = \sigma_f / f_m$$

Den kritiske spænding bestemmes under hensyntagen til lokal udknækning (foldning) af pladefeltet.

Max. belastede sideflade regnes påvirket af jævnt fordelt tryk og forskydning. Forskydningerne som følge af vridning er forsvindende i forhold til normalspændingerne.

For polygontværsnit:

$$\sigma_{kr} = 1,33 \cdot 10^6 \cdot (t/s)^2$$

For cirkulære tårne bestemmes ud fra empirisk udtryk for det ækvivalente slankhedstal

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sigma_f}{E}} \cdot \sqrt{\frac{1700}{\sqrt{\sigma_f}}} \left(\sqrt{\frac{D}{t}} - \sqrt{\frac{32}{\sigma_f}} \right)$$

$$\sigma_{kr} = \sigma_f (1 - 0,25 \cdot \alpha^2) \quad \text{for } \alpha < \sqrt{2}$$

$$\sigma_{kr} = \sigma_f / \alpha^2 \quad \text{for } \alpha \geq \sqrt{2}$$

Idet kun en del af tværsnittet er trykpåvirket vil svigt med hensyn til anvendelsen (begynde foldning) være bestemmende. Jvnf. DS 412 sættes $f_m = 1$.

$$s_{kr} = \sigma_{kr} \quad \text{dog max. } s_f$$

VINDMØLLELASTE

Bestemmelse af karakteristiske laste på top af tårn.

1)

Vindmølle under drift0,3 kN/m² af bestrøget areal

$$v_h = \sqrt{\frac{300}{0,8^2}} = 21,65 \text{ m/sek}$$

$$F_z = 52,1 \text{ kN (Opgiven tyngde)}$$

$$F_y = \frac{\pi}{4} \cdot 15,4^2 \cdot 0,3 = 55,9 \text{ kN}$$

$$M_z = 0$$

$$M_y = 50,5 \text{ kNm (Opgiven bremselast)}$$

$$M_x = 55,9 \cdot 0,75 = 41,9 \text{ kNm}$$

2)

Stationær vindmølle - Drejet 90°

Vingeareal:

$$3 \left(\frac{1}{2} (0,05 + 0,295) 6,57 + 0,42 \cdot 0,55 \right) = 4,10 \text{ m}^2$$

Generator box + platform:

$$\frac{2}{3} \cdot 1,15 \cdot 1,5 + \frac{1}{2} (1,15 + 0,82) 3,18 = 4,27 \text{ m}^2$$

$$0,025 \cdot 1,48 \cdot 4 + 0,025 \cdot 0,97 \cdot 6 = 0,29 -$$

$$\text{Diverse (krøjekrans m.v.)} \sim 0,14 -$$

$$4,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Ekscentricitet } e \sim 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Vindlast } q_h = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Stødfaktor} = 2,20$$

$$F_z = 52,1 \text{ kN}$$

$$F_y = (4,1 \cdot 1,3 + 4,7 \cdot 2,0) \cdot 0,8 \cdot 2,2 = 25,9 \text{ kN}$$

$$M_z = 25,9 \cdot 1,0 = 25,9 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0$$

$$M_x = 25,9 \cdot 0,75 = 19,4 \text{ kNm}$$

3)

Stationær vindmølle - Front mod vind

Vingeareal:

$$3 \left(\frac{1}{2} (0,5 + 1,16) \cdot 6,57 + \frac{1}{2} (1,16 + 0,42) \cdot 0,3 + 0,42 \cdot 0,225 \right) + 0,15 = 17,50 \text{ m}^2$$

Gen. box + platform

$$1,35 \cdot 1,15 + 0,025 \cdot 0,6 \cdot 4 + 0,05 \cdot 0,997 \cdot 10 + 0,20 = 2,30 \text{ m}^2$$

$$\text{Vindlast } q_h = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Stødfaktor} = 2,12$$

$$F_z = 52,1 \text{ kN}$$

$$F_y = (17,5 \cdot 1,3 + 2,3 \cdot 2,0) \cdot 0,8 \cdot 2,12 = 46,4 \text{ kN}$$

$$M_z = 0$$

$$M_y = 0$$

$$M_x = 46,4 \cdot 0,75 = 34,8 \text{ kNm}$$

Snitkræfter og spændinger bestemmes i efter følgende programberegning.

GRUNDSVINGNING - UDBØJNINGER

u(1)=tårnuddbøjninger for jævnt fordelt last på 1 kN/m

u(2)=tårnuddbøjninger for vandret toplast på 1 kN

	HØJDE O/SØK. mm	EGV. TÅRN kg	u(1) mm	u(2) mm
.0	22500.	5210.0	14.177	1.959
1.1	20625.	296.0	13.257	1.800
1.2	18750.	311.0	11.423	1.492
1.3	16875.	325.0	9.615	1.203
1.4	15000.	340.0	7.874	.943
2.1	13125.	396.0	6.249	.718
2.2	11250.	459.0	4.758	.525
2.3	9375.	488.0	3.433	.364
2.4	7500.	517.0	2.300	.235
3.1	5625.	552.0	1.382	.136
3.2	3750.	592.0	.692	.066
3.3	1875.	633.0	.231	.021
3.4	0.	673.0	.000	.000

GRUNDSVINGSBEREGNING (1) no(1)= 1.52 1/sek

GRUNDSVINGSBEREGNING (2) no(2)= 1.46 1/sek

SNITKREFTER—SPÆNDINGER

TARNHØJDE 22500 mm

SNIT	HØJDE 0/SØK.	SNITKREFTER		Mr kNm	SPÆNDINGER (N/mm ²)		
		Mr kN	Mr kN		Max. (tryk)	Min. (træk)	Kritisk (foldn)
.0	22500.	62.5	80.5	94.5	+ 28.	- 20.	+149.

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 5 mm

SEKTION	HØJDE	Mr	Mr	Mr	Max.	Min.	Kritisk
1.1	20625.	66.1	81.1	224.0	+ 56.	- 48.	+147.
1.2	18750.	69.8	81.7	371.6	+ 83.	- 75.	+144.
1.3	16875.	73.7	82.3	523.3	+106.	- 98.	+141.
1.4	15000.	77.8	83.0	677.1	+125.	-117.	+139.

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 6 mm

SEKTION	HØJDE	Mr	Mr	Mr	Max.	Min.	Kritisk
2.1	13125.	82.6	83.7	832.6	+112.	-105.	+146.
2.2	11250.	88.1	84.5	989.8	+117.	-111.	+142.
2.3	9375.	94.0	85.3	1148.6	+121.	-114.	+139.
2.4	7500.	100.2	86.1	1309.0	+123.	-116.	+135.

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 6 mm

SEKTION	HØJDE	Mr	Mr	Mr	Max.	Min.	Kritisk
3.1	5625.	106.8	87.0	1471.1	+120.	-113.	+131.
3.2	3750.	113.9	88.0	1635.0	+116.	-109.	+126.
3.3	1875.	121.5	89.0	1800.8	+112.	-105.	+122.
3.4	0.	129.6	90.1	1968.6	+109.	-102.	+118.

Computerprogram 211

Dato: 1984.03.01

SNITKRIEFTER—SPÆNDINGER

TARHHØJDE 22500 mm

SNIT	HØJDE O/SØK.	SNITKRIEFTER		Mr kNm	SPÆNDINGER (N/mm ²)		
		Nr kN	Vr kN		Max. (tryk)	Min. (træk)	Kritisk (foldn)
.0	22500.	62.5	37.3	27.9	+ 14.	- 9.	+149.

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 5 mm

SEKTION		HØJDE	Nr	Vr	Mr	Max.	Min.	Kritisk
1.1	20625.	66.1	40.7	101.1	+ 29.	- 21.	+147.	
1.2	18750.	69.8	44.3	180.7	+ 43.	- 35.	+144.	
1.3	16875.	73.7	48.1	267.3	+ 57.	- 48.	+141.	
1.4	15000.	77.8	52.0	361.2	+ 69.	- 61.	+139.	

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 6 mm

SEKTION		HØJDE	Nr	Vr	Mr	Max.	Min.	Kritisk
2.1	13125.	82.6	56.1	462.5	+ 64.	- 57.	+146.	
2.2	11250.	88.1	60.5	571.9	+ 69.	- 63.	+142.	
2.3	9375.	94.0	65.2	689.7	+ 74.	- 67.	+139.	
2.4	7500.	100.2	70.2	816.6	+ 78.	- 71.	+135.	

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 6 mm

SEKTION		HØJDE	Nr	Vr	Mr	Max.	Min.	Kritisk
3.1	5625.	106.8	75.5	953.2	+ 79.	- 72.	+131.	
3.2	3750.	113.9	81.2	1100.1	+ 79.	- 72.	+126.	
3.3	1875.	121.5	87.3	1258.0	+ 79.	- 73.	+122.	
3.4	0.	129.6	93.8	1427.8	+ 80.	- 73.	+118.	

Computerprogram 211

Dato: 1984.03.01

SNITKRIEFTER—SPÆNDINGER

TARNHØJDE 22500 mm

SNIT	HØJDE 0/SØK.	SNITKRIEFTER			SPÆNDINGER (N/mm ²)		
		Nr kN	Vr kN	Mr kNm	Max. (tryk)	Min. (træk)	Kritisk (foldn)
.0	22500.	62.5	66.8	50.1	+ 17.	- 9.	+149.

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 5 mm

SEKTION								
1.1	20625.	66.1	70.1	178.5	+ 46.	- 38.	+147.	
1.2	18750.	69.8	73.5	313.1	+ 71.	- 63.	+144.	
1.3	16875.	73.7	77.1	454.3	+ 93.	- 85.	+141.	
1.4	15000.	77.8	80.9	602.4	+112.	-104.	+139.	

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 6 mm

SEKTION								
2.1	13125.	82.6	84.9	757.8	+102.	- 96.	+146.	
2.2	11250.	88.1	89.1	921.0	+110.	-103.	+142.	
2.3	9375.	94.0	93.6	1092.3	+115.	-108.	+139.	
2.4	7500.	100.2	98.4	1272.3	+120.	-113.	+135.	

CIRKELFORMET TVÆRSNIT 0 PLADETYKKELSE 6 mm

SEKTION								
3.1	5625.	106.8	103.5	1461.6	+119.	-112.	+131.	
3.2	3750.	113.9	109.0	1660.8	+118.	-111.	+126.	
3.3	1875.	121.5	114.8	1870.6	+116.	-110.	+122.	
3.4	0.	129.6	121.0	2091.7	+115.	-109.	+118.	

SEKTIONSSAMLINGER

Bolte

Sektion 1/2

$$N_{rtroek} = \frac{117 \cdot 5 \cdot 1200 \cdot \pi}{30 \cdot 10^3} = 73,5 \text{ kN/bolt}$$

Sektion 2/3

$$N_{rtroek} = \frac{116 \cdot 6 \cdot 1532 \cdot \pi}{40 \cdot 10^3} = 83,7 \text{ kN/bolt}$$

M20 styrkeklasse 8.8 - Forspændte

$$s_{f1} = \frac{640}{1,15} = 557 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{f2} = \frac{800}{1,61} = 497 \text{ N/mm}^2 < s_{f1}$$

$$\frac{s_f}{c_0} = \frac{497}{1,2} = 414 \text{ N/mm}^2$$

$$N_r = 250 \cdot 414 \cdot 10^{-3} = 103,5 \text{ kN/bolt}$$

Plader

25 × 70 mm

Indsp.

$$M_{rmax} = 116 \cdot 6 \cdot 30 = 20880 \text{ Nmm/mm}$$

$$\sigma = \frac{20880}{\frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 25^2} = 200 \text{ N/mm}^2 <$$

$$s_f = \frac{240}{1,15} = 208 \text{ N/mm}^2$$

Svejsesømme 2 stk Δ 4

$$N_{rtroek} = 116 \cdot 6 = 696 \text{ N/mm}$$

$$\sigma = 1,81 \cdot \frac{696}{2 \cdot 4 \cdot 1} = 157 \text{ N/mm}^2 < s_f$$

SAHLING, YED FUNDAMENT

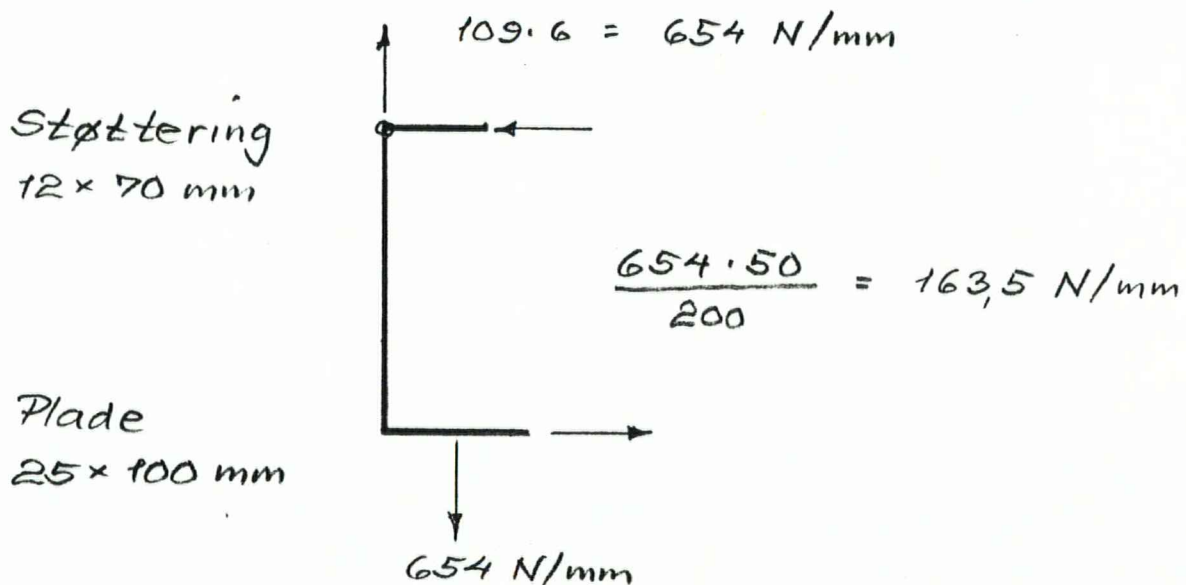
Fundamentsbolte

$$N_{r\text{træk}} = \frac{109 \cdot 6 \cdot 2000 \cdot \pi}{24 \cdot 10^3} = 171,2 \text{ kN/bolt}$$

M36 St. 52-3

$$\frac{s_F}{c_G} = \frac{360}{1,15} \cdot \frac{1}{1,4} = 224 \text{ N/mm}^2$$

$$N_r = 224 \cdot 831 \cdot 10^{-3} = 186,1 \text{ kN/bolt}$$



$$M_r = 654 \cdot 30 = 19620 \text{ Nmm/mm}$$

$$\sigma = \frac{19620}{\frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 25^2} = 188 \text{ N/mm}^2 < s_F$$

Ring

$$N_r = 163,5 \cdot 1000 = 163500 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{163500}{12 \cdot 70} = 195 \text{ N/mm}^2 < s_F$$

FORSTÆRKNINGER

Ved dør Max. tryk $600 \cdot 6 \cdot 115 \cdot 10^{-3} = 414 \text{ kN}$

2 stk $25 \times 100 \text{ mm}$

$$\sigma = \frac{414 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 100} = 82,8 \text{ N/mm}^2$$

Svejsesømme

$$\tau = 1,2 \cdot \frac{414 \cdot 10^3}{4 \cdot 4 \cdot 2000} = 15,5 \text{ N/mm}^2 < \tau_f$$

Ved lemme

Max. tryk $500 \cdot 5 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 312,5 \text{ kN}$

2 stk $25 \times 70 \text{ mm}$

$$\sigma = \frac{312,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 25 \cdot 70} = 89,3 \text{ N/mm}^2$$

Svejsesømme

$$\tau = 1,2 \cdot \frac{312500}{4 \cdot 4 \cdot 1000} = 23,4 \text{ N/mm}^2 < \tau_f$$

CIRKULÆRT VINDMØLLETÆRN

VESTAS 55 KW

FUNDAMENT

KVADRATISK PLADEFUNDAMENT

COMPUTERBEREGNING: PROGRAM 002-PLADEFUNDAMENT.

KVADRATISK PLADEFUNDAMENT BEREGNET UNDER FØLGENDE FORUDSÆTNINGER:

- DS 415 NORM FOR FUNDERING
- DS 411 NORM FOR BETONKONSTRUKTIONER

DEN GIVNE REGNINGSMÆSSIGE LAST PÅ FUNDAMENTSOVERSIDEN FRA MASTEN REGNES VIRKENDE I VILKARLIG RETNING.

FUNDAMENTSGEOMETRIEN VÆLGES MED ENTEN 4 SOKLER ANBRAGT SYMMETRISK UNDER HVERT HJØRNEJERN, ELLER MED EEN STOR KVADRATISK SOKKEL.

DET REGNINGSMÆSSIGE TRYK PÅ JORDEN UNDER FUNDAMENTSPRADEN BESTEMMES, IDET DEN EFFEKTIVE FUNDAMENTSPADEN REGNES SOM ET REKTANGEL SYMMETRISK OMKRING RESULTANTEN.

DER BESTEMMES FOR 4 TILFÆLDE:

- LAST VINKELRET PÅ FUNDAMENTSSIDERNE
- LAST UNDER 45 GRADER MED FUNDAMENTSSIDERNE
- EKSTREME LASTTILFÆLDE MED PARTIALKOEFFICIENT $\phi_p=2.0$ PÅ VINDLASTEN VIRKENDE I NÆVNTE 2 RETNINGER (JVNF. DS 415-3.2.3)

UD FRA GIVNE JORDBUNDSOPLYSNINGER BESTEMMES JORDENS BÆREEVNE SOM ANGIVET I DS 415 AFSNIT 4.1, DIREKTE FUNDERING. DER FORETAGES KUN EN BRUDUNDERSØGELSE.

DER BESTEMMES I SPECIALTILFÆLDENE FOR ENTEN SAND OG GRUS ELLER FOR LER. ER STYRKEPARAMETRENE FOR BEGGE ANGIVET, BESTEMMES BÆREEVNE SOM DEN MINDSTE VÆRDI.

SNITKRÆFTER I PLADEN BESTEMMES I SNIT GENNEM MIDTEN AF SOKLERNE (I SYSTEMLINIERNE FOR HJØRNEJERNENE).

SNITKRÆFTER I SOKLERNE/SOKLEN BESTEMMES UMIDDELBART OVER PLADEN (TVÆRKRAFTEN FORDELES PÅ DEN SIKRE SIDE TIL 2 SOKLER).

BÆREEVNEBESTEMMELSE AF BETONTVÆRSNITTENE FORETAGES I HENHOLD TIL DS 411, IDET DER FORUDSÆTTES:

- KONTROLKASSE II,
- 50 mm DÆKKENDE BETON,
- REN BØJNING - METODE A,
- MINIMALARMRING JVNF. AFSNIT 6.1.4

FUNDAMENT

BELASTNINGER PÅ FUNDAMENTSOVERSIDE:

NORMALLAST	$N_r = 129.6 \text{ kN}$
TVERKRAFT	$Q_r = 121 \text{ kN}$
MOMENT	$M_r = 2091.7 \text{ kNm}$
(jvnf. masteberegningen)	

Partialkoefficienter indbygget i ovennævnte laste:

(Egv.)	$f_g = 1.2$
(Vind)	$f_p = 1.44$

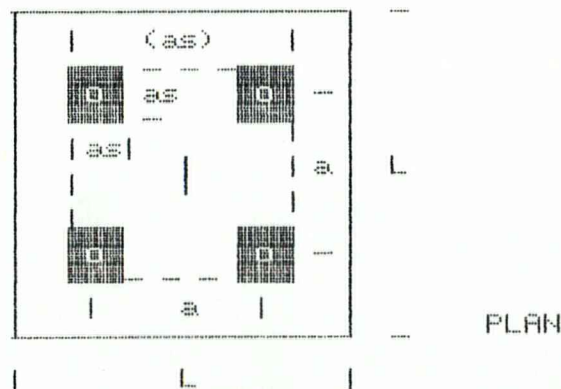
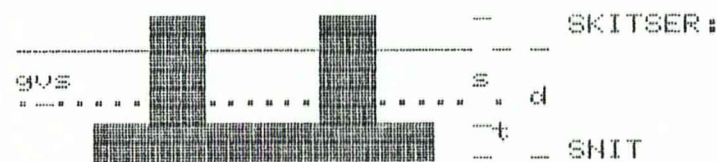
JORDBUNDSFORHOLD:

SAND	$f_i = 30 \text{ grader}$
LER	$c_u = 100 \text{ kN/m}^2$

EFF. RUMVÆGT	$= 18 \text{ kN/m}^3$
GRUNDVANDSSPEJL	$= 2 \text{ m. under terræn}$

PROJEKTKLASSE (jvnf. DS 415): NORMAL

FUNDAMENTSMÅL:



MASTERODMAL $a = 1.80 \text{ m.}$

PLADESTØRRELSE $L = 5.40 \text{ m.}$

PLADETYKKELSE $t = .60 \text{ m.}$

FUNDERINGSDYBDE $d = 2.00 \text{ m.}$

SOKKELMÅL $as = 1.80 \text{ m.}$

SOKKELDYBDE $s = 1.50 \text{ m.}$

FUNDAMENTSBEREGNING:

FUNDAMENTSTYNGDE (kN):

Plade	=	419.9	kN
Sokkel/sokler	=	116.6	kN
Jord	=	687.2	kN
Opdrift	=	.0	kN
Normallast	=	108.0	kN
<hr/>			
TYNGDE	G=	1331.7	kN

FUNDAMENTSTRYK PÅ JORD - JORDENS BÆREEVNE :

	LASTTILFÆLDE	JORDTRYK	BÆREEVNE Sand/grus	(kN/m ²) Ler
Normal	Parallel	131.	440.	333.
	Skrå(45gr.)	157.	483.	350.
Ekstrem	Parallel	486.	602.	493.
	Skrå(45gr.)	354.	738.	571.

SNITKRÆFTER:

Pladeoverside	Mr= 74 kNm/m
Pladeunderside	Mr= 156.6 kNm/m
Træk i hjørnejern	Shr= 789 kN
Sokkelsnit	Mr= 181.5 kNm

BÆREEVNEBESTEMMELSER AF SNIT:

BETON (Trykstyrke) = 20 N/mm²

ARMERING (Flydespænding)= 560 N/mm²

PLADE:

A_{so}= 769 mm²/m M_{or}= 158.7 kNm/m

A_{su}= 769 mm²/m M_{ur}= 158.7 kNm/m

SOKKEL:

A_{as}= 2510 mm² N_r= 1578 kN

M_{sr}= 370.6 kNm