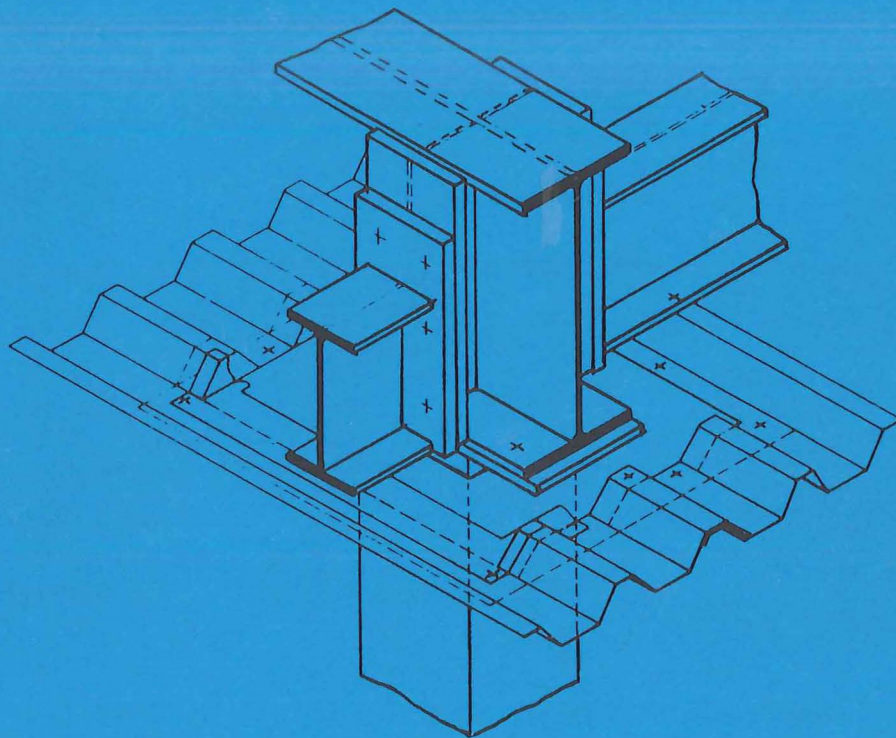


Ove Larsen

KURSUSNOTATER 8

STÅLKONSTRUKTIONER

OVE LARSEN



BÆRENDE KONSTRUKTIONER

BYGGETEKNISK HØJSKOLE KØBENHAVN

MAJ 1991

Tabeller og kurver:

Sikkerhedsklasser	1
Kvalitetsklasser	4
Regningsmæssige styrker	6
Kipning	9
Søjledimensionering	19
Søjlekurve for central last	20
Søjlekurve for trærlastet søjler	26
Boltes data	30
Boltes styrke	31
Trærlastede boltes bæreevne	35
Træklastede boltes bæreevne	36
Boltes afstandsregler	37
Elektroder	48
Svejsesignaturer	51
Bjælkekurve - nedbøjning	61
Bjælkekurve - styrke	62

Litteratur og udklip:

DS 409

Stålkompensie - E. Søndergård

Regi - bær

Normal tabeller, Lemvig-Müller og Munck

Teknisk ståbi

Svejste stålkonstruktioner

Eksempler:

1. Kvalitetsbestemmelse	4
2. Bjælke	11
3. Svækket tværsnit	12
4. Kropsafstivning	13
5. Vederlagsplade	16
6. Trækstang	18
7. Søjle	22
8. Trærlastet trækstang	24
9. Trærbelastet søjle	27
10. Søjleindsp. ved indstøbning	28
11. Søjleindsp. m. ankerbolte	29
12. 1-snitsbolt	33
13. 1-snitsbolt (tabel)	35
14. Trækbelastet bolt	36
15. Bolt m. træk- og trærlast	38
16. Svejsning, træk-tryk-forskydn.	56
17. Svejsning, moment-træk-forskydn.	56
18. Stumpsøm og tegning	60

1.

sikkerhedsmetode.

DS. 409 - 1. udgave - juni 1982.

Hvilket vil sige at der regnes efter partialkoefficientmetoden hvor der eftervises at:

Spændinger \leq styrker

$\sigma \leq f_{yd}$

eller at:

Lastvirkning \leq Bæreevne

$F_d \leq F_{yd}$

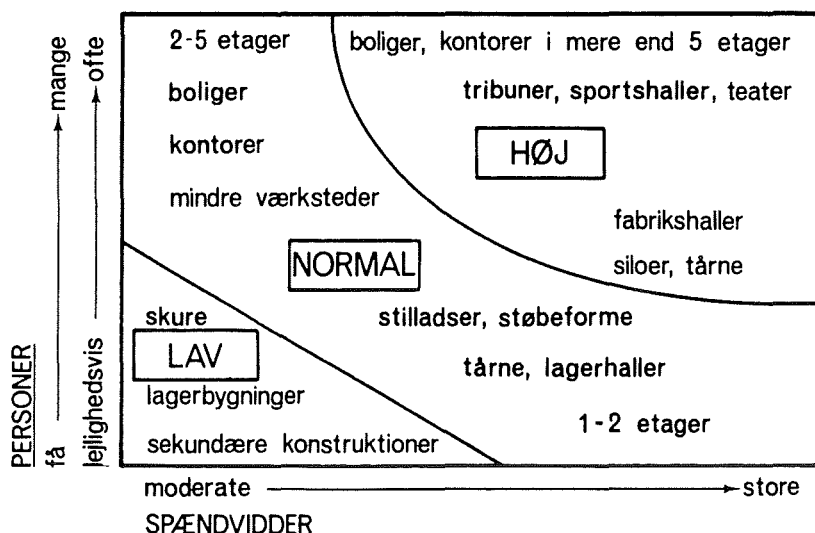
Last på konstruktioner.

DS. 410 - 4. udgave - juni 1982.

Norm for stålkonstruktioner.

DS. 412 - 2. udgave - april 1983.

sikkerhedsklasser.



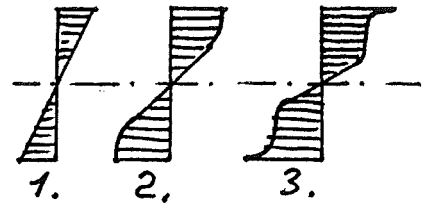
Fra
Regi-bær 2.

SIKKERHEDSKLASSER for bolig og industri o.l.

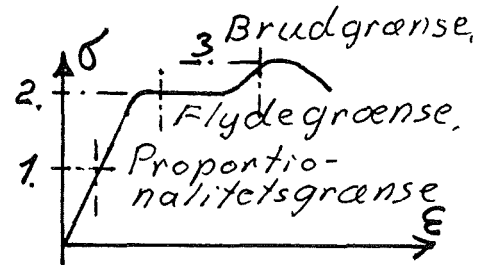
styrker.

f_u . Karakteristisk trækbrudstyrke.

f_y . Karakteristisk flydestyrke.



Bøjningsssp.

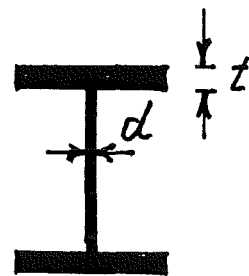


Konstruktionsstål

Styrkeklasse	Kvalitetsklasse	Øvre flydespænding f_y			Trækstyrke f_u	Brudforlængelse %	Bøjeprovning 180° bøjning dorn diameter	Slagsejhedsprøvning KV (V-kærv)	
		$t \leq 16$ N/mm ²	$t > 16$ $t \leq 40$ N/mm ²	$t > 40$ $t \leq 63$ N/mm ²				Prøvningstemperatur °C	Energi min. J
Fe 310	O	175	175		310 à 510	17	$t \cdot \left\{ \begin{array}{l} 3 \end{array} \right.$	-	-
Fe 360	A	235	225	215	360 til 460	25	$t \cdot \left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{array} \right.$	-	-
	B	235	225	215		25		+ 20	27
	C	235	225	215		25		0	27
	D	235	225	215		25		- 20	27
Fe 430	A	275	265	255	430 til 530	22	$t \cdot \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \end{array} \right.$	-	-
	B	275	265	255		22		+ 20	27
	C	275	265	255		22		0	27
	D	275	265	255		22		- 20	27
Fe 510		$t \leq 16$	$t \cdot \left\{ \begin{array}{l} 16-35 \\ 35-50 \end{array} \right.$		490 til 630		$t \cdot \left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 3 \\ 3 \end{array} \right.$		
	B	355	345	335		21		+ 20	27
	C	355	345	335		21		0	27
	D	355	345	335		21		- 20	27

Elasticitetsmodul for alt stål $E = 0,21 \cdot 10^6 \text{ N/mm}^2$.

Stålets styrke er afhængig af godstykkelsen, for valsede profiler skal regnes med den største af t og d .



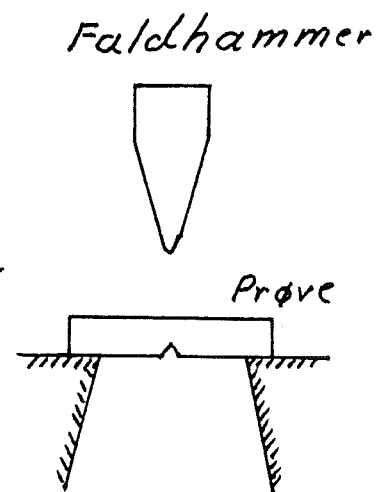
Kvalitetsklasser.

Ståls egenskaber afhænger af dets kemiske sammensætning og om det er beroliget eller uberoliget. (side 40)

Styrkeklasse	Kvalitetsklasse	Tykkelse t mm	C % max.	P % max.	S % max.	N ₂ % max.
Fe 310	0		kul	Fosfor	svovl	Nitrogen
Fe 360	A	≤ 16	0,20	0,060	0,050	0,009
	B		0,18	0,050	0,050	
	C	> 16	0,20	0,045	0,045	0,009
		D	0,17			
Fe 430	A	≤ 40	0,24	0,060	0,050	0,009
	B		0,21	0,050	0,050	
	C	> 40	0,22	0,045	0,045	0,009
		D	0,20			
Fe 510	B	≤ 16	0,22	0,050	0,050	
		> 16	0,20	0,045	0,045	
	D	≤ 35	0,20	0,040	0,040	
		> 35	0,22			

Brudsejhed.

Der er ingen kendt sammenhæng mellem ståls kemiske sammensætning og dets brudsejhed, hvilket gør det nødvendigt at konstatere dets evne mod sprøbrud ved en slagsejhedsprøvning.

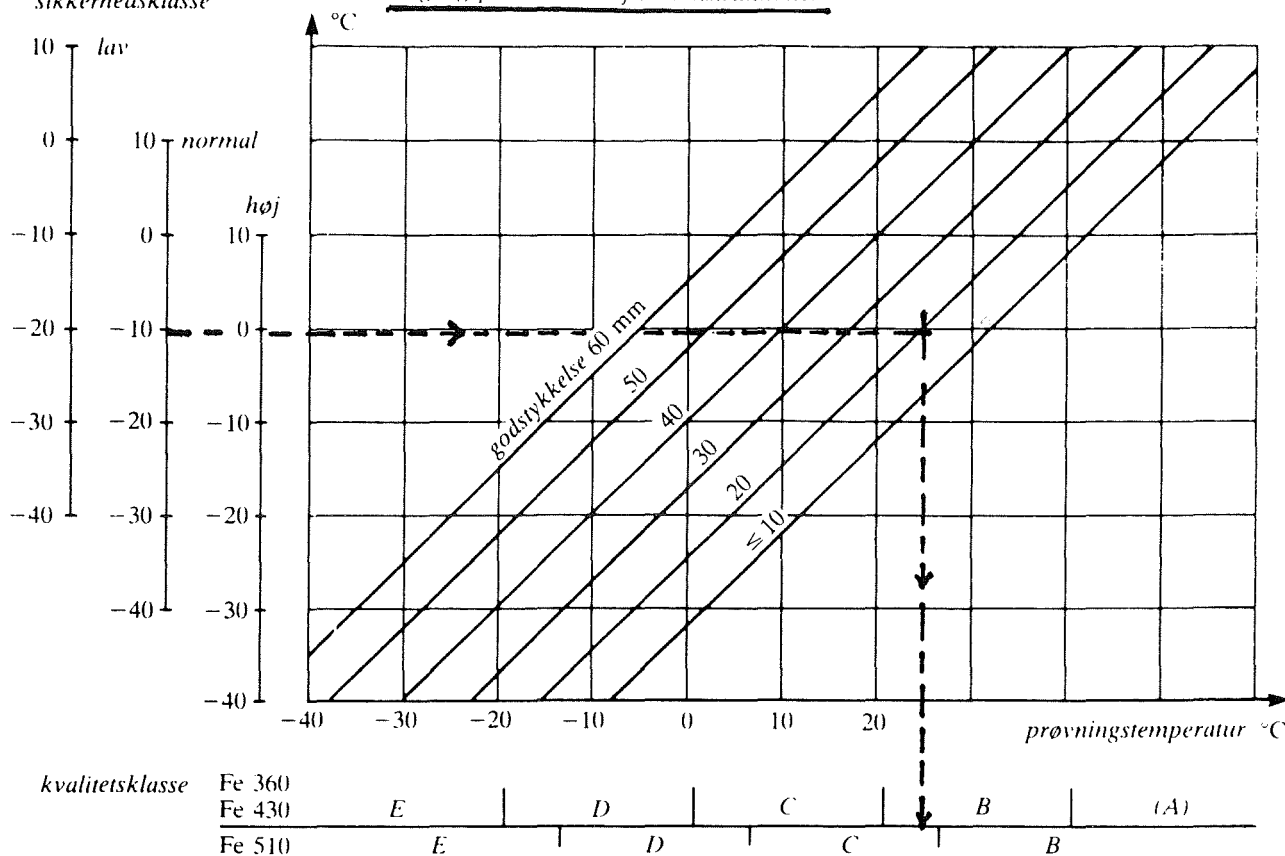


4.

Valg af kvalitetsklasse.

laveste driftstemperatur for sikkerhedsklasse

Fågangspåvirkede svejste konstruktioner



Laveste driftstemperatur

konstruktionstype	laveste driftstemperatur
udendørs konstruktion (dog excl Grønland)	-10 °C
indendørs konstruktion, effektiv opvarmning (bolig mv)	+10 °C
indendørs konstruktion, moderat opvarmning (lager mv)	0 °C

Eksempel 1.

Udendørs konstruktion.
 Godstykkelse max 20 mm.
 Normal sikkerhedsklasse
 Fe 430.

Brug kvalitet B.

Materialekontrol.

Normal: Kvalitetsklasse A og B.

NMK. Værkerklæring uden prøve-
resultater.

Kvalitetsklasse C og D.

Værkerklæring med prøve
resultater fra aktuelle emner.

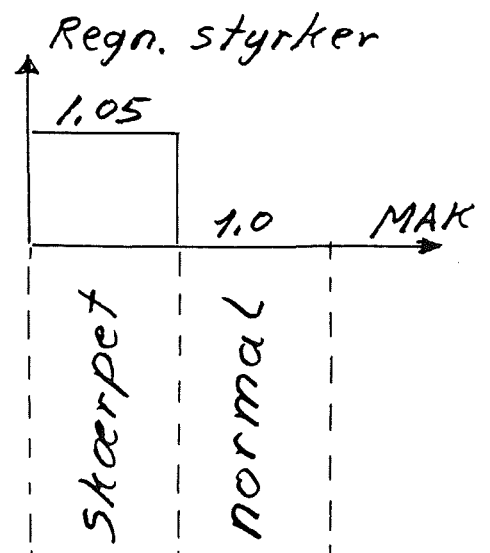
Skærpet: Kvalitetsklasse A, B, C og D.

SMK. Erklæring med prøveresultater
fra aktuelle emner, underskr-
vet af værkt og aftager.

Bemærk: Kvalitetsklasse A og B er
som oftest lagervare.

Kvalitetsklasse A og B vil
være fuldt tilstrækkelig for
stort set alle husbygnings-
konstruktioner.

De regningsmæssige
styrker for skærpet
materialekontrol er
5% større end for
normal materialekon-
trol.



Regningsmæssige styrker.

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_m}$$

f_{yd} . regn. styrke.

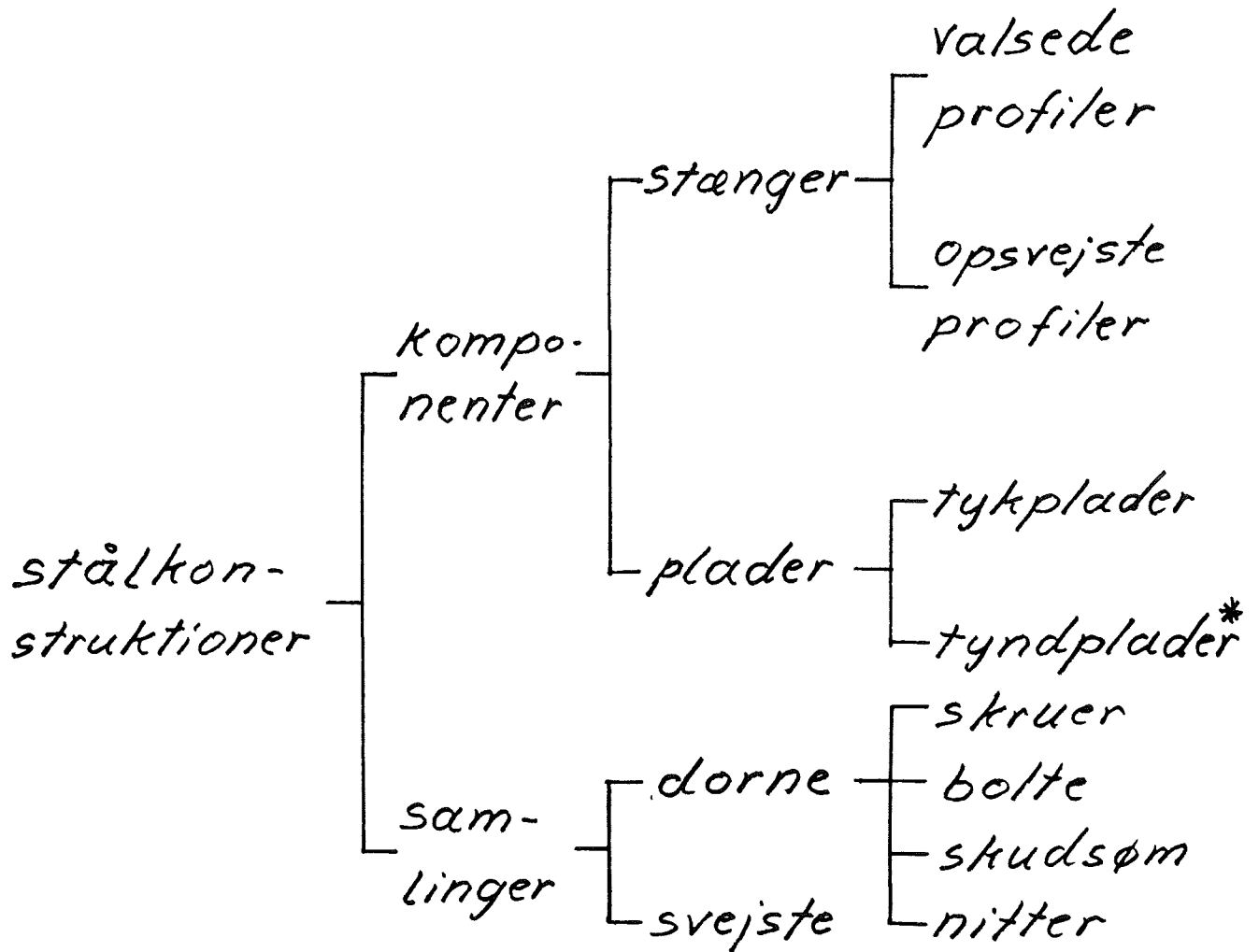
f_y . karr. styrke.

γ_m . partialkoefficient

KONSTRUKTIONSTÅL EFTER ISO 630		REGNINGSMÆSSIG VÆRDI f_{yd} N/mm ²					
		SIKKERHEDSKLASSE					
		LAV		NORMAL		HØJ	
		NMK	SMK	NMK	SMK	NMK	SMK
Fe 360	$t \leq 16$	204	216	184	194	167	175
	$16 < t \leq 40$	196	206	176	186	160	168
	$40 < t \leq 63$	187	197	168	178	152	160
Fe 430	$t \leq 16$	239	252	215	227	195	205
	$16 < t \leq 40$	230	243	207	219	188	198
	$40 < t \leq 63$	222	234	199	211	181	190
Fe 510	$t \leq 16$	309	326	277	293	252	265
	$16 < t \leq 35$	300	317	270	285	245	257
	$35 < t \leq 50$	291	307	262	277	238	250
Elasticitetsmodul E til beregn. af nedbøjninger.							
Fe 360-430-510		$0,21 \cdot 10^6$ N/mm ²					

For stål er træk-tryk- og bøjningsstyrkerne ens, f_{yd} .

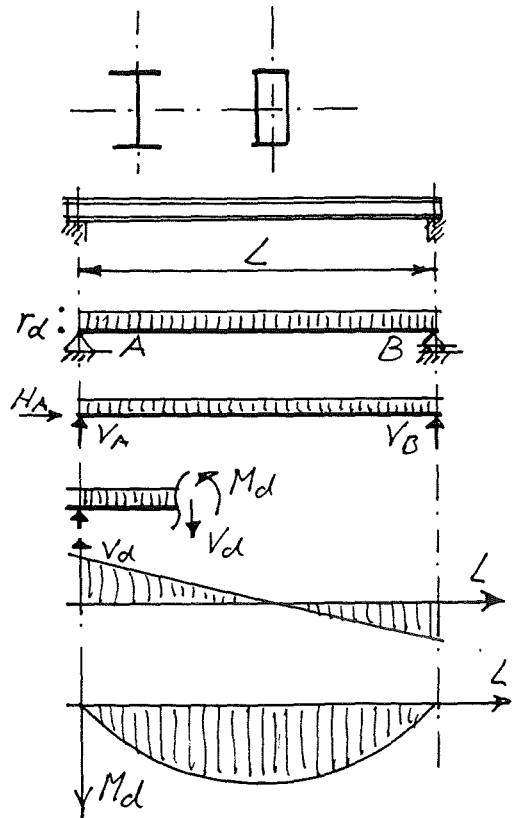
Ståls forskydningsstyrke. $0,58 \cdot f_{yd}$.

Oversigt

* Tyndpladenorm med spec. krav til samlingerne.

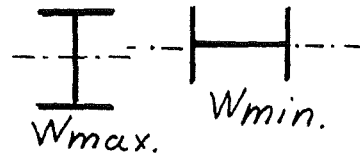
Bjælker.

Dobb. sym. valset tværsnit.
 Konstruktionseksempel.
 Statisk model - Last
 Frit legeme.
 Snitkræfter.
 Trækraftkurve.
 Momentkurve.



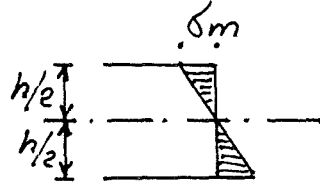
Dimensionering.

$$W \geq \frac{M_d}{f_{yd}} \rightarrow \text{dimension.}$$

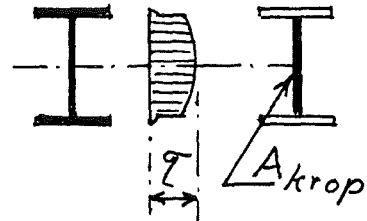


spændingsbestemmelse.

$$\sigma_m = \frac{M_d}{W} \leq f_{yd}$$



$$\tau = \frac{V_d}{A_{krop}} \leq 0,58 \cdot f_{yd}$$



Bæreevnebestemmelse.

$$M_{ud} = W \cdot f_{yd} \geq M_d$$

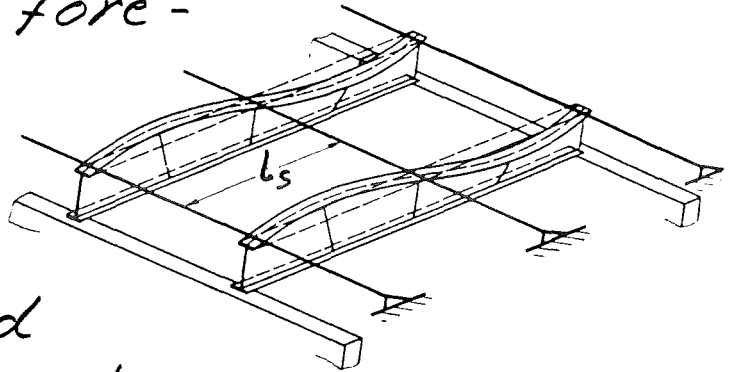
Deformation.

$$U_k = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E I} \leq$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Etagebj.} \\ \text{Tagbj.} \\ \text{Ydervægge.} \end{array} \right\} \begin{array}{l} - \frac{1}{400} \cdot L \\ \frac{1}{200} \cdot L \\ \text{max. 20 mm.} \end{array}$$

Kipning.

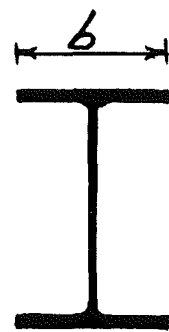
Det vil sige vandret udbøjning af den trykkede flange, dette konstruktionssvigt kan altså kun forekomme når trykflangen ligger frit.



Sikkerheden mod kipning kan overslagsmæssigt bestemmes af forholdet l_s/b , og for valsedede profiler er sikkerheden tilstrækkelig når

$$\sigma_m \leq \frac{f_{yd}}{c_2}$$

	F _e 360	F _e 430	F _e 510	C ₂
l_s/b	≤ 18	≤ 17	≤ 13	1,0
	19-22	18-21	14-16	1,1
	23-25	22-24	17-19	1,2

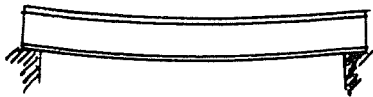


Foldning.

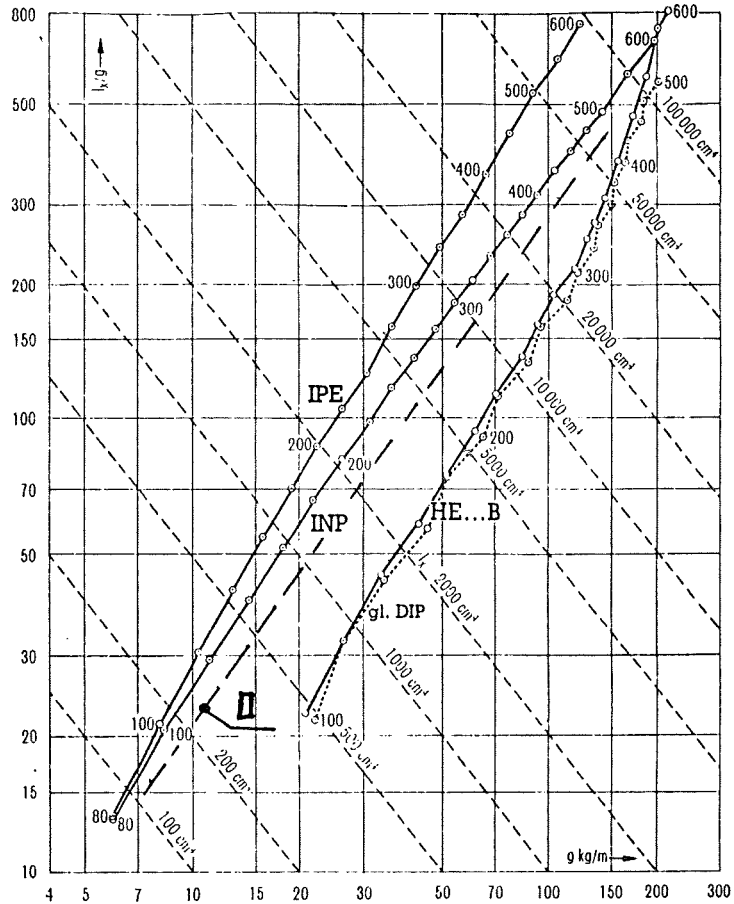
Undersøgelse af foldning af krop- og flangeplade er kun nødvendigt ved opsvejste profiler.

Økonomisk valg af bjælkeprofil.

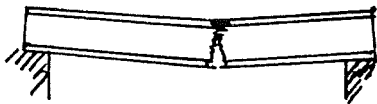
Sammenligning mellem
bjælkestivhed pr. kg (I_x/g)
for nogle I-profiler



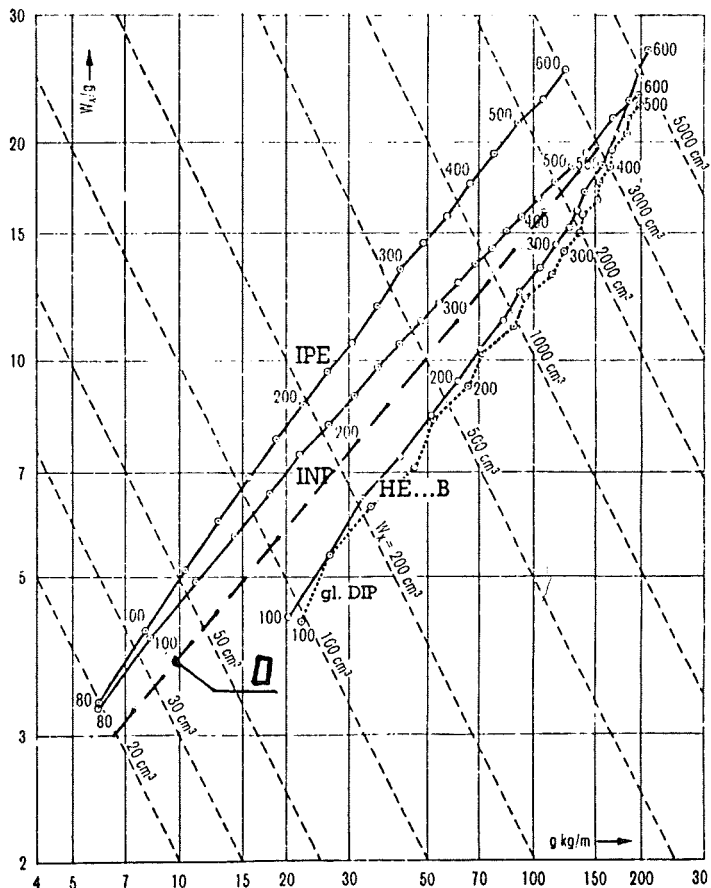
Nedbøjning.



Sammenligning mellem
bjælkebæreevne pr. kg (W_x/g)
for nogle I-profiler



Styrke.



Eksempel 2.

15° tagspær med last fra åse (regnes vandret).

$$F_d = 19 \text{ kN}, F_{s,k} = 9 \text{ kN}.$$

$$F_e \text{ 430B} \begin{cases} f_{yd} = 207 \text{ N/mm}^2 \\ E = 0,21 \cdot 10^6 \text{ --} \end{cases}$$

$$h \sim \frac{1}{30} \cdot 8000 = \underline{267 \text{ mm}} \rightarrow$$

$$\text{valg } \underline{\text{IPE 270}}, g \sim 0,4 \text{ kN/m}.$$

Den ensfordelte egenvægt regnes tilnærmelsesvis som enkeltkraft. $F_d = 19 + 0,4 \cdot 2 = \underline{19,8 \text{ kN}}$.

$$V_A = V_B = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 19,8 = \underline{29,7 \text{ kN}}$$

$$M_d = 29,7 \cdot 2 + 9,9 \cdot 2 = \underline{79,2 \text{ kNm}}$$

$$W \geq \frac{79,2 \cdot 10^6}{207} = \underline{384,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} < 429 \cdot 10^3$$

$$\frac{L_s}{b} = \frac{2000}{135} = 14,8 < 17 \rightarrow C_p = 1,0$$

$$\sigma_m = \frac{79,2 \cdot 10^6}{429 \cdot 10^3} = \underline{185 \text{ N/mm}^2} < \frac{207}{1,0} = 207$$

$$\tau = \frac{29,7 \cdot 10^3}{6,6 (270 - 2 \cdot 10,2)} = \underline{18,0 \text{ N/mm}^2}$$

$$\tau = \underline{18 \text{ N/mm}^2} < 0,58 \cdot 207 = 120$$

Nedbøjning for snelast.

$$U = \frac{9,0 \cdot 10^3 \cdot 2,0 \cdot 10^3 \cdot 8,0 \cdot 10^3 \cdot 4,0 \cdot 10^3}{6 \cdot 0,21 \cdot 10^6 \cdot 57,9 \cdot 10^6} \left[1 - \left(\frac{2,0 \cdot 10^3}{8,0 \cdot 10^3} \right)^2 - \left(\frac{4,0 \cdot 10^3}{8,0 \cdot 10^3} \right)^2 \right] = 5,4$$

$$U =$$

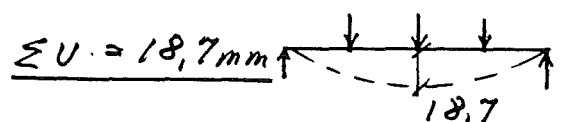
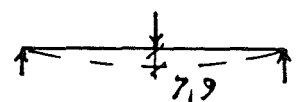
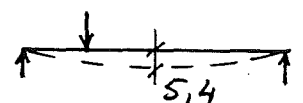
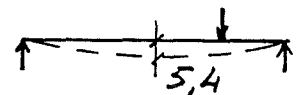
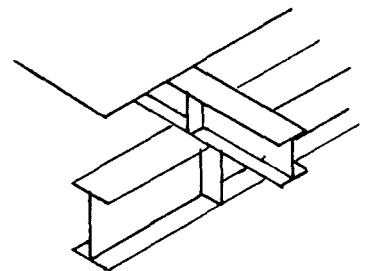
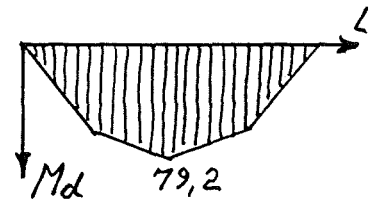
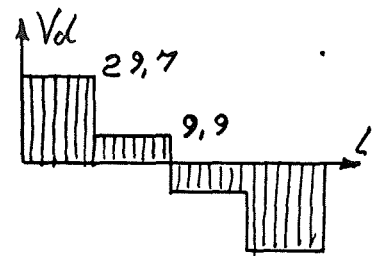
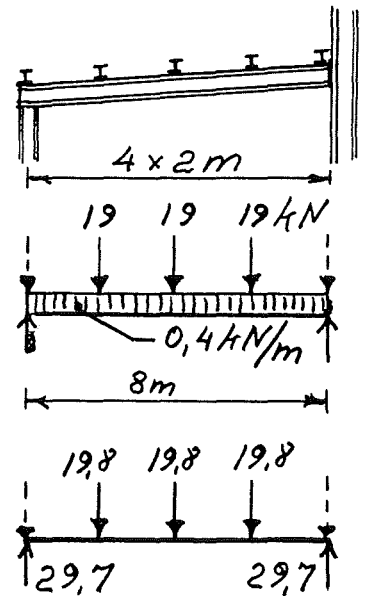
$$= 5,4$$

$$U = \frac{9,0 \cdot 10^3 \cdot 8,0 \cdot 10^3}{48 \cdot 0,21 \cdot 10^6 \cdot 57,9 \cdot 10^6}$$

$$= 7,9$$

$$\sum U = \underline{18,7 \text{ mm}} \leq \begin{cases} \frac{2000}{200} = 40 \text{ mm} \\ \underline{20 \text{ mm}} \end{cases}$$

$$\underline{\underline{\sum U = 18,7 \text{ mm}}}$$



Svækkede bjælketværsnit.

$$I_y = I_0 + z^2 \cdot A$$

Tilnærmeth udtryk for reduktion af inertimoment ved huller i flange.

$$I_{y, \text{red.}} \sim I_y - \frac{1}{2} \cdot d \cdot t^3 - t \cdot d \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2$$

$$I_{y, \text{red.}} \sim I_y - \frac{1}{4} \cdot t \cdot d \cdot h^2$$

Modstandsmoment p.g.a. tilnærmeth $I_{y, \text{red.}}$

$$W_{y, \text{red.}} = \frac{I_{y, \text{red.}}}{h/2} = \frac{I_y - \frac{1}{4} \cdot t \cdot d \cdot h^2}{h/2}$$

$$W_{y, \text{red.}} \sim W_y - \frac{1}{2} \cdot t \cdot d \cdot h$$

Inerti- og modstandsmoment ved hul i midte af krop.

$$I_{y, \text{red.}} \sim I_y - \frac{1}{12} \cdot a \cdot d^3 - a \cdot t \cdot 0^2$$

$$I_{y, \text{red.}} \sim I_y$$

$$W_{y, \text{red.}} \sim W_y$$

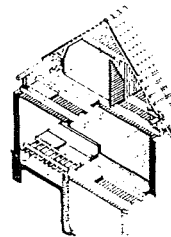
Eksempel 3.

$$I_{y, \text{red.}} \sim 83,6 \cdot 10^6 - \frac{1}{4} \cdot 10,7 \cdot 16 \cdot 300^2 = \underline{79,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}$$

$$W_{y, \text{red.}} \sim 557 \cdot 10^3 - \frac{1}{2} \cdot 10,7 \cdot 16 \cdot 300 = \underline{531,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3}$$

$$\text{red. af } W_y = \frac{(557 - 531,3) \cdot 10^3}{557 \cdot 10^3} \cdot 100 = \underline{4,6 \%}$$

STATIK OG STYRKE LÆRE

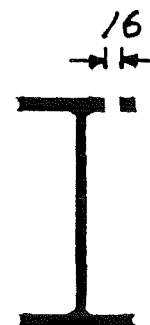
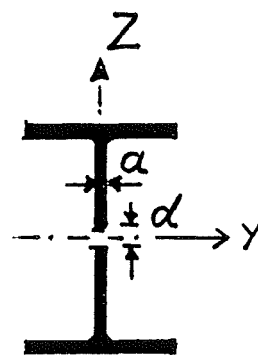
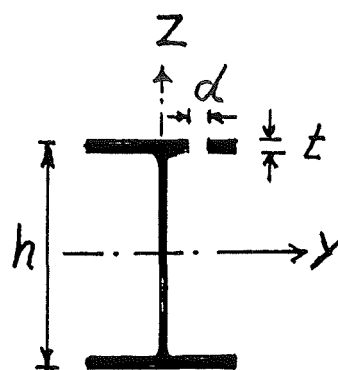


KURSUSNOTATER 5

OVE LÆRE

BÆRENDE KONSTRUKTIONER

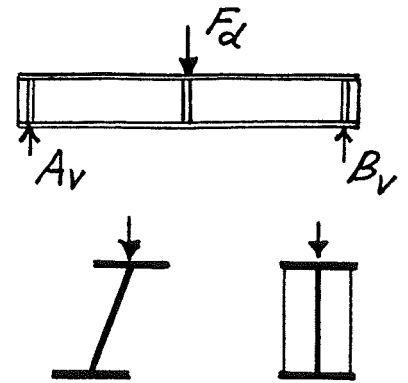
BYGGETEKNIK HJØRSKOLE ESBØHAVN JULI 1987



IPE 300

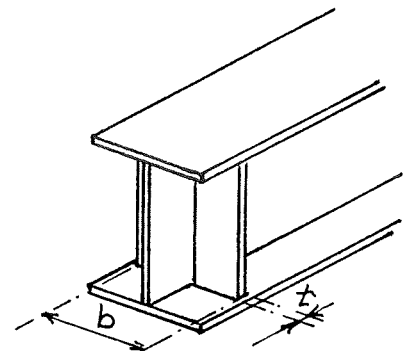
Kropsafstivninger.

Hvor bjælker påvirkes af store enkelkræfter skal de forsynes med kropsafstivninger, som kan optage hele den aktuelle kraft.



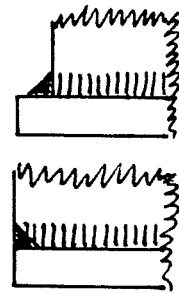
$$\sigma_c = \frac{F_d}{t \cdot b} \leq f_{yd} \quad \text{Spænding.}$$

$$t \geq \frac{F_d}{b \cdot f_{yd}} \quad \text{Dimensionering}$$



t. vælges lig kropstykkelsen.

Bredden b bør vælges så luftspalten kan lukkes ved enderne.

Eksempel 4.

Bredde på fladstål

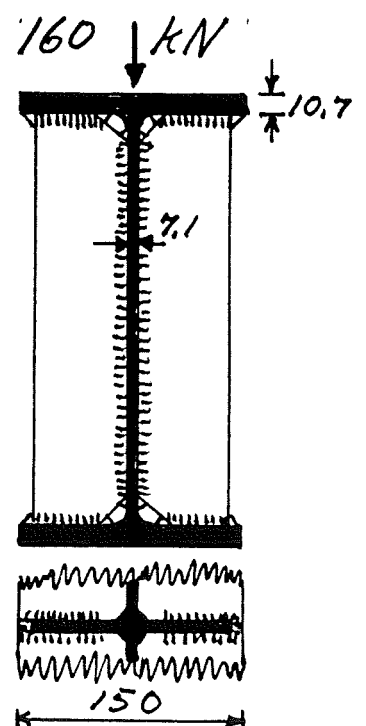
$$\frac{1}{2} (150 - 7,1 - 2 \cdot 10) = \underline{61,45 \text{ mm}}$$

Valg 2 stk 60 mm fladstål

$$t = \frac{160 \cdot 10^3}{(2 \cdot 60 + 7,1) \cdot 176} = \underline{7,15 \text{ mm} \rightarrow 8 \text{ mm}}$$

$$\sigma_c = \frac{160 \cdot 10^3}{8 \cdot (2 \cdot 60 + 7,1)} = \underline{157 \text{ N/mm}^2 < 176}$$

IPE 300



Aflastningshuller.

Mange steder i svejste konstruktioner er det en fordel at foretage udspæringer, formålet er at hindre ophobning af svejseømme.

at mindste spændingsspidser.

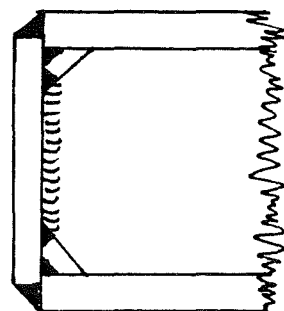
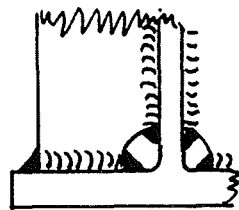
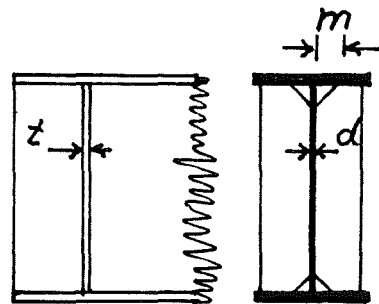
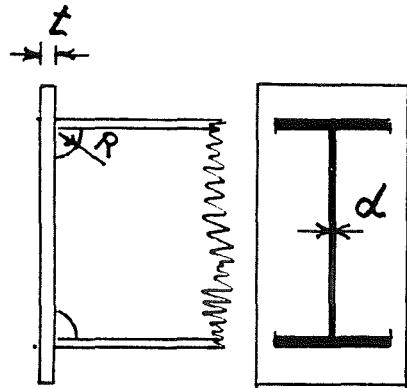
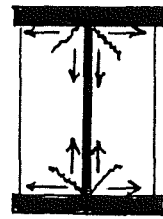
at undgå svejsning i svejseteknisk dårlige områder.

$$R \geq t + d + 5 \text{ mm.}$$

$$m \geq t + d + 5 \text{ mm.}$$

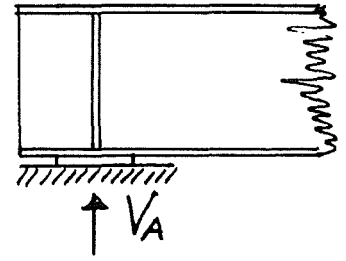
Udfør altid aflastningshullerne så store at luftspalterne kan lukkes.

Der kan godt svejses med kantsømme selv om endepladerne på søjler eller bjælker ikke må være større end profilet.



Vederlagsplader.Spænding i vederlag.

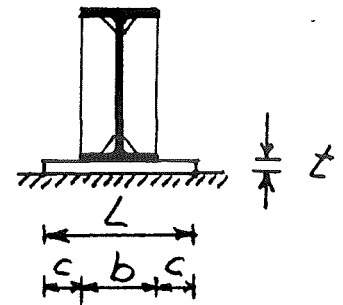
$$\sigma_c = \frac{V_A}{A} \leq f_{\text{vederlag}}$$

Dim. af pladeareal.

$$A \geq \frac{V_A}{f_{\text{vederlag}}}$$

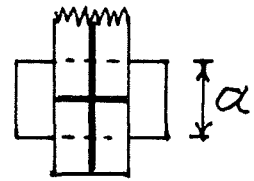
Moment i snit 1-1.

$$M_d = \sigma_c \cdot a \cdot c \cdot c/2$$

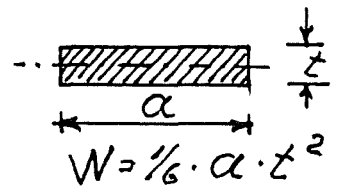
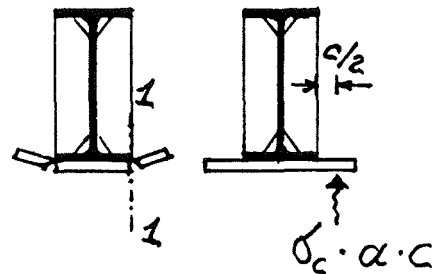
Spænding i plade.

$$\sigma_m = \frac{M_d}{W} \leq f_{yd}$$

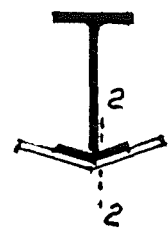
$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot t^2$$

Dim. af pladetykkelse.

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_d}{a \cdot f_{yd}}}$$

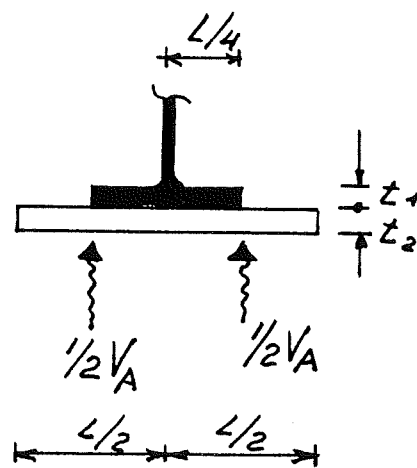


For bjælker uden kropsafstivning ved vederlag skal spændingerne ved bjækekroppen snit 2-2 også kontrolleres.



Moment i snit 2-2.

$$M_d = \frac{1}{2} \cdot V_A \cdot \frac{L}{4}$$



Spænding i plade og flange.

$$\sigma = \frac{M_d}{\frac{1}{6} \cdot \alpha \cdot t_1^3 + \frac{1}{6} \cdot \alpha \cdot t_2^3} \leq f_{yd}$$

Ved forskellige stålstyrker.

$$M_{ud} = \frac{1}{6} \cdot \alpha \cdot t_1^3 \cdot f_{yd,1} + \frac{1}{6} \cdot \alpha \cdot t_2^3 \cdot f_{yd,2} \geq M_d$$

Eksempel 5.

$$A = \frac{50 \cdot 10^3}{1,6} = 31250 \text{ mm}^2 \rightarrow 100 \times 320$$

$$\sigma_c = \frac{50 \cdot 10^3}{100 \cdot 320} = 1,56 \text{ N/mm}^2 < 1,6$$

$$c = \frac{1}{2} (320 - 100) = 110 \text{ mm}$$

$$M_d = 1,56 \cdot 100 \cdot 110 \cdot \frac{1}{2} \cdot 110 = 943800 \text{ Nmm}$$

$$t = \sqrt{\frac{943800 \cdot 6}{100 \cdot 176}} = 17,94 \rightarrow 20 \text{ mm}$$

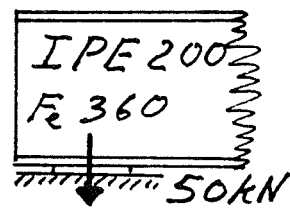
$$\sigma_m = \frac{943800}{\frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 20^3} = 142 \text{ N/mm}^2 < 176$$

$$M_d = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot \frac{1}{4} \cdot 320 = 2,0 \text{ kNm}$$

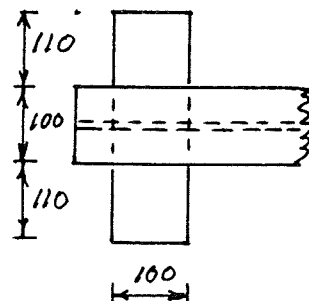
$$\sigma_m = \frac{2,0 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 20^3 + \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 8,5^3} = 254 \text{ N/mm}^2 > 176$$

Med 25 mm tyk plade

$$\sigma = \frac{2,0 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 25^3 + \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 8,5^3} = 172 \text{ N/mm}^2 < 176$$



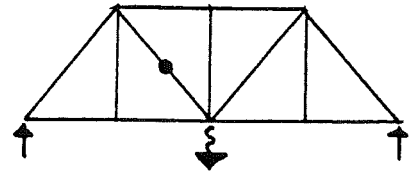
UPL. 320x100x25.



Trækstænger.

Central last

Konstruktionseksempel.

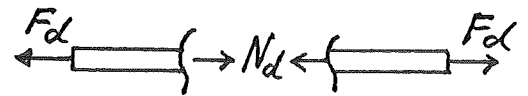


Statisk model.



Snitkraft.

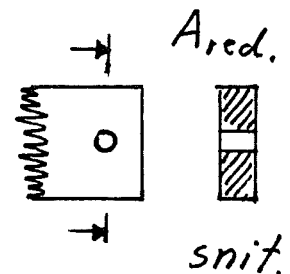
$$N_d = F_d$$



Dimensionering.

$$A \geq \frac{N_d}{f_{yd}} \rightarrow \text{dimension}$$

Hvis A er reduceret p.g.a. f. eks. bolthul, skal der tages hensyn til dette.

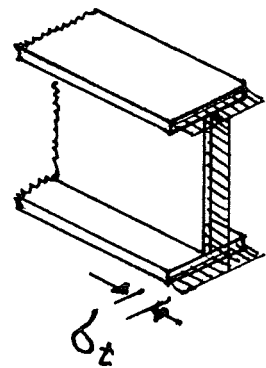


Spændingsbestemmelse.

$$\sigma_t = \frac{N_d}{A_{red.}} \leq f_{yd}$$

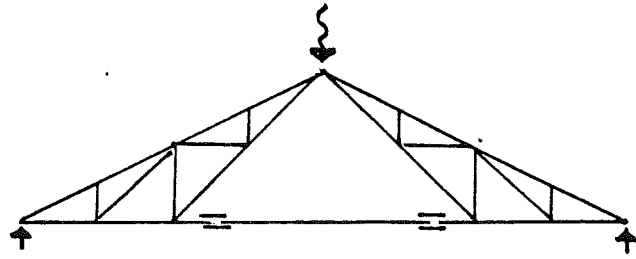
Bæreevnebestemmelse.

$$N_{ud} = A_{red.} \cdot f_{yd} \geq N_d$$



Eksempel 6.

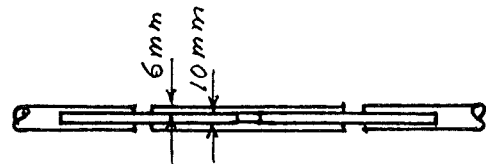
Lastesamling i
spærfod.



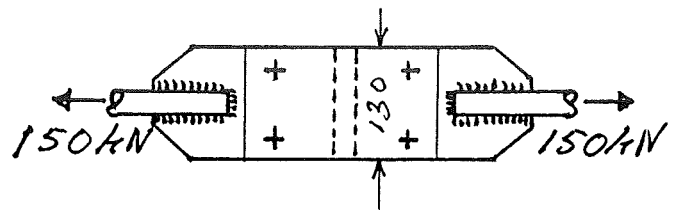
$$N_d = 150 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = 207 \text{ N/mm}^2$$

4 stk M16 bolte
sidelasker.



2 stk 6 x 130 mm
mellemstk.



$$10 \times 130 \text{ mm}$$

$$A_{red} = 2 \cdot 6 \cdot (130 - 2 \cdot 17) = \underline{1152 \text{ mm}^2} \text{ (Lasker)}$$

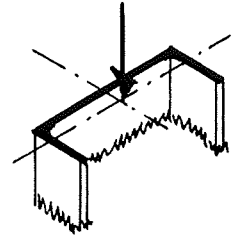
$$A_{red} = 10 (130 - 2 \cdot 17) = \underline{960 \text{ mm}^2} \text{ (mellemstk.)}$$

960 < 1152 h.v.s. spændingen
bliver størst i mellemstk.

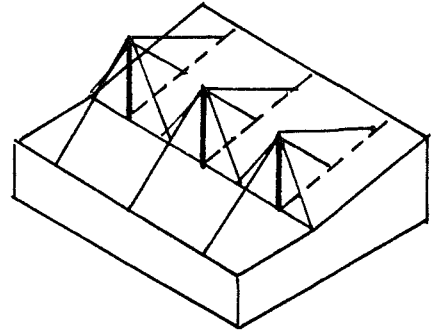
$$\sigma_t = \frac{150 \cdot 10^3}{960} = \underline{156 \text{ N/mm}^2} < 207$$

Trykstoenger.

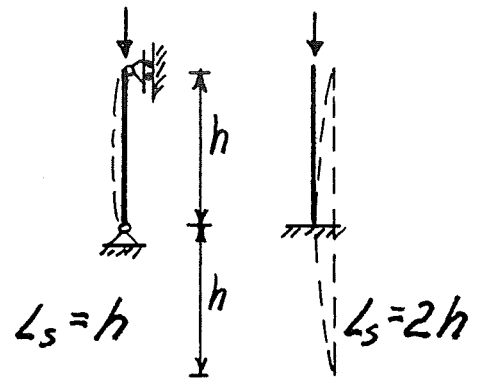
central last.



Konstruktionseksempel.

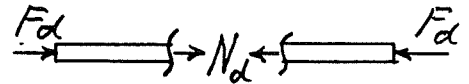


Statisk model.



Snitkraft.

$N_d = -F_d$



Dimensionering.

Ved hjælp af bæreevnetabellerne i teknisk ståbi, bestemmes profi-lets størrelse.

For søjler af stål Fe430 kan bæreevnen øges med ca. 6%.

Regningsmæssig bæreevne af IPE- og HE..B-søjler (kN)

Normal sikkerhedsklasse. Fe 360, normal materialekontrol.

Pilene i skitserne angiver udknækningsretning.

• foran bæreevne angiver $l_i/l_i > 200$.

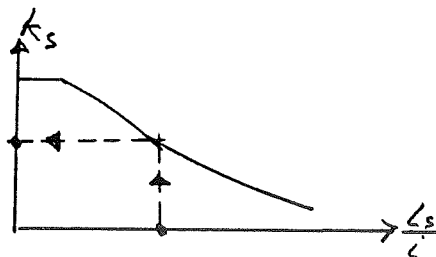
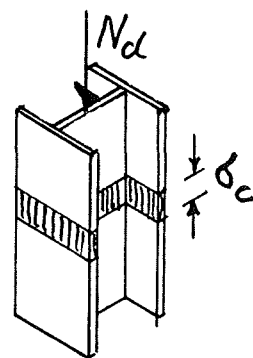
	knæk- længde m	profil nr.			
		80	100	120	140
IPE 	1,5	39,8	70,4	114	167
	2	24,0	43,5	73,0	112
	2,5	•15,9	•29,1	49,6	77,3
	3			•35,6	56,0
	3,5				•42,3
	4				
IPE 	2	117	170	225	286
	2,5	102	158	216	277
	3	84,7	143	203	266
	3,5	68,4	124	187	253
	4	55,2	106	168	236
	5	37,4	75,1	129	195
	6	26,7	54,7	96,7	154
	8	•15,5	32,2	58,3	96,3
HE..B 	2		278	426	593
	2,5		216	352	512
	3		168	285	433
	3,5		132	231	362
	4		106	189	303
	5		72,1	131	215
	6		•51,9	95,6	159
	8			•56,8	•95,7

Spændingsbestemmelse.

$$\sigma_c = \frac{N_d}{A} \leq f_{sd} = k_s \cdot f_{yd}$$

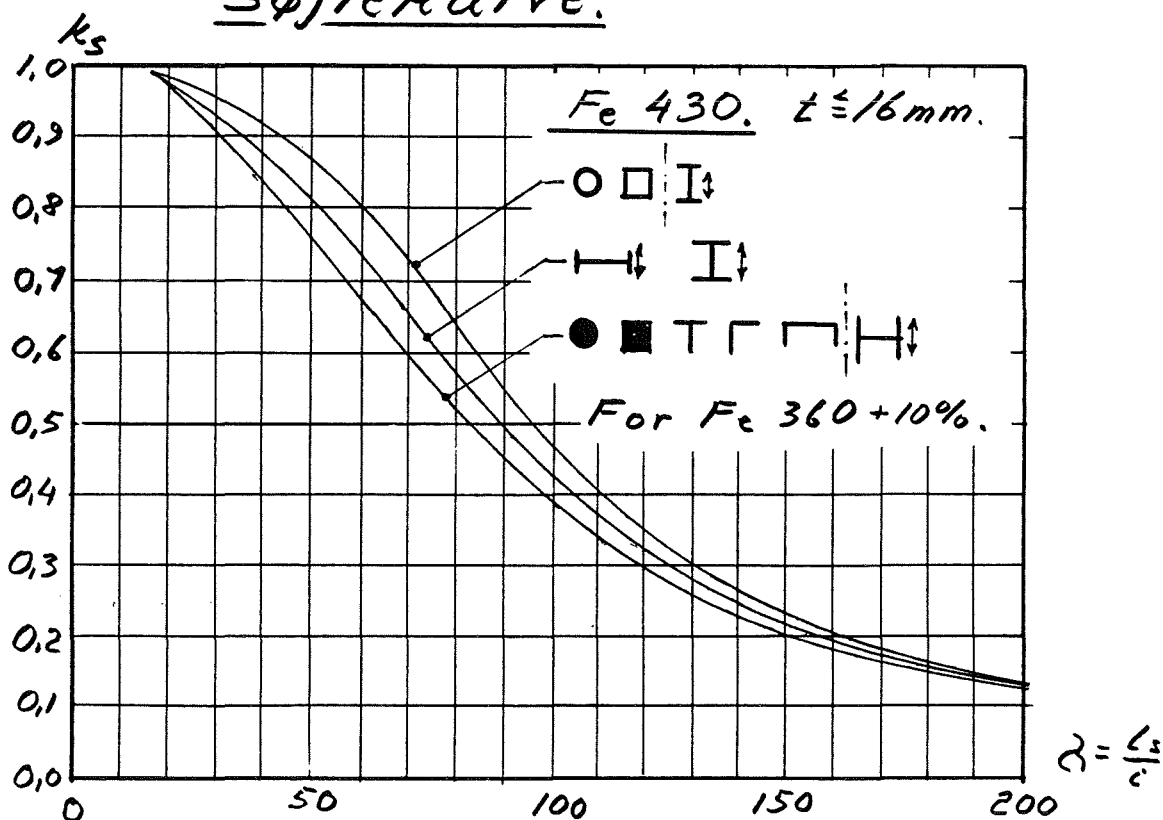
Hvor søjlefaktoren k_s findes af slankhedsforholdet λ .

$$\lambda = \frac{l_s}{i} \rightarrow k_s$$



i er tværsnittets inertiradius.

Søjlekurve.



Bæreevnebestemmelse.

$$N_{ud} = A \cdot k_s \cdot f_{yd} \geq N_d$$

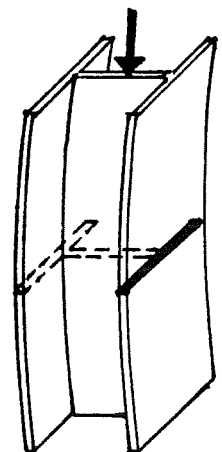
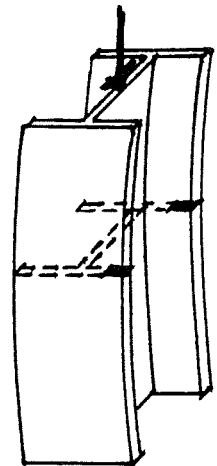
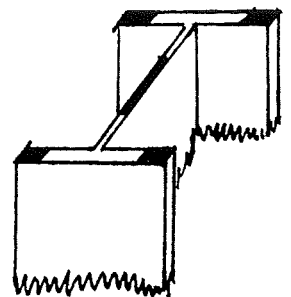
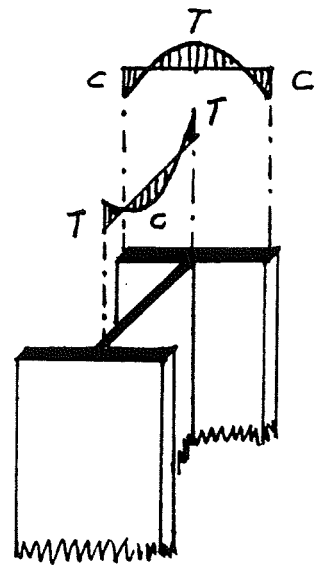
Egenspændinger.

På grund af uens afkøling under valsningen opstår der egenspændinger i profilstålene. Hvor afkølingen sker først kommer der trykspændinger (c), og hvor afkølingen sker sidst kommer der trækspændinger (T).

For det viste profil betyder dette, at der er tryk i de markerede områder selv om profilet er ubelastet.

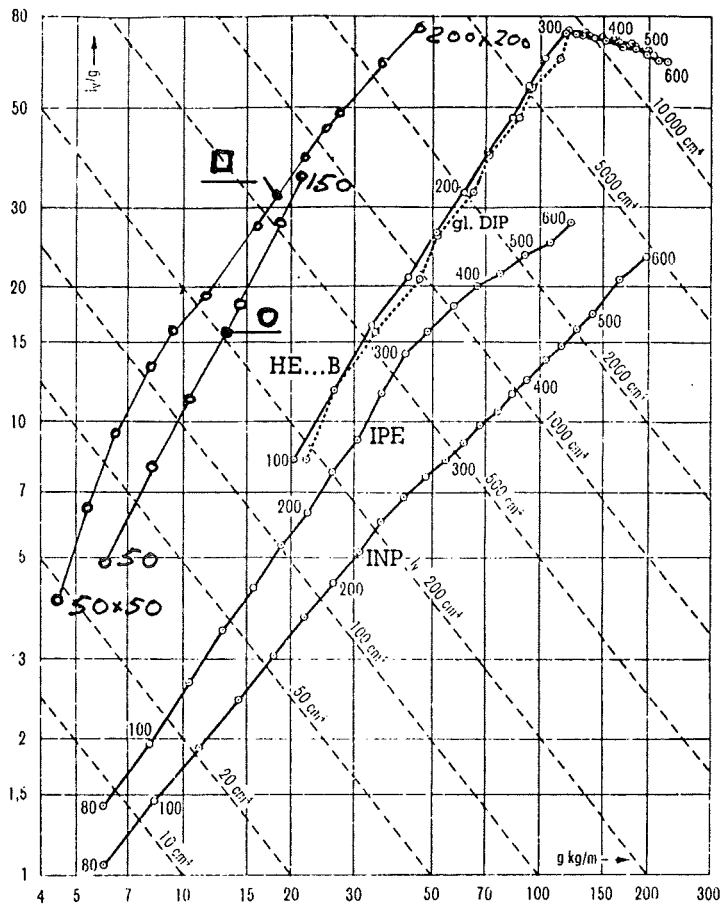
Hvor det er nødvendigt kan egenspændingerne i nogen grad fjernes ved afspændingsglødning.

Ved en belastet søjle vil spændingerne fra lasten, alt efter udbøjningsretning falde mer eller mindre sammen med egenspændingerne, derfor er det nødvendigt med flere søjlekurver.



Økonomisk valg af søjleprofil.

Sammenligning mellem søjlestivhed pr. kg (I_y/g) for nogle valsedede profilstål.



Eksempel 7.

Pylon (søjle)

$$N_d = 260 \text{ kN}$$

F_e 430 - SIK. N. - NMK.

$$N_d (F_e 360) = 260 \cdot 1,06 = \underline{276 \text{ kN}}$$

Valg iflg. TS. HE 140 B.

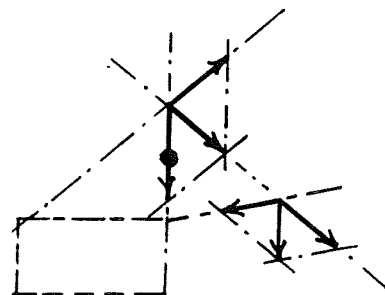
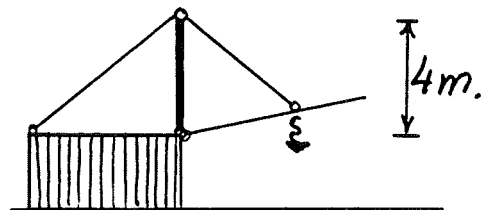
$$A = 4,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^2, \quad i_{\min} = 35,8 \text{ mm}.$$

$$\frac{L_s}{i_{\min}} = \frac{4000}{35,8} = 112 \rightarrow \underline{k_s = 0,33}$$

$$\sigma_c = \frac{260 \cdot 10^3}{4,3 \cdot 10^3} = \underline{60,47 \text{ N/mm}^2}$$

$$f_{sd} = 0,33 \cdot 215 = \underline{70,95 \text{ N/mm}^2}$$

$$\underline{\sigma_c = 60,47 \text{ N/mm}^2 \leq f_{sd} = 70,95 \text{ N/mm}^2}$$



Tværbelastede trækstænger.Ekscentrisk træk.

Dobb. sym. valset tværsnit.

Konstruktionseksempel.

Statisk model.

Snitkræfter { moment.
tværkraft.
normalkraft.Dimensionering.

Bøjning. $W \geq \frac{M_d}{f_{yd}}$ } grundlag
 Træk. $A \geq \frac{N_d}{f_{yd}}$ } for
 dim. gøet.

Spændingsbestemmelse.

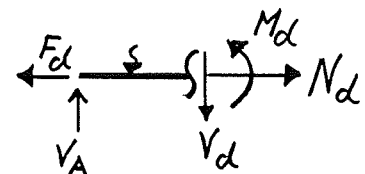
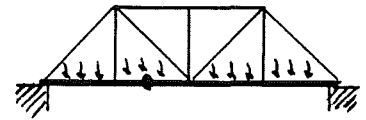
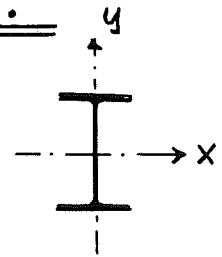
$$\sigma_{t+m} = \frac{N_d}{A} + \frac{M_d}{W} \leq f_{yd}$$

$$\tau = \frac{V_d}{A_{krop}} \leq 0,58 \cdot f_{yd}$$

Deformation

Nedbøjning for tværlast

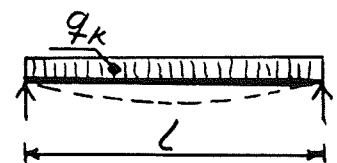
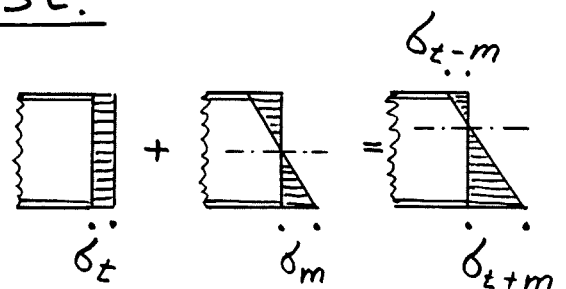
$$v = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E I} \leq \frac{1}{?} \cdot L$$



$$W_x = \frac{I_x}{y_{max}}$$

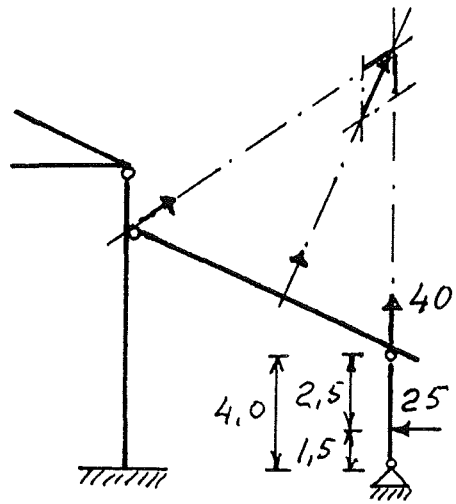
$$I_x = \int_A y^2 \cdot dA$$

$$A = \int_A dA$$



Eksempel 8

Træksøjle med vindlast fra tag, og vandret påkørselslast.



$$F_{vd} = 40 \text{ kN}$$

$$F_{Hd} = 25 \text{ kN}, F_H = 19,23 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = 176 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 0,21 \cdot 10^6 \text{ N/mm}^2$$

$$h \sim \frac{1}{30} \cdot 4000 = 133 \rightarrow 140 \text{ mm } \square$$

$$M_d = \frac{25 \cdot 2,5 \cdot 1,5}{4,0} = 23,44 \text{ kNm}$$

$$W \geq \frac{23,44 \cdot 10^6}{176} = 133 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A \geq \frac{40 \cdot 10^3}{176} = 0,23 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Valg 140x140x7,1 mm firkanttrør

$$N_d = 40 - 4 \cdot 0,29 \cdot 0,85 = 38,84 \text{ kN}$$

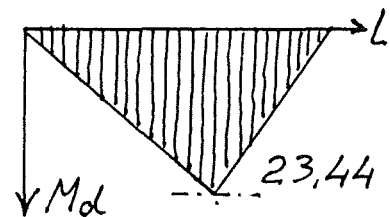
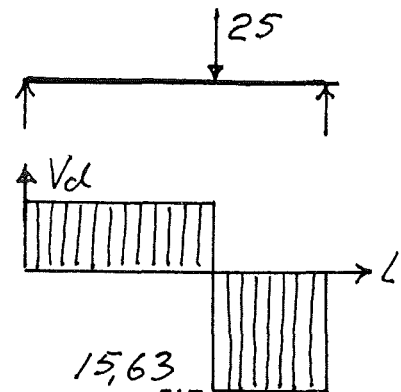
$$\sigma_{t+m} = \frac{38,84 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 10^3} + \frac{23,44 \cdot 10^6}{154 \cdot 10^3} = 162,71 \text{ N/mm}^2 < 176$$

$$V_d = \frac{25 \cdot 2,5}{4,0} = 15,63 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{15,63 \cdot 10^3}{2 \cdot 7,1 (140 - 2 \cdot 7,1)} = 8,75 \text{ N/mm}^2 < 0,58 \cdot 176 = 102$$

$$v = \frac{19,23 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 4,0 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^3}{6 \cdot 0,21 \cdot 10^6 \cdot 10,8 \cdot 10^6} \cdot \left[1 - \left(\frac{1,5 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^3} \right)^2 - \left(\frac{2,5 \cdot 10^3}{4,0 \cdot 10^3} \right)^2 \right] = 9,9 \text{ mm}$$

$$v = 9,9 \text{ mm} \leq \begin{cases} \frac{4000}{200} = 20 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \end{cases}$$

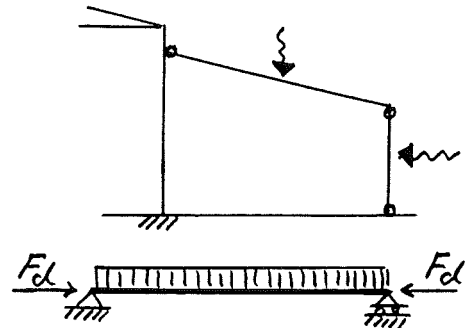


Tværbelastede trykstænger.
Ekscentrisk tryk.

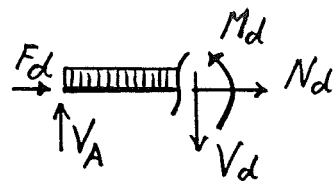
Dobb. sym. valset tværsnit.

Konstruktionseksempel.

statisk model.



snitkræfter { moment
tværkraft.
normalkraft.



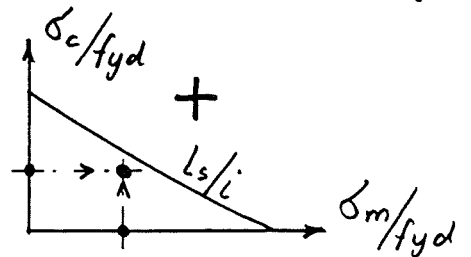
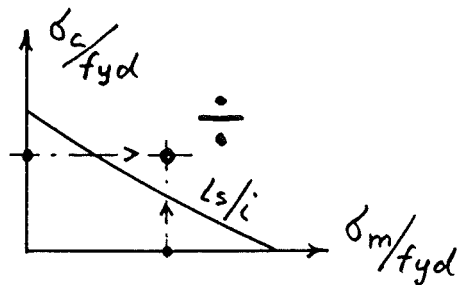
Dimensionering.

Bøjning. $W > \frac{M_d}{f_{yd}}$
Tryk. $A > \frac{N_d}{0,4 \cdot f_{yd}}$ } grundlag for dim. gæt

Spændingsbestemmelse.

$\frac{\sigma_c}{f_{yd}} = \frac{N_d}{A \cdot f_{yd}}$	$\frac{l_s}{l}$
$\frac{\sigma_m}{f_{yd}} = \frac{M_d}{W \cdot f_{yd}}$	

Diagram
side 26

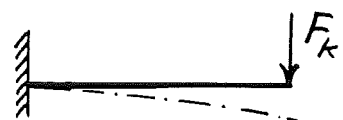


$\xi = \frac{V_d}{A_{krop}} \leq 0,58 \cdot f_{yd}$

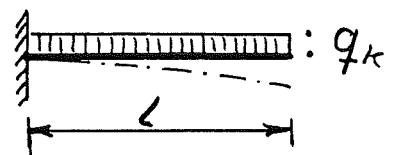
Deformation.

Nedbøjning for tværlast.

$U = \frac{1}{3} \cdot \frac{F_k \cdot L^3}{E \cdot I} \leq \frac{1}{?} \cdot L$
--



$U = \frac{1}{8} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I} \leq \frac{1}{?} \cdot L$
--



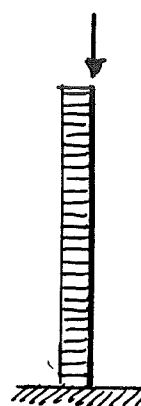
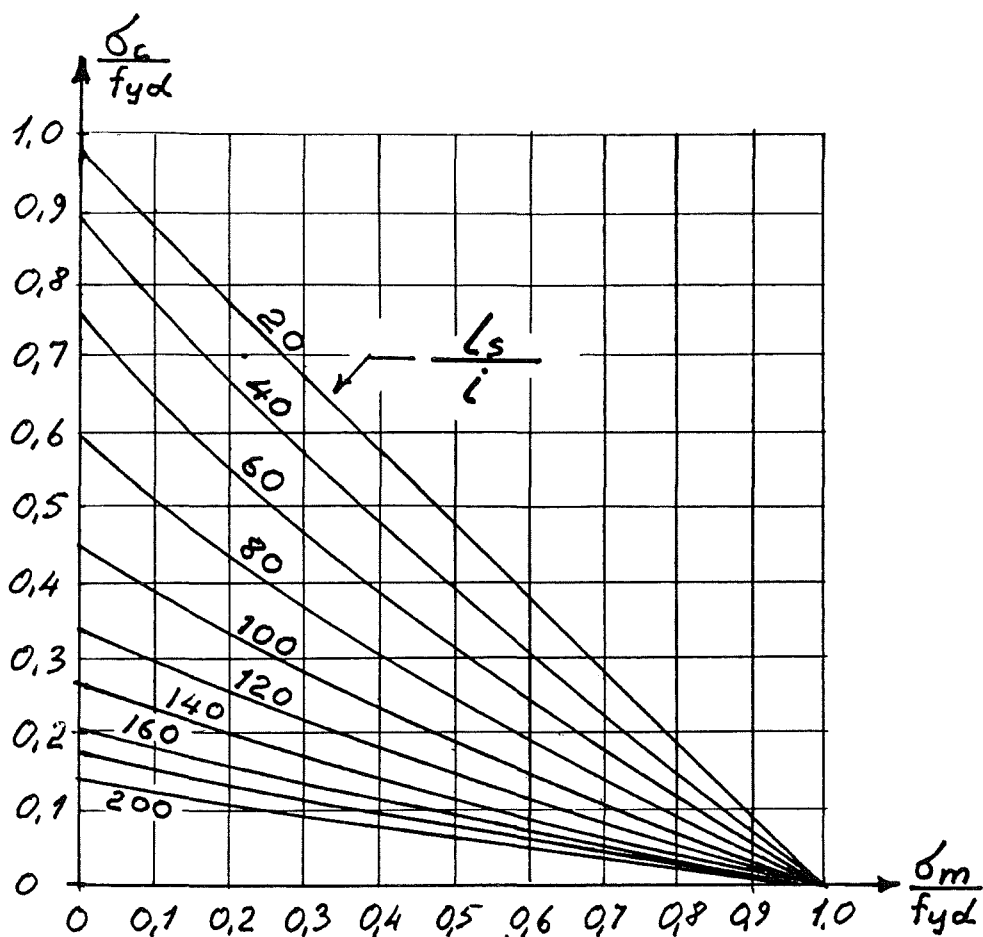
Spændingskontrol af trykstænger med tværlast.

Forudsætninger:

Stål. Fe 430

$16 \leq t \leq 40 \text{ mm}$

NSK og NMK.



Eksempel 9.

søjle med tag- og vindlast.

$$F_d = 150 \text{ kN}, \quad w_k = 2,5 \text{ kN/m}.$$

$$F_e \text{ 430B} \quad \left\{ \begin{array}{l} f_{yd} = 207 \text{ N/mm}^2 \\ E = 0,21 \cdot 10^6 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right.$$

$$h \approx \frac{1}{30} \cdot 5000 = \underline{167 \text{ mm}}$$

$$\text{Valg } \underline{\text{IPE 180}}, \quad g \approx 0,2 \text{ kN/m}$$

$$N_d = 150 + 0,2 \cdot 5 = \underline{151 \text{ kN}}$$

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 2,5 \cdot 1,3 \cdot 5^2 = \underline{10,15 \text{ kNm}}$$

$$V_d = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 1,3 \cdot 5 = \underline{8,13 \text{ kN}}$$

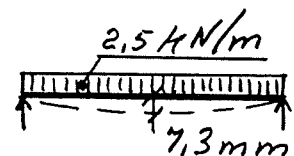
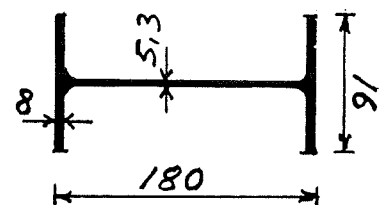
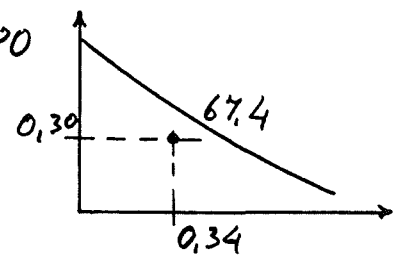
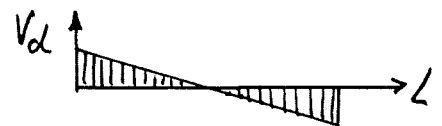
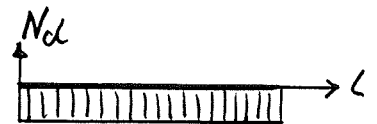
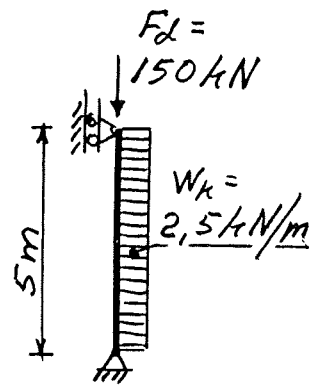
$$\left. \begin{array}{l} \frac{\sigma_c}{f_{yd}} = \frac{151 \cdot 10^3}{2,39 \cdot 10^3 \cdot 207} = \underline{0,30} \\ \frac{\sigma_m}{f_{yd}} = \frac{10,15 \cdot 10^6}{146 \cdot 10^3 \cdot 207} = \underline{0,34} \\ \frac{l_s}{l_{\max}} = \frac{5000}{74,2} = \underline{67,4} \end{array} \right\} \text{IPE 180 OK.}$$

$$\tau = \frac{8,13 \cdot 10^3}{5,3 (180 - 2 \cdot 8)} = \underline{9,35 \text{ N/mm}^2}$$

$$\tau = 9,35 \text{ N/mm}^2 < 0,58 \cdot 207 = 120$$

$$U = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,5 \cdot 5^4 \cdot 10^{12}}{0,21 \cdot 10^6 \cdot 13,2 \cdot 10^6} = \underline{7,3 \text{ mm}}$$

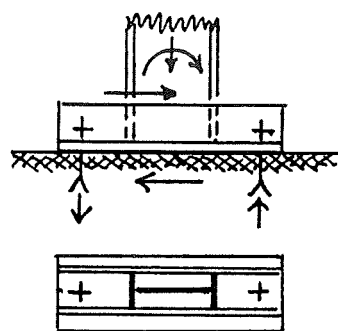
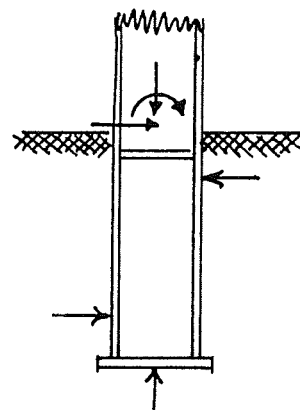
$$U = \underline{7,3 \text{ mm}} < \left\{ \begin{array}{l} \frac{5000}{200} = \underline{25 \text{ mm}} \\ \underline{20 \text{ mm}} \end{array} \right.$$



Indspænding af stabiliserende søjler.

Søjler kan indspændes ved nedstøbning i fundamentet, her vil flangerne overføre de vandrette kræfter og momentet, og de lodrette kræfter overføres via en påsvejst fodplade.

Søjler kan også indspændes med ankerbolte via en tyk fodplade med evt. afstivningsribber.

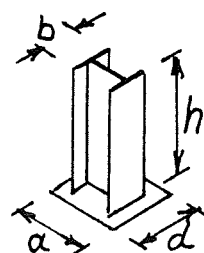
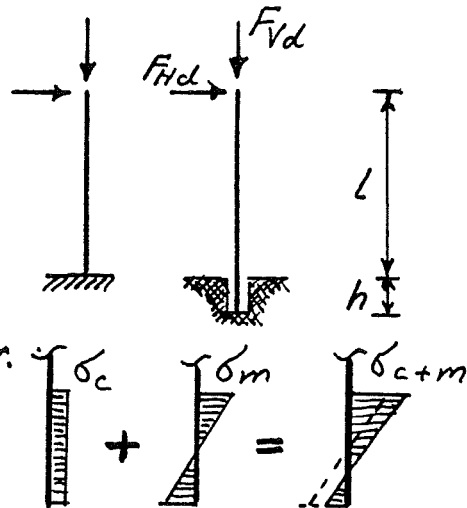


Søjle indspændt ved nedstøbning

$$M_d = F_{Hd} \cdot (L + h/2)$$

$$\sigma_{c+m} = \frac{F_{Hd}}{b \cdot h} + \frac{M_d}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} \leq \text{betonstyr.}$$

$$\sigma_c = \frac{F_{vd}}{a \cdot d} \leq \text{betonstyrke}$$

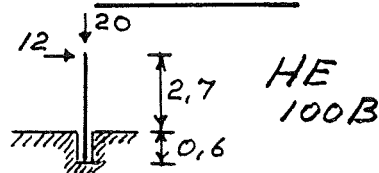


Eksempel 10.

$$M_d = 12 \left(2,7 + \frac{0,6}{2} \right) = \underline{36 \text{ kNm}}$$

$$\sigma_{c+m} = \frac{12 \cdot 10^3}{100 \cdot 600} + \frac{36 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 600^2} = 0,2 + 6,0 = \underline{6,2 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_c = \frac{20 \cdot 10^3}{120 \cdot 120} = \underline{1,39 \text{ N/mm}^2}$$



Søjle indspændt med ankerbolte.

$$M_d = F_{Hd} \cdot L$$

$$\left. \begin{matrix} T \\ c \end{matrix} \right\} = -\frac{F_{vd}}{2} + \frac{M_d}{h_i} = \left\{ \begin{matrix} (- = \text{tryk}) \end{matrix} \right.$$

$$M_{pl} = C \cdot d$$

$$W_{pl} \geq \frac{M_{pl}}{f_{yd}} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot t^2 \Rightarrow$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{pl}}{b \cdot f_{yd}}}$$

$$\sigma_c = \frac{c}{2 \cdot a \cdot b} \leq \text{betonstyrke}$$

Boltene skal overføre træk og forskydning

$$N_d = \frac{2 \cdot T}{n_{bolte}}$$

$$V_d = \frac{F_{Hd}}{n_{bolte}}$$

(2. p.g.a. halve antal bolte i trækside)

Eksempel 11.

$$f_{yd} = 176 \text{ N/mm}^2$$

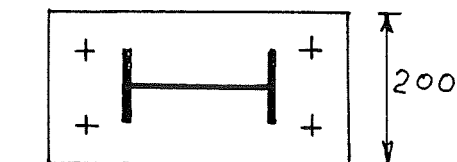
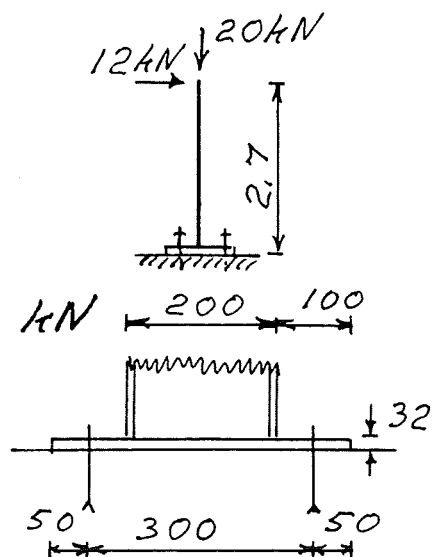
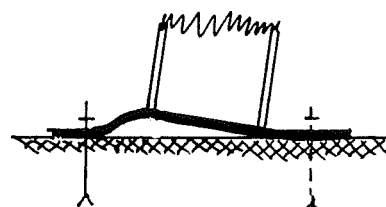
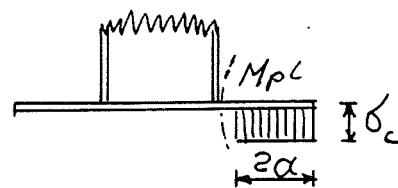
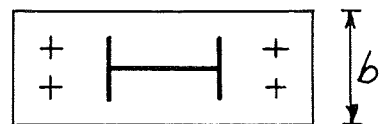
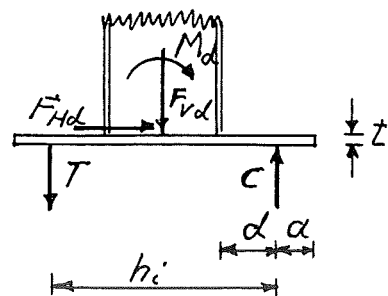
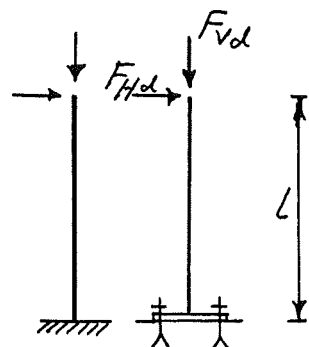
$$M_d = 12 \cdot 2,7 = 32,4 \text{ kNm}$$

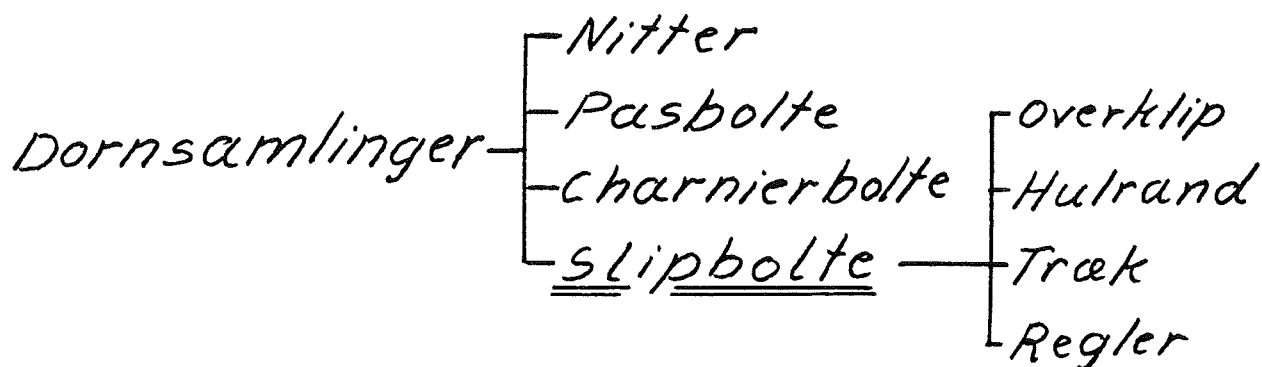
$$\left. \begin{matrix} T \\ c \end{matrix} \right\} = -\frac{20}{2} + \frac{32,4}{0,3} = -10 \pm 108 = \left\{ \begin{matrix} 98 \\ -118 \end{matrix} \right.$$

$$M_{pl} = 118 \cdot 0,05 = 5,9 \text{ kNm}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot 5,9 \cdot 10^6}{200 \cdot 176}} = 32 \text{ mm}$$

$$\sigma_c = \frac{118 \cdot 10^3}{2 \cdot 50 \cdot 200} = 5,9 \text{ N/mm}^2 \leq f_{cd}$$

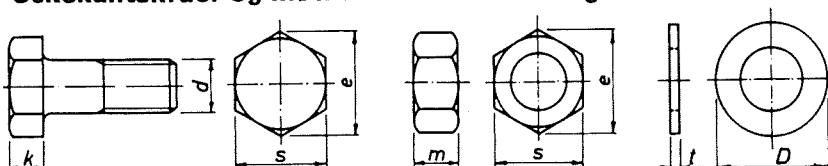


BOLTSAMLINGER

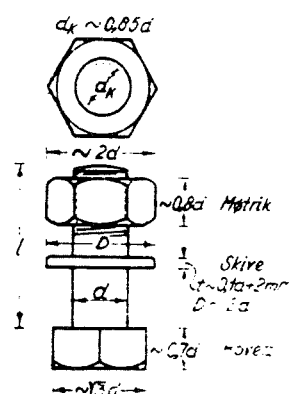
Friktionssamlinger — Spændbolte

Boltes data.

Sekskantskruer og møtrikker med metrisk gevind



Ydre gevind-diameter d mm	Kerne-diam. d_k mm	Kerne-areal A_k mm ²	Spændings-areal A_s mm ²	Skaft-areal A mm ²	Nøgle-vidde s mm	Hjørne-mål e mm	Hoved-højde k mm	Møtrik-højde m mm	Underlagsskive	
									diam. D mm	tykkelse t mm
M 8	6,65	34,7	37,6	50,3	13	15,0	5,5	6,5	17	1,6
M 10	8,38	55,1	59,5	78,5	17	19,6	7	8	21	2
M 12	10,1	80,2	86,3	113	19	21,9	8	10	24	2,5
M 14	11,8	110	118	154	22	25,4	9	11	28	2,5
M 16	13,8	150	160	201	24	27,7	10	13	30	3
M 20	17,3	235	250	314	30	34,6	13	16	37	3
M 22	19,3	292	309	380	32	37,0	14	18	39	3
M 24	20,7	338	360	452	36	41,6	15	19	44	4
M 27	23,7	443	468	573	41	47,3	17	22	50	4
M 30	26,2	540	571	707	46	53,1	19	24	56	4
M 36	31,7	788	831	1018	55	63,5	23	29	66	5
M 42	37,1	1083	1140	1385	65	75,1	26	34	78	7
M 48	42,6	1424	1498	1810	75	86,6	30	38	92	8

Boltes styrke/kvalitet.

Mærkning af kvalitetsbolte.

Efter DS/iso 898/1 og 2 for træk- og dornbolte

Kvalitetsklasse	3.6	4.6	4.8	5.6
Trækstyrke	300	400		500

Kvalitet 4.6 $\left\{ \begin{array}{l} f_u = 400 \text{ N/mm}^2 \\ f_y = 0,6 \cdot f_u \end{array} \right.$

Regn. boltstyrker.

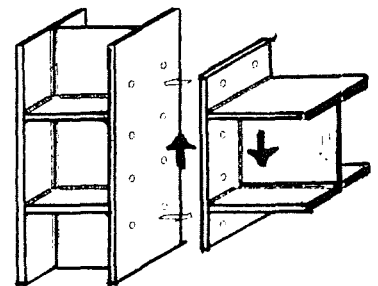
BOLTEKVALITETSKLASSE DS/ISO 898/1	KARAKTERISTISK VERDI		REGNINGSMÆSSIG VERDI $f_{\text{bolt}} \text{ N/mm}^2$		
	f_{y2} N/mm ²	f_{u2} N/mm ²	SIKKERHEDSKLASSE		
			LAV	NORMAL	HØJ
3.6	180	300	157	141	128
4.6	240	400	209	188	170
4.8	320	400	278	250	227
5.6	300	500	261	234	213
5.8	400	500	348	313	284
6.8	480	600	417	375	340
8.8	640	800	557	500	454
9.8	720	900	626	563	511
10.9	900	1000	709	641	581
12.9	1080	1200	851	769	698

f_{bolt} angiver den mindste (dimensionsbestemmende) af de to værdier f_{yd} og f_{ud} .

De anførte regningsmæssige værdier er baseret på partialkoefficienter svarende til normal materialekontrol.

SLIPBOLTE.

Tværslast $\left\{ \begin{array}{l} \text{Overklip} \\ \text{Hulrand} \end{array} \right.$

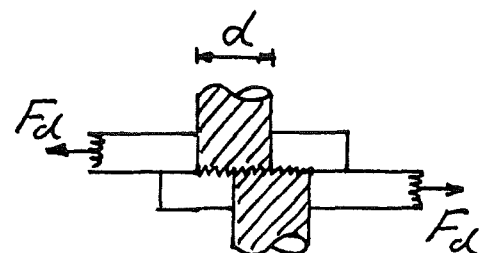


1-snitsforbindelser.

overklip (ren forskydning)

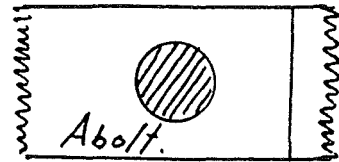
spænding.

$$\tau = \frac{F_d}{A_{\text{skæft}}} \leq 0,58 \cdot f_{\text{bolt}}$$



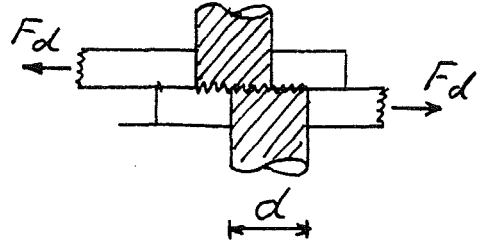
Bæreevne.

$$F_{ud} = A_{skaft} \cdot 0,58 \cdot f_{bolt} \geq F_d$$



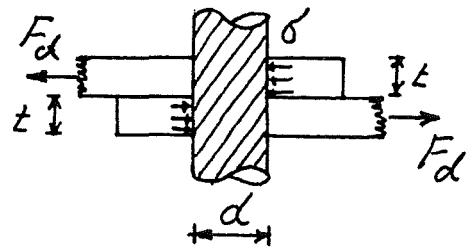
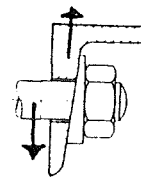
Dimensionering.

$$A_{skaft} \geq \frac{F_d}{0,58 \cdot f_{bolt}}$$

Hulrand-kantryk.

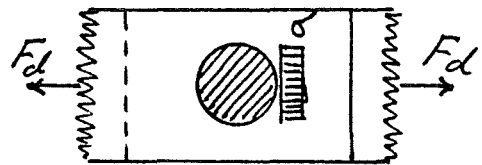
Spænding.

$$\sigma = \frac{F_d}{t \cdot d} \leq \frac{f_{yd}}{0,65}$$



Bæreevne.

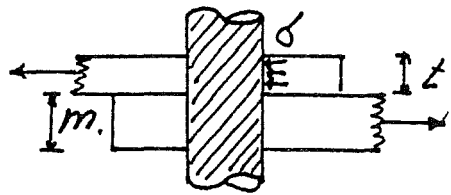
$$F_{ud} = t \cdot d \cdot \frac{f_{yd}}{0,65} \geq F_d$$



Dimensionering.

$$t \geq \frac{F_d \cdot 0,65}{d \cdot f_{yd}}$$

Ved forskellig pladetykkelse er forudsætningen at: $t \geq m$.



Eksempel 12.

$$F_d = 95,00 \text{ kN}$$

$$f_{\text{bolt}} = 500 \text{ N/mm}^2, f_{yd} = 215 \text{ N/mm}^2$$

$$m = 12 \text{ mm.}$$

$$A_{\text{skaft}} = \frac{95,0 \cdot 10^3}{0,58 \cdot 500} = \underline{328 \text{ mm}^2}$$

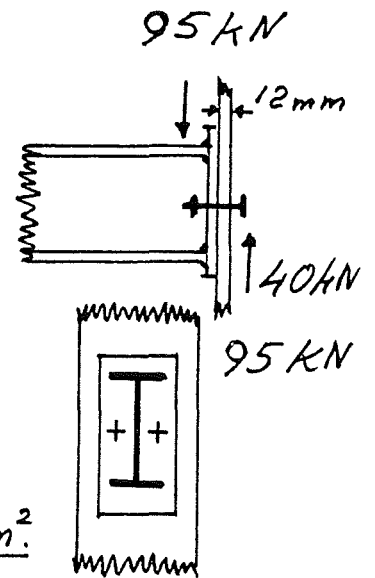
$$\underline{2 \text{ M16.}} \quad A_{\text{skaft}} = 2 \cdot 201 = \underline{402 \text{ mm}^2} > 328 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{95,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 201} = \underline{236 \text{ N/mm}^2} \leq 0,58 \cdot 500 = \underline{290 \text{ N/mm}^2}$$

$$t = \frac{95,0 \cdot 10^3 \cdot 0,65}{16 \cdot 2 \cdot 215} = \underline{8,98 \text{ mm}} \rightarrow \underline{10 \text{ mm.}}$$

$$t = 10 \text{ mm} < m = 12 \text{ mm.}$$

$$\sigma = \frac{95,0 \cdot 10^3}{10 \cdot 2 \cdot 16} = \underline{297,0 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{215}{0,65} = \underline{330 \text{ N/mm}^2}$$

2-snittsforbindelser.Overklip.

Spænding.

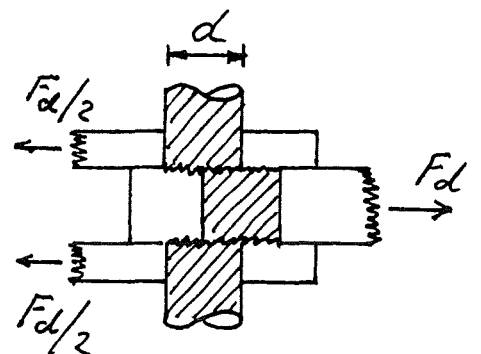
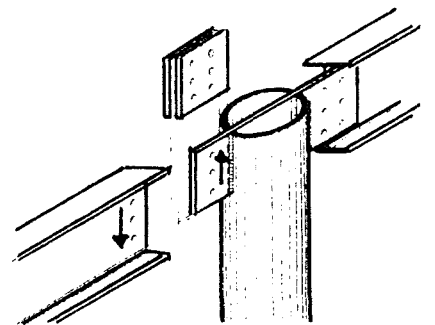
$$\tau = \frac{F_d}{2 \cdot A_{\text{skaft}}} \leq 0,58 \cdot f_{\text{bolt}}$$

Bæreevne.

$$F_{\text{ud}} = 2 \cdot A_{\text{skaft}} \cdot 0,58 \cdot f_{\text{bolt}} \geq F_d$$

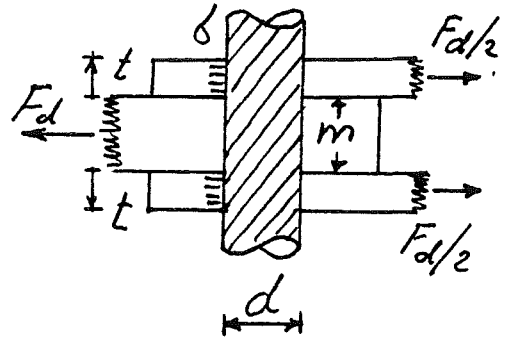
Dimensionering

$$A_{\text{skaft}} \geq \frac{F_d}{2 \cdot 0,58 \cdot f_{\text{bolt}}}$$



Hulrand.Spænding, $m > 2t$

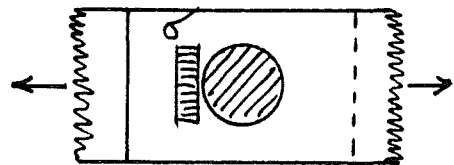
$$\sigma = \frac{F_d}{2 \cdot t \cdot d} \leq \frac{f_{yd}}{0,65}$$

Bæreevne, $m > 2t$

$$F_{ud} = 2 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_{yd}}{0,65} \geq F_d$$

Dimensionering, $m > 2t$

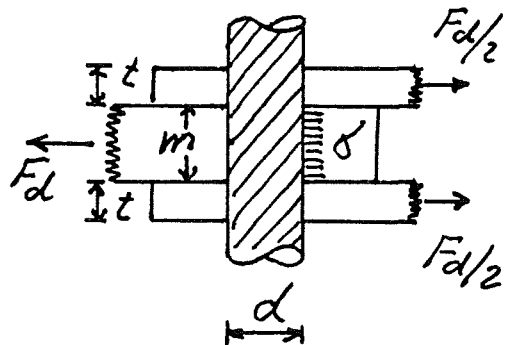
$$t \geq \frac{F_d \cdot 0,65}{2 \cdot d \cdot f_{yd}}$$

Spænding $m < 2t$

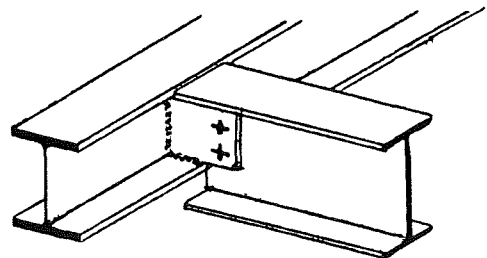
$$\sigma = \frac{F_d}{m \cdot d} \leq \frac{f_{yd}}{0,65}$$

Bæreevne $m < 2t$

$$F_{ud} = m \cdot d \cdot \frac{f_{yd}}{0,65} \geq F_d$$

Dimensionering $m < 2t$

$$m \geq \frac{F_d \cdot 0,65}{d \cdot f_{yd}}$$



I teknisk stabi findes der en tabel for boltens bæreevne.

6.5.3.3 Regningsmæssig bæreevne, træk- og dornbolte. Normal sikkerhedsklasse. Konstruktionsmateriale Fe 360, normal materialekontrol. Bolte kvalitetsklasse 8.8. For andre tilfælde korrigeres tabelværdierne med divisorerne i [6.2.1.1] og efterfølgende tabel.											
bolte- dimen- sion	træk- bæ- evne ¹⁾ (kN)	F _{ud} . overklip- ningsbæ- evne (kN)		F _{ud} . hulrandsbæreevne (kN) ved pladetykkelse (mm) ²⁾							
		1 snit	2 snit	3	4	5	6	7	8	9	
slipbolte ³⁾	M 8	15,7	14,5	29,0	1,78	9,04	11,3	13,6	15,8	18,1	20,3
	M 10	24,8	22,7	45,3	8,47	11,3	14,1	16,9	19,8	22,6	25,4
	M 12	36,0	32,6	65,3	10,2	13,6	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5
	M 14	49,2	44,4	88,9	11,9	15,8	19,8	23,7	27,7	31,6	35,6
	M 16	66,7	58,0	116	13,6	18,1	22,6	27,1	31,6	36,2	40,7

1) Der forudsættes rullet gevind. Ved skåret gevind divideres tabelværdierne med 1,17.

Divisorer til korrektion af de regningsmæssige værdier i tabel [6.5.3.3]		
bolte kvalitet/ materialestyrke- klasse	divisor	
træk bæreevne	3,6	3,56
	4,6	2,67
overklipnings bæreevne	4,8	2,00
	5,6	2,13
	5,8	1,60
	6,8	1,33
	8,8	1,00
hulrands bæreevne	Fe 360	1,00
	Fe 430	0,85
	Fe 510	0,66

Eksempel 13.

$$F_d = 40,0 \text{ kN}$$

Bolt kvalitet 6.8.

stål Fe 430.

Bolt.

$$\text{Korr. } F_d = 40,0 \cdot 1,33 = \underline{53,2 \text{ kN}}$$

Ifølge tabel 2 M12

$$\text{Korr. } F_d = 53,2 \leq F_{ud} = 2 \cdot 32,6 = \underline{65,2 \text{ kN}}$$

$$\sigma = \frac{40,00 \cdot 10^3}{2 \cdot 113} = \underline{176,99 \text{ N/mm}^2} \leq 0,58 \cdot 375 = \underline{217,50}$$

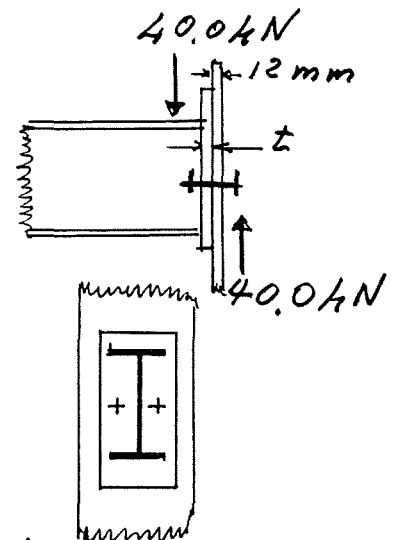
Hulrand.

$$\text{Korr. } F_d = \frac{40,0 \cdot 0,85}{2} = \underline{17,0 \text{ kN pr. bolt.}}$$

Ifølge tabel t = 6 mm.

$$\text{Korr. } F_d = 17,0 \text{ kN} \leq F_{ud} = \underline{20,3 \text{ kN}}$$

$$\sigma = \frac{40,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 6 \cdot 12} = \underline{277,78 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{215}{0,65} = \underline{330,77 \text{ N/mm}^2}$$

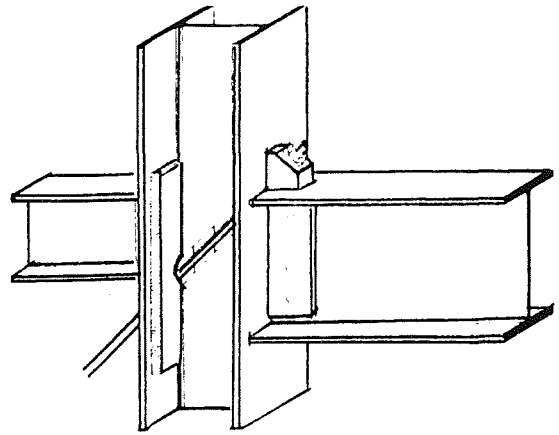


Troekbelastede bolte. spending.

$$\sigma = \frac{N_d}{A_s} \leq \frac{f_{bolt}}{1,2}$$

Bæreevne.

$$N_{ud} = A_s \cdot \frac{f_{bolt}}{1,2} \geq N_d$$



Dimensionering.

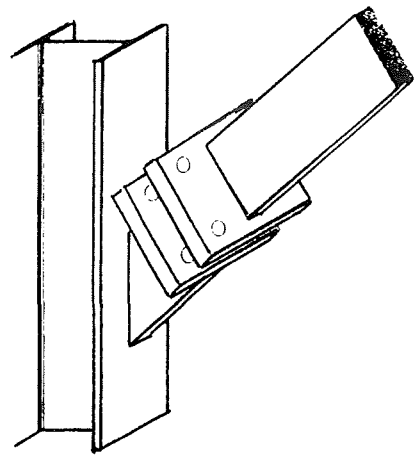
$$A_s \geq \frac{N_d \cdot 1,2}{f_{bolt}}$$

A_s . spændingsareal ved gevind.

1,2. reduktionsfaktor

p.g.a. kærsvirkning

(rullet gevind) ellers 1,4.



Eksempel 14.

Boltkvalitet 4.6.

$$N_d = \underline{20,00 \text{ kN}}$$

$$\text{Korr. } N_d = 20 \cdot 2,67 = \underline{53,4}$$

Iflg tabel M16

$$N_d^{\text{korr}} = \underline{53,4} \leq N_{ud} = \underline{66,7}$$

6.5.3.3 Regningsmæssig bæreevne, træk- og dørbolte.

Normal sikkerhedsklasse. Konstruktionsmateriale Fe 360, normal materialekontrol. Bolte kvalitetsklasse 8.8.

For andre tilfælde korrigeres tabelværdierne med divisorerne i [6.2.1.1] og efterfølgende tabel.

bolte-dimension	N_{ud} træk-bæreevne ¹⁾ (kN)	overklipningsbæreevne (kN)		hulrandsbæreevne (kN) ved pladetykkelse (mm) ²⁾						
		1 snit	2 snit	3	4	5	6	7	8	9
M 8	15,7	14,5	29,0	1,78	9,04	11,3	13,6	15,8	18,1	20,3
M 10	24,8	22,7	45,3	8,47	11,3	14,1	16,9	19,8	22,6	25,4
M 12	36,0	32,6	65,3	10,2	13,6	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5
M 14	49,2	44,4	88,9	11,9	15,8	19,8	23,7	27,7	31,6	35,6
M 16	66,7	58,0	116	13,6	18,1	22,6	27,1	31,6	36,2	40,7

1) Der forudsættes rullet gevind. Ved skåret gevind divideres tabelværdierne med 1.17.

$$\sigma = \frac{20,00 \cdot 10^3}{160} = \underline{125,00 \text{ N/mm}^2} \leq$$

$$\frac{188}{1,2} = \underline{156,67 \text{ N/mm}^2}$$

Divisorer til korrektion af de regningsmæssige værdier i tabel [6.5.3.3]

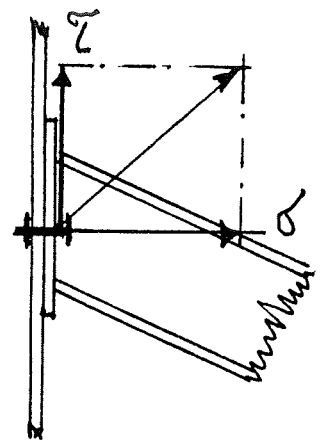
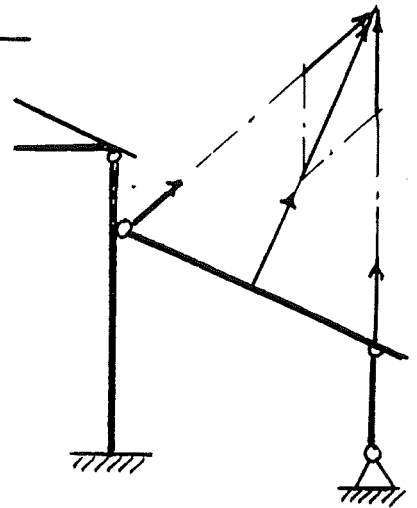
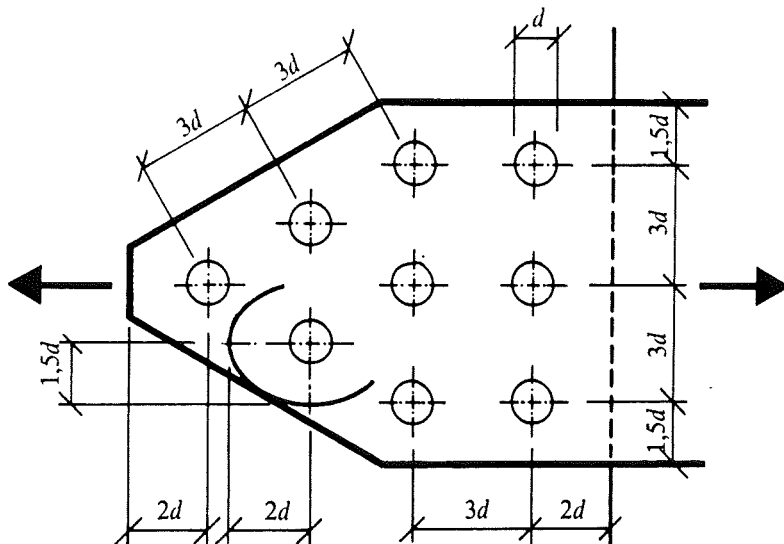
bolte kvalitet/ materialestyrke- klasse	divisor	
trækbæreevne	3,6	3,56
overklipningsbæreevne	4,6	2,67
	4,8	2,00

Træk og forskydning.

Når en bolt er belastet til både træk og forskydning, skal

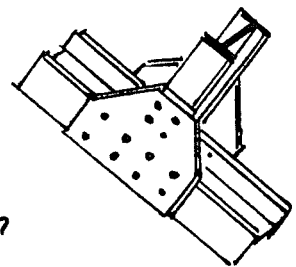
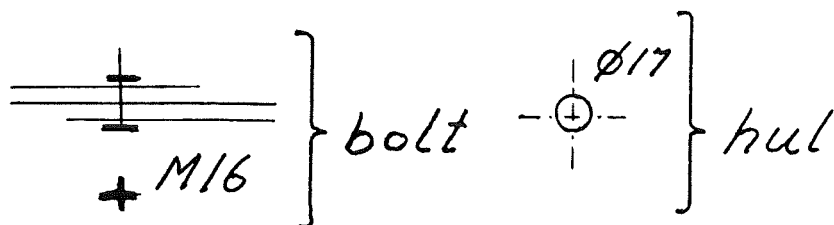
$$\sqrt{(1,2\sigma)^2 + 3(\tau)^2} \leq f_{bolt}$$

også være opfyldt.

Afstandsregler.Udførelse.

$$d_{bolt} < 18\text{mm} \rightarrow d_{hul} \approx d_{bolt} + 1,0\text{mm}$$

$$d_{bolt} \geq 18\text{mm} \rightarrow d_{hul} \approx d_{bolt} + 1,5\text{mm}$$

Signaturer.

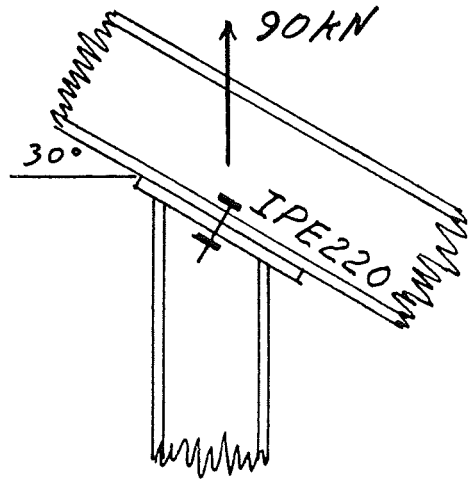
Eksempel 15.

$$F_e \ 430 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} f_{yd} = \underline{215 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{Boltkvalitet 8.8} \rightarrow f_{bolt} = \underline{500 \text{ N/mm}^2}$$

$$N_d = 90,0 \cdot \cos 30^\circ = \underline{77,94 \text{ kN}}$$

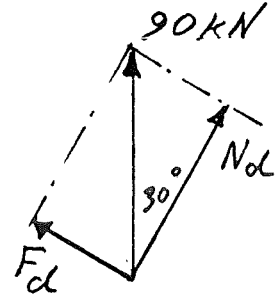
$$F_d = 90,0 \cdot \sin 30^\circ = \underline{45,00 \text{ kN}}$$



Gæt iflg. tabel 2M16

$$N_{ud} = \underline{66,7 \text{ kN}}$$

$$F_{ud} = \underline{58,0 \text{ kN}}$$



$$\sigma = \frac{77,94 \cdot 10^3}{2 \cdot 160} = \underline{243,56 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{500}{1,2} = \underline{416,67}$$

$$\tau = \frac{45,00 \cdot 10^3}{2 \cdot 201} = \underline{111,94 \text{ N/mm}^2} \leq 0,58 \cdot 500 = \underline{290,0}$$

$$\sqrt{(1,2 \cdot 243,56)^2 + 3 \cdot 111,94^2} = \underline{350,73 \text{ N/mm}^2} \leq 500$$

Flange IPE 220, $t = 9,2 \text{ mm}$.

Topplade på søjle, $t = 8 \text{ mm}$.

Hulrand

$$\sigma = \frac{45,00 \cdot 10^3}{2 \cdot 8 \cdot 16} = \underline{175,78 \text{ N/mm}^2} \leq \frac{215}{0,65} = \underline{330}$$

Afstande.

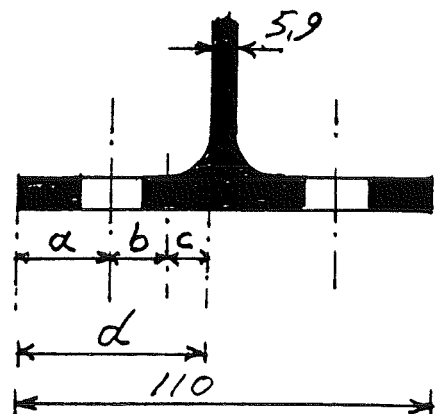
$$a_{\min} = 1,5 \cdot 16 = \underline{24 \text{ mm}}$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2} \cdot 27,7 = \underline{13,85 \text{ mm}}$$

$$c = r = \underline{12 \text{ mm}}$$

$$d = \frac{1}{2} (110 - 5,9) = \underline{52,05 \text{ mm}}$$

$$a + b + c = \underline{49,85 \text{ mm}} \leq 52,05 \text{ mm}$$



SVEJSNING.

Konstruktionsståls svejselighed.

For at svejsningen kan få en ordentlig kvalitet, må der stilles krav til stålets analyse, og krav til frihed for sejring.

Kulstof. C.

Almindelige bløde stål med kulstofindhold op til 0,22% er svejselige.

Fosfor. P.

Fosfor er en urenhed som gør stålet sprødt

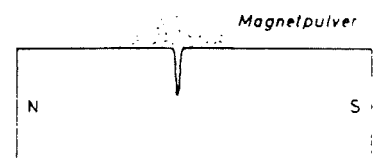
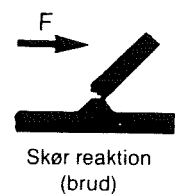
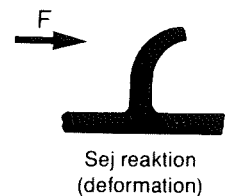
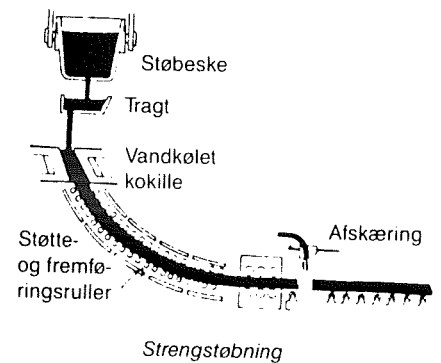
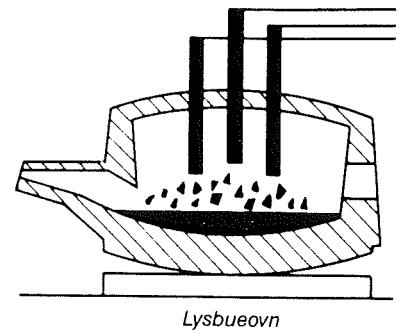
$$P_{\max} 0,06\%$$

Svovl. S.

Svovl er en urenhed som øger risikoen for varmerevner.

$$S_{\max} 0,06\%$$

Stålfremstilling



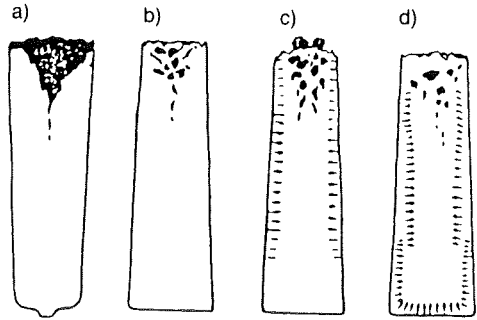
Nitrogen. N.

Nitrogen øger ældnings-tilbøjeligheden i svejsezonerne.

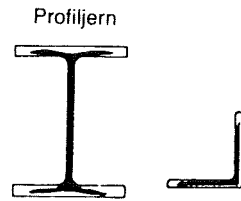
$N_{max} 0,009\%$

Silicium. Si.

Silicium bruges til at berolige stålet, det vil sige det forhindrer gasudviklingen under størkningen af det udstøbte stål. I det beroligede stål er urenhederne jævnt fordelt i stålet hvilket vil sige at der er ingen sejring.



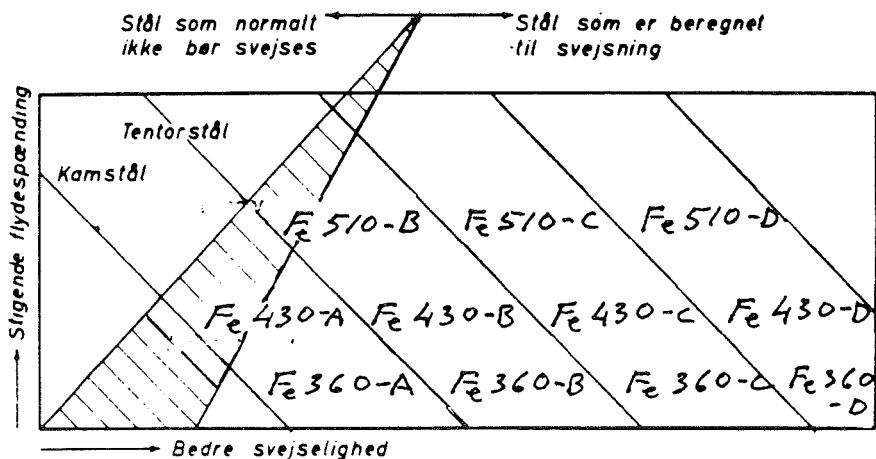
Gennemsnitssavede støbte blokke a) er beroliget stål, b), c) og d) blokke støbt af stål med aftagende beroligelsesgrad (skematisk).

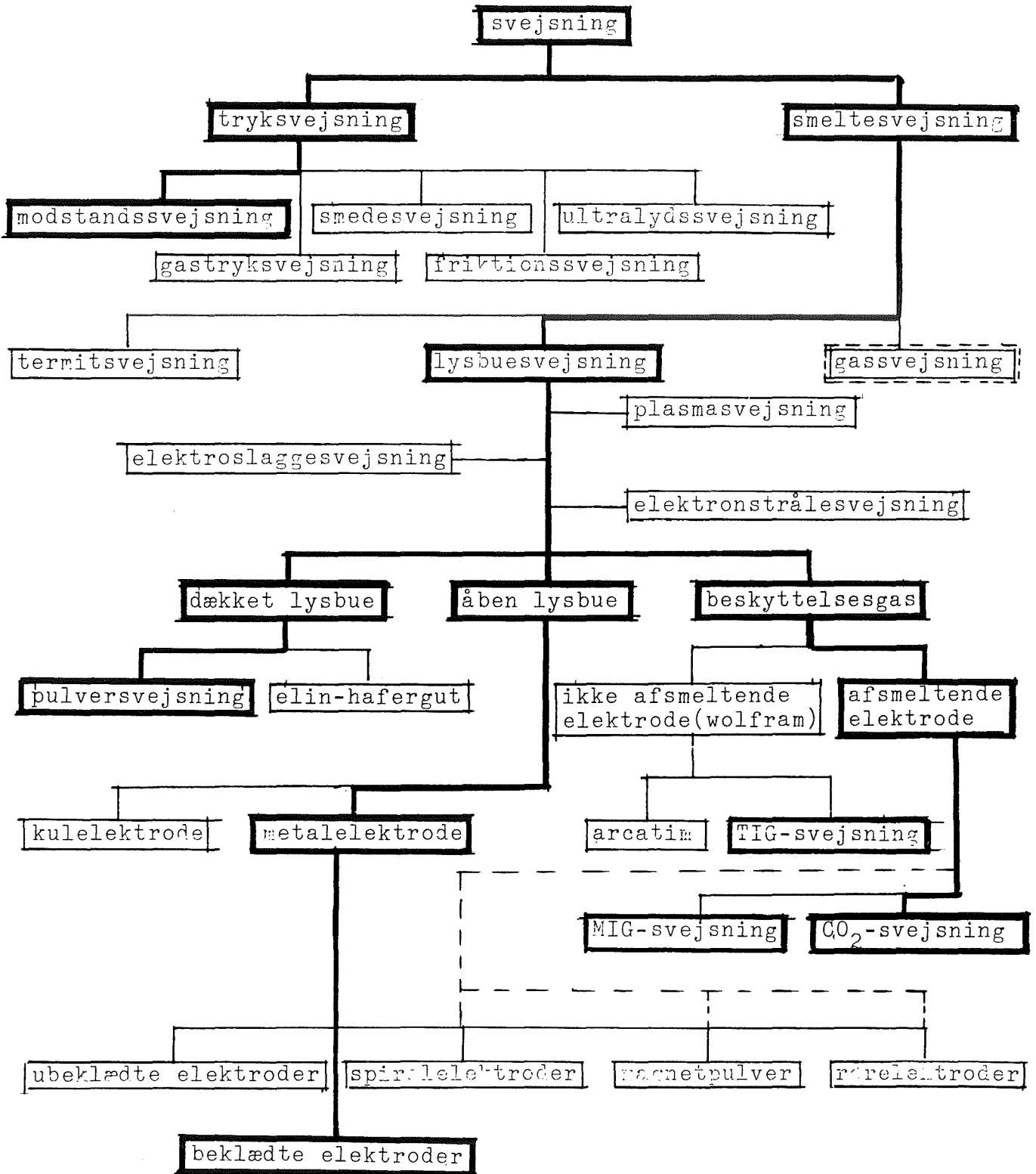


Grovplade

Valset sejret stål. De sorte felter angiver skematisk de sejrede zoner.

Valg af stål-kvalitet se side _____

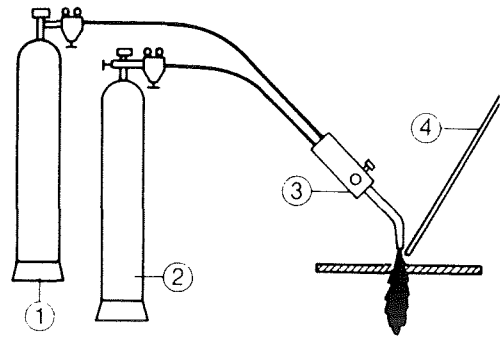


Svejsemetoder.

Gassvejsning.

Varmekilden er som regel en acetylen-oxygen flamme, den opsmeltede fuge tilføres svejsetråd manuelt. Gassen beskytter i nogen grad atmosfærens indflydelse på smeltebadet.

Gassvejsning anvendes til stål op til 5 mm's tykkelse.

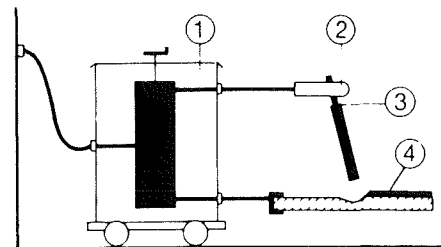
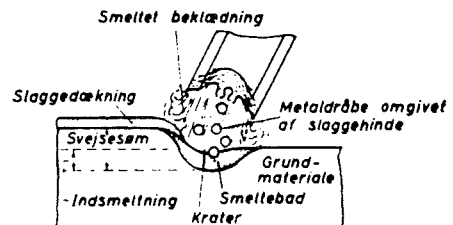


Gassvejsning, 1) Oxygenflaske,
2) Acetylenflaske, 3) Svejsebrænder,
4) Tilsatstråd.

Lysbuesvejsning med beklædt elektrode.

Varmekilden er lysbuen der opsmelter fugen og afsmelter metalelektroden.

Metoden anvendes til stål med tykkelser over 3 mm.

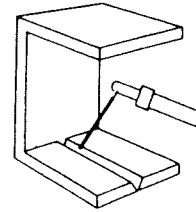


Lysbuesvejsning, 1) Svejsestrømkilde,
2) Svejseelektrodeholder, 3) Svejseelektrode,
4) Slagge.

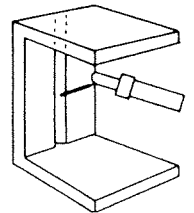
Elektrodebeklædning.

Beklædningen har til opgave at:

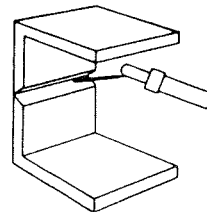
- øge den elektriske ledningsevne i lysbuegabets.
- stabilisere lysbuen.
- beskytte mod atmosfærens indvirkning.
- evt. legering.
- muliggøre forskellige svejsepositioner.



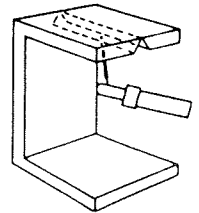
ovened (o/n)



lodret (l/s eller l/i)



sideind (s/i)



underop (u/o)

Sure elektroder.

Beklædningen indeholder sure bestanddele som oxider.

De er varmtsvejende, hurtige og økonomiske. På grund af deres tilbøjelige til at danne varmerevner ved stærke stål, bør de kun anvendes til Fe 360 og Fe 430.

OK 50.10

Letsvejende elektrode af sur type for svejsning i alle stillinger. Især velegnet til svejsning af stående kantsømme. Letlønende slagge.

Beklædningstype: sur

Beskrivelse:

OK 50.10 er en all-round elektrode med sur beklædningstype, som giver svejseømme med særlig glat overflade og letlønende slagge.

Anvendelsesområde:

OK 50.10 anvendes foruden til svejsning af kantsømme og stumpømme også ved stillingsvejsning i almindelige konstruktionstål.

Svejsaanvisninger:

Ved stillingsvejsning anbefales lodret-stigende føring. Hvis det ønskes, kan elektrodetypen strækkes langt.

Mekaniske egenskaber:
 Flydegrænse 350-400 N/mm² (36-41 kp/mm²)
 Brudstyrke 440-490 N/mm² (45-50 kp/mm²)
 Forlængelse (5-D) 28%
 Kontraktion 80%
 Slagsejhed
 Charpy-V +20°C 50 J (5 kpm)

Godkendelser:

DS 317	
Lloyd's Register of Shipping	3
Bureau Veritas	3
Det Norske Veritas	3
American Bureau of Shipping	3

Strømart: ~ eller = (s. afl. 100)

Laveste tomgangsspænding ~ 70 V

Buespænding 22-30 V

Udbytte 95%

Svejsstilling oven-ned, stående kantsøm, lodret-stigende

Svejsmetalanalyse 1% ca.:

C	Si	Mn			
0.1	0.2	0.4			

Klassifikationer:

DS 333/ISO 2560/BS 839 E 51 4 AR 22

AWS/ASME E 8013

DN 1913 E 43 42 AR 7

Rutile elektroder.

Beklædningen indeholder bl. a. silikater og karbonater samt rutil som er en krystalform af titanoxid.

De er lette at arbejde med.

På grund af deres tilbøjelighed til at danne varmerevner ved stærke stål bør de kun anvendes til Fe 360 og Fe 430.

Rutile elektroder er de mest anvendte.

Basiske elektroder.

Beklædningen indeholder calciumfluorid og calciumkarbonat.

De har fremragende mekaniske egenskaber og er derfor gode til stærke stål, samt til udendørs- og hårdt

OK Femax 33.30

Højtudbytteelektrode (130%) til svejsning af kant- og stump-sømme. Giver en glat og sprøjt fri svejsning.

Beklædningsstype: rutil

Beskrivelse:
OK Femax 33.30 er en rutil højtudbytte-elektrode med ca. 130% udbytte. Elektroden er beregnet til svejsning af såvel kantsømme som stumpsømme (også i tyndplade) og er karakteristisk ved, at den ved stumpsømsvejsning kan strækkes usædvanligt langt.

Anvendelsesområde:
OK Femax 33.30 er beregnet til svejsning af almindelige konstruktionsstål, beholderplade samt skibsplade.

Svejsaanvisninger:
OK Femax 33.30 svejses slæbende, d.v.s. med beklædningen hvilende mod arbejdsstykket. Vinklen mellem elektroden og fremføringsretningen skal holdes således, at slaggen følger så tæt på lysbuen som muligt, idet man herved får den bedste slaggeledning og det bedste strengudseende. Ved svejsning af stående kantsøm skal elektroden, såfremt pladetykkelsen er den samme for begge plader, holdes i en vinkel på 45° med begge plader. Er pladetykkelsen forskellig, rettes elektroden mod den tykkere plade. Høststående tabel angiver passende svejse-data (baseret på 35 mm stumpplængde) for svejsning af stående kantsømme med de angivne a-mål.

Mekaniske egenskaber:
Flydegrænse: 410-470 N/mm² (42-48 kp/mm²)
Brudstyrke: 510-550 N/mm² (52-56 kp/mm²)
Forsænkelse (5a): 28%
Kontraktion: 90%
Slagseffekt:
Charpy-V: +20°C 80 J (8 kpm)
0°C 50 J (5 kpm)
-20°C 40 J (4 kpm)

Godkendelser:

DS 317.1	
Lloyd's Register of Shipping	2
Det Norske Veritas	2
TUV. Se side 155	

Bemærk: — eller = (spot)
Laveste tomgangsændring ~ 50 V
Bueafstand: 23-32 V
Udbytte: 130%
Svejsstilling: oven- og stående kantsøm

Svejsemetallanalyse i %:

C	Si	Mn			
0,06	0,2	0,5			

Klassifikationer:
DS 323/ISO 2560/BS 639: E 51 2 PR 130 31
AWS/AASME: E 7024
DIN 1913 E 51 32 PR 11 130

OK 48.04

Basisk elektrode, med langsom fugtoptagelse og et udbytte på 120%. Velegnet til svejsning i alle stillinger, også »backing-svejsning«.

Beklædningsstype: basisk

Beskrivelse:
OK 48.04 er en basisk elektrode med et udbytte på 120%. Den anvendes hvor der stilles krav til svejsemetallets mekaniske egenskaber ned til -20°C. Svejssegenskaberne kan sammenlignes med OK 48.15. Den er velegnet til svejsning i alle stillinger, også backing svejsning. LMA beklædningen gør OK 48.04 mindre fugtfølsom end almindelige basiske elektroder. LMA-egenskaberne er nærmere beskrevet på side 144. (LMA = Low Moisture Absorption = langsom fugtoptagelse).

påvirkede konstruktioner.

De er relativt langsomme.

De er svære at svejse med.

Lysbuesvejsning med beskyttelsesgas.

Ved beskyttelsesgas-svejsning er lysbuen og smeltebadet omgivet af en gasart der yder en beskyttende funktion svarende til elektrodebekloedningen.

TIG svejsning.

(Tungsten inert gas)

Lysbuen brænder mellem en ikke afsmeltende wolframelektrode og svejseemnet.

Der kan tilføres svejsetråd.

Beskyttelsen er den inaktive gasart argon (evt helium).

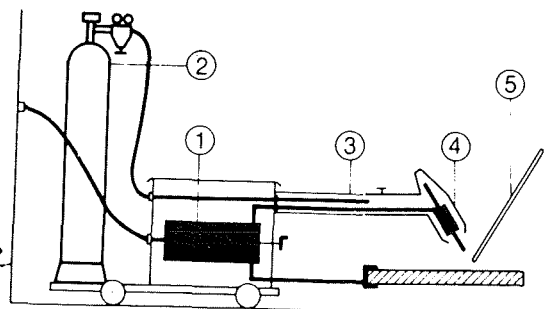
Anvendelsesområde:
OK 48.04 anvendes til svejsning af konstruktionsstål, beholderplade og skibplade til og med typer svarende til den tyske DIN-betegnelse St 52-3 eller tilsvarende mikrolegerede konstruktionsstål med brudstyrke på 520-650 N/mm² og flydegrænse op til ca. 400 N/mm².

Svejsesvejsninger:
Elektroden føres næsten vinkelret på arbejdsstykket med kort lysbue. Ved »backing-svejsning« svejses der med rigelig luft mellem arbejdsstykkene. Elektrodeskift bør udføres så hurtigt, at svejsningen kan fortsættes, mens materialet endnu er rødvart.

Mekaniske egenskaber:
Flydegrænse: 450-510 N/mm² (45-52 kp/mm²)
Brudstyrke: 530-590 N/mm² (54-60 kp/mm²)
Forsænkelse (5x2): 27%
Kontraktion: 65%
Slagethed:
Charpy-V +20°C 100 J (10 kpm)

Svejsemetallanalyse i % ca.:

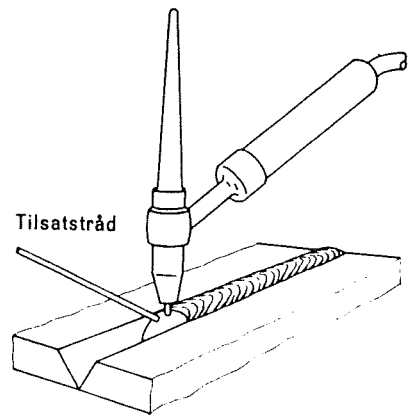
C	Si	Mn
0.1	0.4	1.2



Lysbuesvejsning med beskyttelsesgas og ikke-afsmeltende elektrode, også kaldet TIG-svejsning.

- 1) Svejsestrømkilde, 2) Beskyttelsesgasflaske, 3) Slangepakke, 4) Svejsbrænder med Wolfram-elektrode, 5) Svejsetråd.

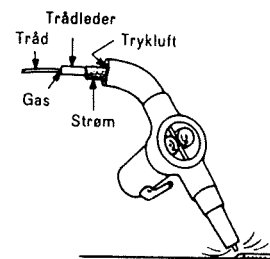
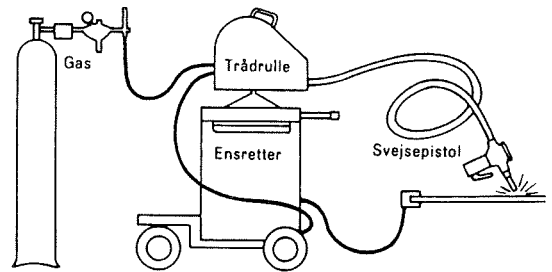
Metoden er velegnet til alle metaller med tykkelser 0,5-4 mm. men bruges sjældent til almindelige stålkonstruktioner på grund af den høje pris på argon.



MIG svejsning.

(Metal inert gas)

Lysbuen brænder med afsmeltende elektrode, men ellers ligesom TIG svejsning.

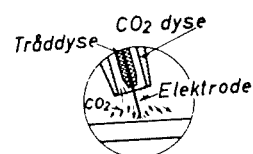
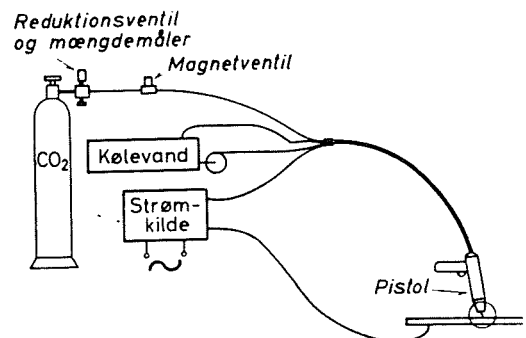


MAG svejsning.

(Metal active gas)

CO₂ svejsning

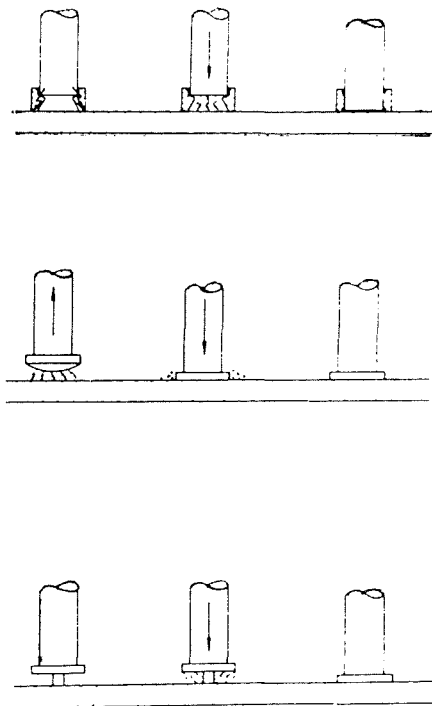
Lysbuen brænder med afsmeltende elektrode og beskyttes af den aktive gas kuldioxid som spaltes i den giftige kulmonoxid samt oxygen som virker



ødelæggende på smeltebadet. Der må derfor anvendes en trådkvalitet legeret med overstud af fortrinsvis silicium og mangan til binding af oxygenet.

Bolt- og tapsvejsning.

Svejsningen foregår ved at der frembringes en lysbue mellem emnet og grundmaterialet. Under svejsningen fastholdes emnet i en pistol med en indbygget fjeder, der udløses og dermed fasttrykker emnet når dets spids begynder at flyde.

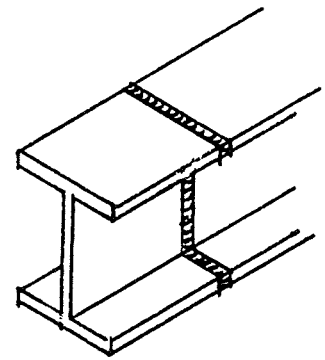


SVEJSESAMLINGER

I svejsesamlinger skal tråden til svejsesømmen mindst have samme styrke som stålet der sammensvejses.

Elektrode	Styrkeklasse Flydespænding σ_{sn} kp/mm ²	Kvalitetsklasse				Beregnet til stål med en minimumbrudstyrke på til og med ¹⁾
		B	C	D		
			Slagsejhed KV 0°C	Slagsejhed KV -20°C	Lavt hydrogen- indhold	
E 42	30—40	X	X	X	—	42 kp/mm ²
E 50	40—55	X	X	X	X	50 kp/mm ²

Det betyder ikke umiddelbart at det svejste tværsnit har samme bæreevne som det valsede, idet denne også afhænger af:



Sømttype — { Stumpsømme
Kantsømme

Sømklasser — { A
B
C

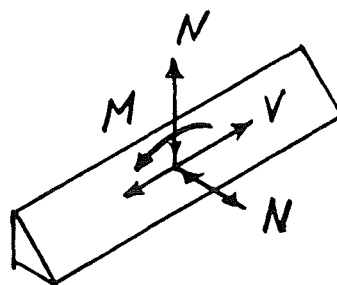
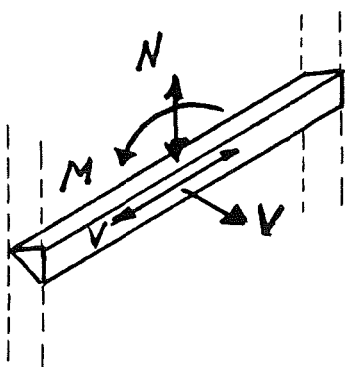
Snitkraft — { Tryk
Træk
Moment
Forskydning

Sømklasser.

Klasse	styrke	Kontrol
A	god	nogen
B	bedre	meget
C	bedst	mest

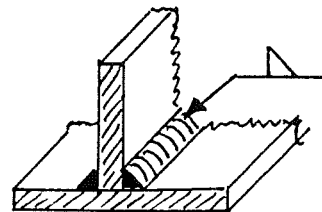
Sømklasser A er almindeligvis tilstrækkelig til husbygningskonstruktioner.

Sømtype	Snitkraft	Sømklasser		
		A	B	C
Stumpsøm	Træk	1,5	1,2	1,0
	Tryk	1,2	1,0	1,0
	Moment	1,5	1,2	1,0
	Forskydning	1,2	1,0	1,0
Kantsøm	Træk	1,8	1,5	1,4
	Tryk	1,4	1,4	1,4
	Moment	1,8	1,5	1,4
	Forskydning	1,2	1,0	1,0

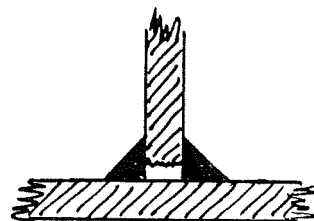
Snitkræfter.

Kantsømme.

Når der svejdes med kantsømme er det ikke nødvendigt at bearbejde kanterne, derfor bliver kantsømme en relativ billig samling.



Kantsømme har visse ulemper f. eks. dårligt kraftforløb og skjulte luftspalter, det dårlige kraftforløb kan i nogen grad afhjælpes, ved at opbygge kantsømme symmetrisk, d.v.s. parvis.

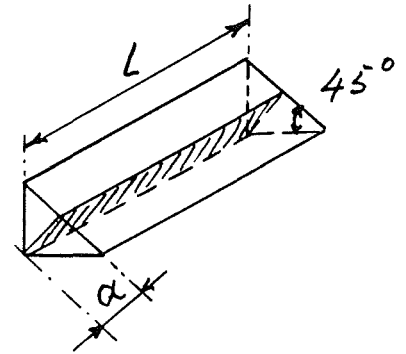


Hvor der ikke gør sig særlige forhold gældende vil man altid vælge 45° kantsømme.

Dimension på kantsøm. $a =$ sømtykkelse

$$3 \text{ mm} \leq a \leq 20 \text{ mm}$$

$L =$ sømlængde. På grund af endekraterne regnes den effektive længde kun til $L - 2a$.

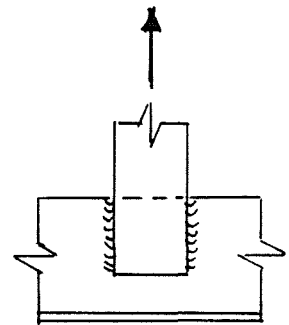


$L_d = L - 2a$, regningsmæssige sømlængde.

$$L_d \geq \begin{cases} 8 \cdot a \\ 40 \text{ mm} \end{cases}$$



Ved stangender




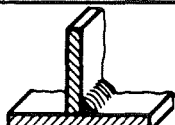

$$L_d \leq 100a$$



$A_d = a \cdot L_d$, regningsmæssigt sømareaal.

Svejsesymboler på tegninger.

Kantsømmes dimension anbefales angivet ved sit a -mål , men kan også angives med sit z -mål .

I-søm, stumpøm		
V-søm, stumpøm		V
1/2 V-søm, stumpøm		V
Kantsøm		

Sømlængde hvis der ikke er angivet nogen længde, skal emnet svejses hele vejen.

Ved stumpsømme kan dimensionen udelades hvis der skal gennensvejses i hele tykkelsen.

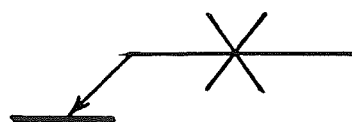
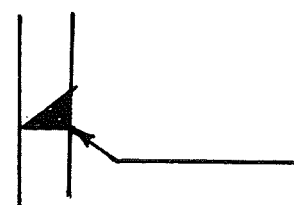
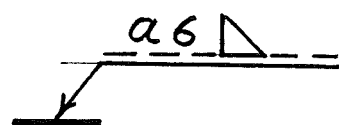
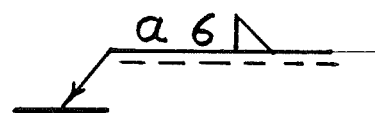
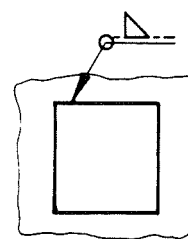
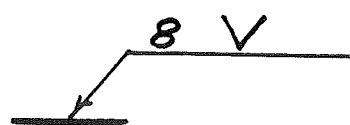
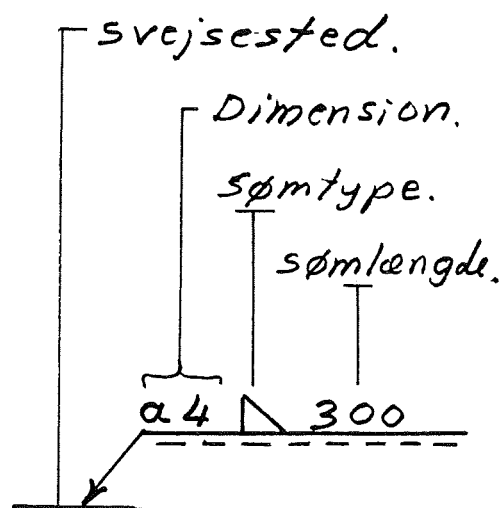
Svejsning hele vejen rundt markeres med en bolle.



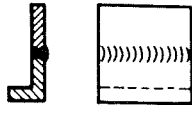
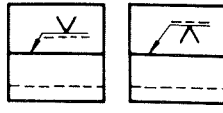
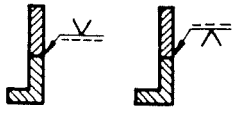

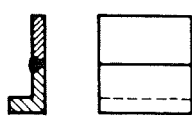
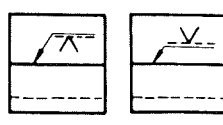
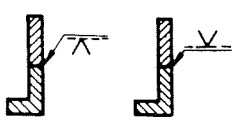


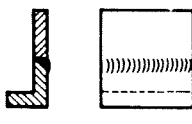
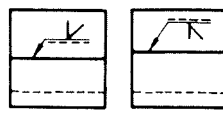
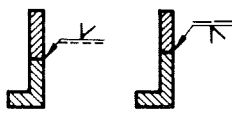

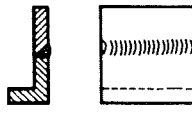
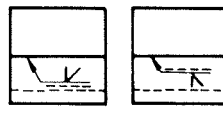
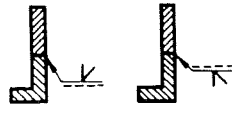

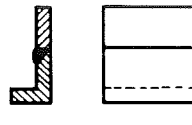
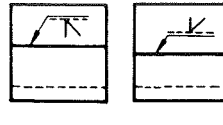


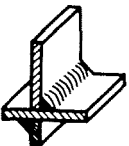
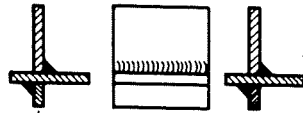
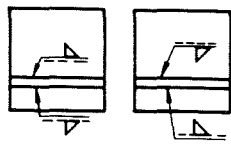
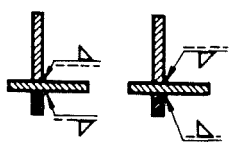
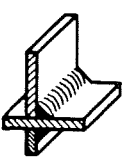
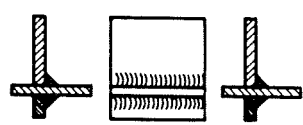
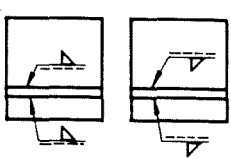
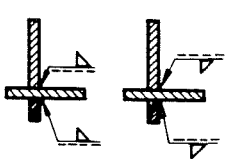
Oplysninger om svejsning på forsiden skrives på fuldstreget linie.

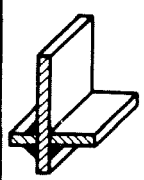
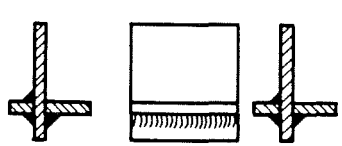
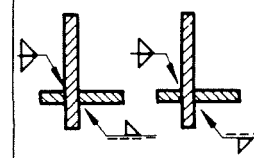
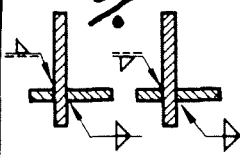
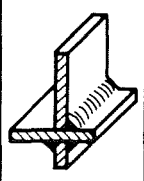
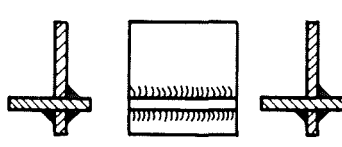
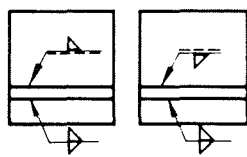
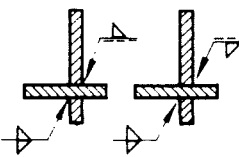
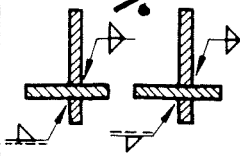
Oplysninger om svejsning på bagsiden skrives på den punkterede linie.

Ved usymmetrisk tildannede stumpfuger skal pilspidsen vende mod den profilerede kant.

Ved symmetriske sømme udelades punkterede linie.



V-søm, stumpsøm 				
				
$\frac{1}{2}$ V-søm, stumpsøm 				
				
				
Kantsøm 				
				

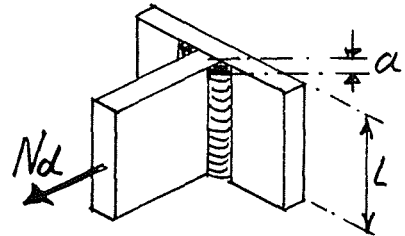
		ikke anbefalet		
				

Spænding, dimensionering og bæreevne, (sømk Klasse A).

Træk: $\sigma_t = 1,8 \cdot \frac{N_d}{2 \cdot a \cdot l_d} \leq f_{yd}$

$$l_d \geq \frac{1,8 \cdot N_d}{2 \cdot a \cdot f_{yd}}$$

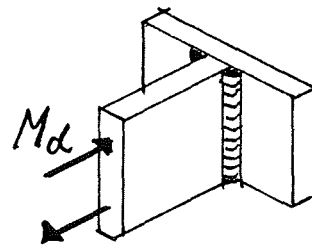
$$N_{ud} = \frac{2 \cdot a \cdot l_d \cdot f_{yd}}{1,8} \geq N_d$$



Moment: $\sigma_m = 1,8 \cdot \frac{M_d}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l_d^2} \leq f_{yd}$

$$l_d \geq \sqrt{\frac{1,8 \cdot M_d}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot f_{yd}}}$$

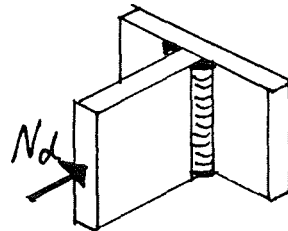
$$M_{ud} = \frac{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot l_d^2 \cdot f_{yd}}{1,8} \geq M_d$$



Tryk: $\sigma_c = 1,7 \cdot \frac{N_d}{2 \cdot a \cdot l_d} \leq f_{yd}$

$$l_d \geq \frac{1,7 \cdot N_d}{2 \cdot a \cdot f_{yd}}$$

$$N_{ud} \geq \frac{2 \cdot a \cdot l_d \cdot f_{yd}}{1,7} \geq N_d$$



Forskydning:

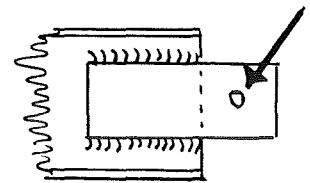
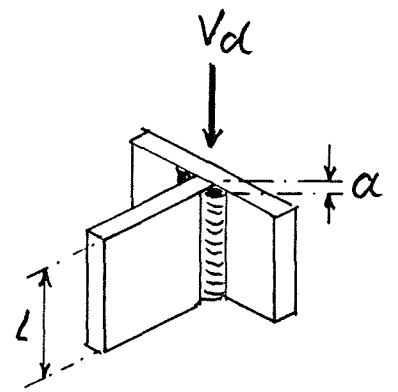
$$\tau = 1,2 \cdot \frac{V_d}{2 \cdot \alpha \cdot l_d} \leq 0,58 \cdot f_{yd}$$

$$l_d \geq \frac{1,2 \cdot V_d}{2 \cdot \alpha \cdot 0,58 \cdot f_{yd}}$$

$$V_{ud} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot l_d \cdot 0,58 \cdot f_{yd}}{1,2} \geq V_d$$

Kombination:

$$\sqrt{(\sigma_{c(ef)} \pm \sigma_m)^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq f_{yd}$$



Forenklet beregning.

Træk: $\frac{f_{yd}}{1,5} = 0,67 \cdot f_{yd}$

Tryk: $\frac{f_{yd}}{1,2} = 0,83 \cdot f_{yd}$

Forskydning: $\frac{0,58 \cdot f_{yd}}{1,2} = 0,48 \cdot f_{yd}$

Med udgangspunkt i forskydningsstyrken som er den svageste.

Træk	} boerevne = $A_d \cdot 0,48 \cdot f_{yd}$
Tryk	
Forskydn.	

Eksempel 16.

$$f_{yd} = 215 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 4 \text{ mm.}$$

Flanger.

$$l_d = 150 - 2 \cdot 4 = 142 \text{ mm.}$$

Krop.

$$l_d = 300 - 2(10,7 + 20 + 4) \approx 230 \text{ mm.}$$

$$T_{roek} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 142 \cdot 215 \cdot 10^{-3}}{1,8} = 135,69 \text{ kN}$$

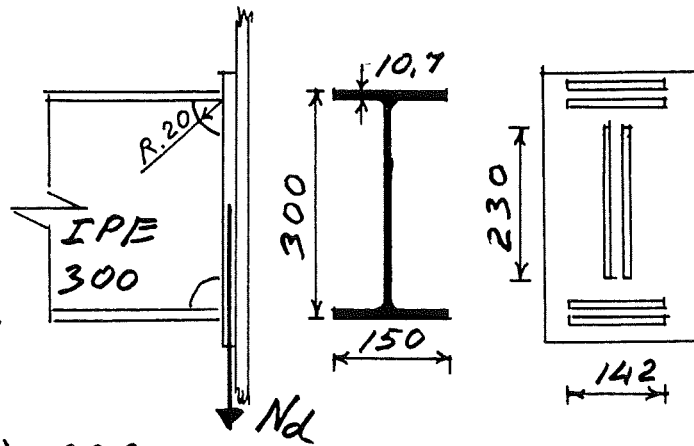
$$T_{ryk} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 142 \cdot 215 \cdot 10^{-3}}{1,7} = 143,67 \text{ "}$$

$$F_{orsk.} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 230 \cdot 0,58 \cdot 215 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 191,21 \text{ "}$$

$$\underline{\underline{Bæreevne = 470,57 \text{ kN}}}$$

Forenklet beregning.

$$Bæreevne = 4 \cdot 2(2 \cdot 142 + 230) \cdot 0,48 \cdot 215 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{424,36 \text{ kN}}}$$

Eksempel 17.

$$f_{yd} = 215 \text{ N/mm}^2, a = 4 \text{ mm.}$$

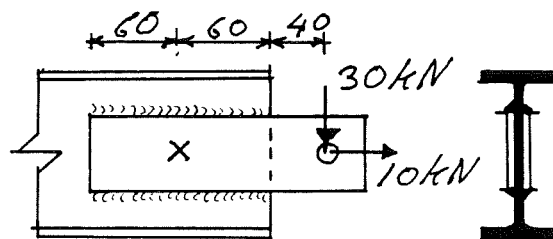
$$M_d = 30 \cdot 0,1 = 3,0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_m = 1,8 \cdot \frac{3,0 \cdot 10^6}{4 \cdot 4 \cdot \frac{1}{6}(120 - 2 \cdot 4)} = 161,43 \text{ N/mm}^2 \leq 215$$

$$\sigma_{z(w)} = 1,8 \cdot \frac{30 \cdot 10^3}{4 \cdot 4 \cdot (120 - 2 \cdot 4)} = 30,13 \text{ " } \leq 215$$

$$\tau = 1,2 \cdot \frac{10,0 \cdot 10^3}{4 \cdot 4 \cdot (120 - 2 \cdot 4)} = 6,70 \text{ " } \leq 0,58 \cdot 215$$

$$\sqrt{(30,13 + 161,43)^2 + 3 \cdot 6,70^2} = \underline{\underline{191,91 \text{ N/mm}^2 \leq 215 \text{ N/mm}^2}}$$

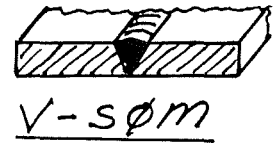
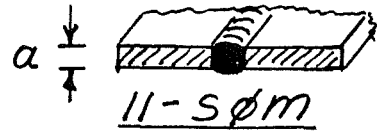


Stumpsømme.

En stumpsøm ligger direkte mod hinanden vendende flader/kanter. Da det er nødvendigt at bearbejde kanterne før sammensvejsning, bliver stumpsømme en relativ dyr svejsesøm.

Stumpsømme har et ideelt kraftforløb.

Stumpsømme har ingen skadelige luftspalter.

Dimension på stumpsøm

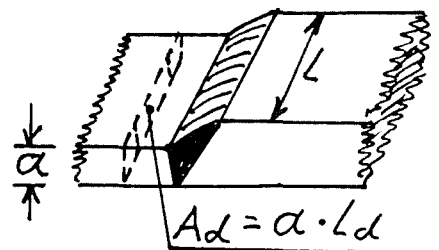
A = areal.

a = sømtykkelse, som bestemmes af de sammensvejsede emners tykkelse.

L = sømlængde, på grund af endekraterer regnes den effektive længde kun til $L - 2a$.

$l_d = L - 2a$, regningsmæssige Længde.

$A_d = a \cdot l_d$, regn. areal.



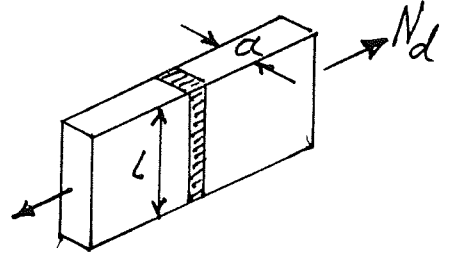
Spænding, dimensionering og bæreevne. (sømk Klasse A).

Træk:

$$\sigma_t = 1,5 \cdot \frac{N_d}{a \cdot l_d} \leq f_{yd}$$

$$l_d \geq \frac{1,5 \cdot N_d}{a \cdot f_{yd}}$$

$$N_{ud} = \frac{a \cdot l_d \cdot f_{yd}}{1,5} \geq N_d$$

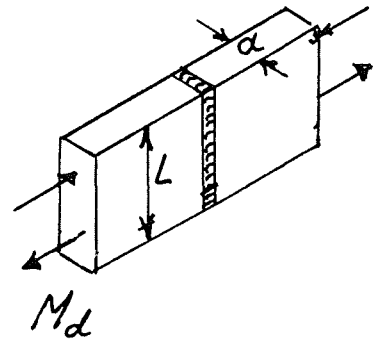


Moment:

$$\sigma_m = 1,5 \cdot \frac{M_d}{\frac{1}{6} \cdot a \cdot l_d^2} \leq f_{yd}$$

$$l_d \geq \sqrt{\frac{1,5 \cdot M_d}{\frac{1}{6} \cdot a \cdot f_{yd}}}$$

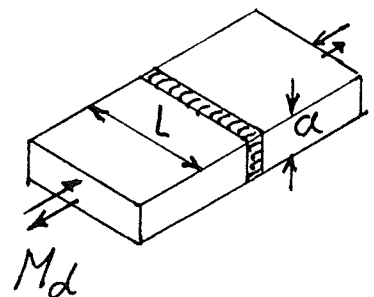
$$M_{ud} = \frac{a \cdot l_d^2 \cdot f_{yd}}{6 \cdot 1,5} \geq M_d$$



$$\sigma_m = \frac{M_d}{\frac{1}{6} \cdot l_d \cdot a^2} \leq \frac{f_{yd}}{1,5}$$

$$l_d \geq \frac{1,5 \cdot M_d}{\frac{1}{6} \cdot a^2 \cdot f_{yd}}$$

$$M_{ud} = \frac{l_d \cdot a^2 \cdot f_{yd}}{6 \cdot 1,5} \geq M_d$$

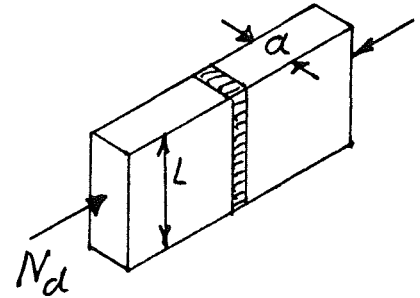


Tryk:

$$\sigma_c = 1,2 \cdot \frac{N_d}{a \cdot l_d} \leq f_{yd}$$

$$l_d \geq \frac{1,2 \cdot N_d}{a \cdot f_{yd}}$$

$$N_{ud} = \frac{a \cdot l_d \cdot f_{yd}}{1,2} \geq N_d$$

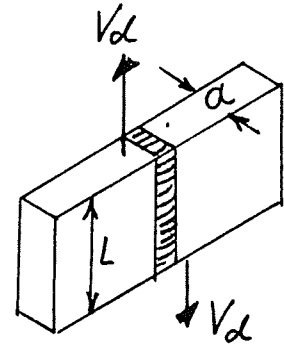


Forskydning.

$$\tau = 1,2 \cdot \frac{V_d}{a \cdot l_d} \leq 0,58 \cdot f_{yd}$$

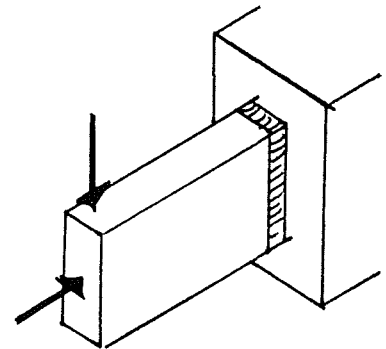
$$l_d \geq \frac{V_d \cdot 1,2}{a \cdot 0,58 \cdot f_{yd}}$$

$$V_{ud} = \frac{a \cdot l_d \cdot 0,58 \cdot f_{yd}}{1,2} \geq V_d$$



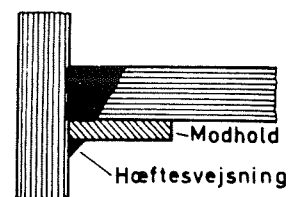
Kombination:

$$\sqrt{(\sigma_c(\tau) \pm \sigma_m)^2 + 3\tau^2} \leq f_{yd}$$



svejsedefuger.

I-fuge 		Manuel lysbue-svejsning	t = 1,5-3 s = 0-1	Svejsning fra begge sider.
			t = 4-12 s = 0-2	Svejsning fra begge sider. Indtrængningselektrode.
V-fuge V		Manuel lysbue-svejsning	t = 4-20 s = 0-3,5 k = 0-2 alpha = 50-60°	Fuld gennemsvajsning fra én side eller opfugning fra bagsiden før eftersvejsning.



Eksempel 18.

$$f_{yd} = 184 \text{ N/mm}^2$$

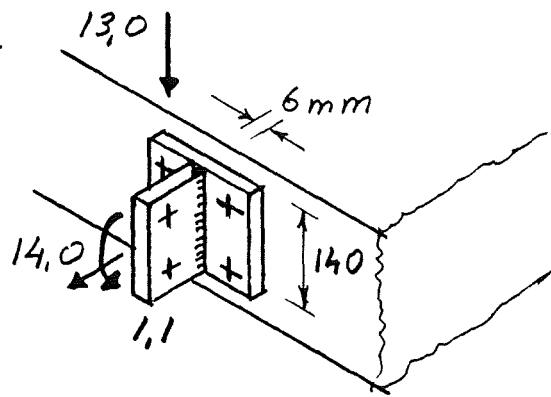
$$M_d = 1,1 \text{ kNm}$$

$$N_d = 14,0 \text{ kN}$$

$$V_d = 13,0 \text{ kN}$$

$$z = 6 \text{ mm}$$

sømlasse A



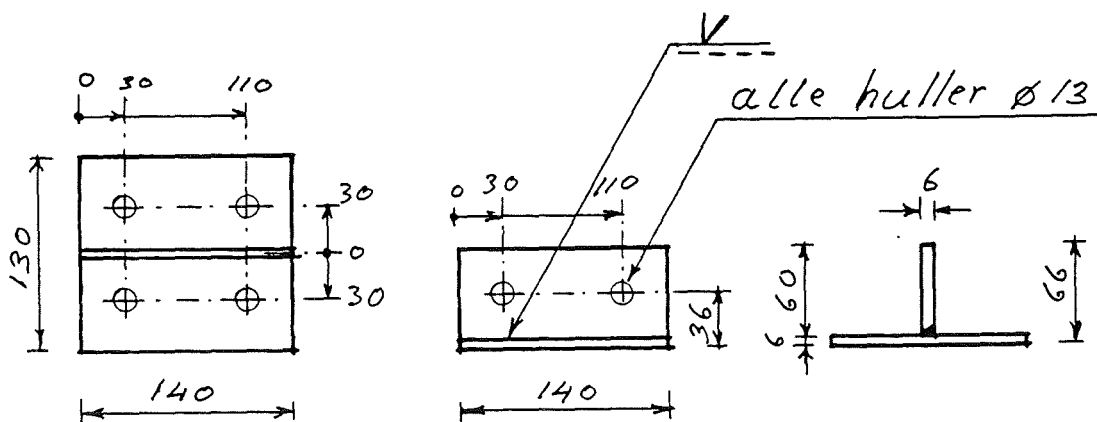
$$l_d = 140 - 2 \cdot 6 = \underline{128 \text{ mm}}$$

$$\sigma_N = 1,5 \cdot \frac{14,0 \cdot 10^3}{6 \cdot 128} = \underline{27,3 \text{ N/mm}^2} \leq 184 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_M = 1,5 \cdot \frac{1,1 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 6 \cdot 128^2} = \underline{100,7 \text{ N/mm}^2} \leq 184 \text{ N/mm}^2$$

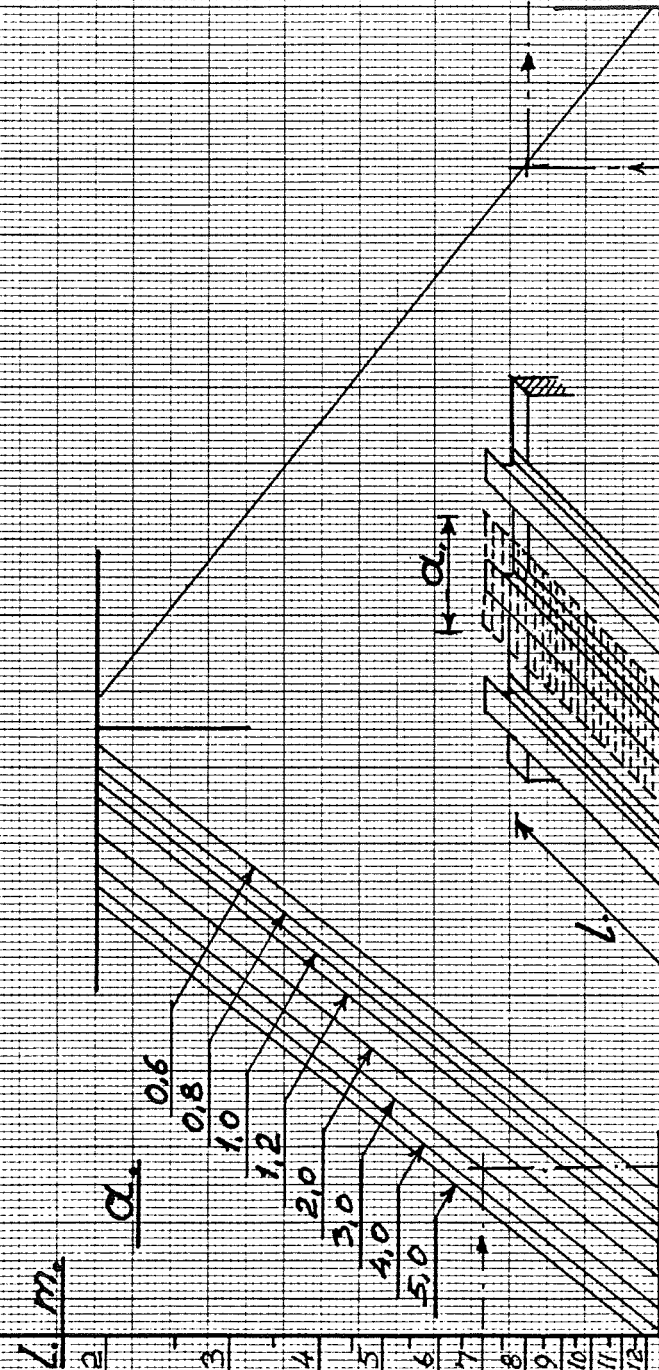
$$\tau_v = 1,2 \cdot \frac{13,0 \cdot 10^3}{6 \cdot 128} = \underline{20,3 \text{ N/mm}^2} \leq 0,58 \cdot 184 = 106,7$$

$$\sqrt{(27,3 + 100,7)^2 + 3(20,3)^2} = \underline{132,7 \text{ N/mm}^2} \leq 184 \text{ N/mm}^2$$



Firkantør.	HE-B	IPE.
50x30x4		80
70x40x5		100
90x50x5		120
100x60x6,3	100	140
120x80x10		160
140x80x10	140	180
160x80x10	180	200
180x100x10	220	220
200x120x10	260	240
220x140x10	300	260
250x150x10	340	280
260x180x10	400	300
300x200x16	450	330
400x200x16	500	360
450x250x16	450	400
		450

Firkantør.	HE-B	IPE.
50x30x4		80
70x40x5		100
90x50x5		120
100x60x6,3	100	140
120x80x10		160
140x80x10	140	180
160x80x10	180	200
180x100x10	220	220
200x120x10	260	240
220x140x10	300	260
250x150x10	340	280
260x180x10	400	300
300x200x16	450	330
400x200x16	500	360
450x250x16	450	400
		450



$l = 7,0 \text{ m.}$
 $\alpha = 3,0 \text{ m.}$
 $q = 2,5 \text{ kN/m.}$
 $U = 1/400.$
IPF 300.

EKSEMPEL.

Længde.
 Læstbredde.
 Nedbøjningslast.
 Nedbøjningskrav.
 DIMENSION.

STÅLBJÆLKER.

Nedbøjning.

Nedbøjning.

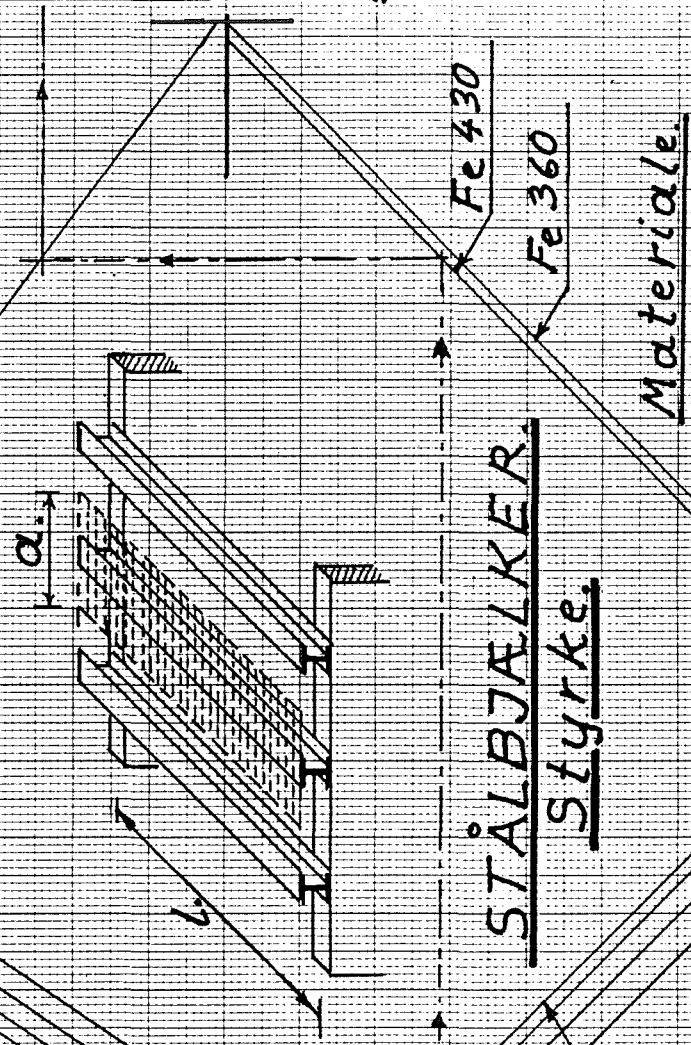
$q \text{ kN/m}^2$

BYGGETEKNISK HØJSKOLE.
 OKT. 1990

L m.	α	IPE	HE-B	Firkanttrør.
2	0,6			
3	0,8			
4	1,0	80		50 x 30 x 4
5	1,2	100		60 x 40 x 5
6	2,0	120	100	80 x 40 x 5
7	3,0	140	120	100 x 50 x 5,6
8	4,0	160	140	120 x 60 x 8
9	5,0	180	160	140 x 80 x 10
10		220	180	160 x 100 x 10
11		270	200	180 x 140 x 10
12		330	240	220 x 180 x 10
		360	260	260 x 180 x 10
		400	280	300 x 200 x 16
		450	300	400 x 200 x 16
		500	320	
		550	340	
		600	360	
			400	
			450	

EKSEMPEL.

Længde. $L = 6,0 \text{ m.}$
 Lastbredde. $\alpha = 3,0 \text{ m.}$
 Regn. last. $r_x = 4,0 \text{ kN/m}^2$
 Materiale. Fe 430.
 Dimension. HE 160 B.



STÅLBJÆLKER.
Styrke.

Materiale.

$r_x \text{ kN/m}^2$

BYGGETEKNISK HØJSKOLE
 OKT. 1990 OVE LARSEN.