

Dokument: SASAK-RAP-DE-FI-0002-00

**SAMMENLIGNING AF STYRKE, DEFORMATION OG
VÆGT FOR SIMPLE KONSTRUKTIONER I STÅL OG
ALUMINIUM.**

SASAK

Projekt 1 – ”Designregler”

Lars Tofte Johansen

FORCE Instituttet, november 1998

SASAK

Aluminium - stål

I det følgende er der foretaget en sammenligning mellem dimensioner, deformationer og masse for simple ikke-svejste elementer i henholdsvis aluminium og stål.

Sammenligningen er foretaget med forudsætningen om at såvel aluminiumselementet som stål-elementet udsættes for samme karakteristiske last.

Sammenligningerne er foretaget overfor elasticitetsgrænsen.

Der er ikke medtaget vurdering af partialkoefficienternes størrelse i normmæssig sammenhæng.

Symbolliste:	Aluminium	Stål
Elasticitetsmodul	: $E_{\text{alu}} = 70.000 \text{ N/mm}^2$	$E_{\text{st}} = 210.000 \text{ N/mm}^2$
Vægtfylde	: $\rho_{\text{alu}} = 2,7 \text{ kg/dm}^3$	$\rho_{\text{st}} = 7,85 \text{ kg/dm}^3$
Tværsnitsareal	: A_{alu}	A_{st}
Bøjningsmodstand	: W_{alu}	W_{st}
Inertimoment	: I_{alu}	I_{st}
Højde af element	: h_{alu}	h_{st}
Tykkelse	: t_{alu}	t_{st}
Længde	: l	l
Middelradius	: $r_{\text{m,alu}}$	$r_{\text{m,st}}$
Længdedeformation	: δ_{alu}	δ_{st}
Udbøjning	: U_{alu}	U_{st}
Masse	: m_{alu}	m_{st}
Spænding	: σ_{alu}	σ_{st}
Elasticitetsgrænse	: $f_{0,2}$	f_y
Tøjning	: ε_{alu}	ε_{st}
Kraft	: F	F
Bøjningsmoment	: M	M

SASAK

Aluminium - stål

Elasticitetsgrænse for træk/tryk i relativt korte stænger (dvs. ingen søjlevirkning)

$$\sigma_{\text{alu}} = \frac{F}{A_{\text{alu}}} \qquad \sigma_{\text{st}} = \frac{F}{A_{\text{st}}}$$
$$F = \sigma_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} \qquad F = \sigma_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}}$$
$$\sigma_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} = \sigma_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}}$$
$$A_{\text{alu}} = \frac{\sigma_{\text{st}}}{\sigma_{\text{alu}}} \cdot A_{\text{st}}$$

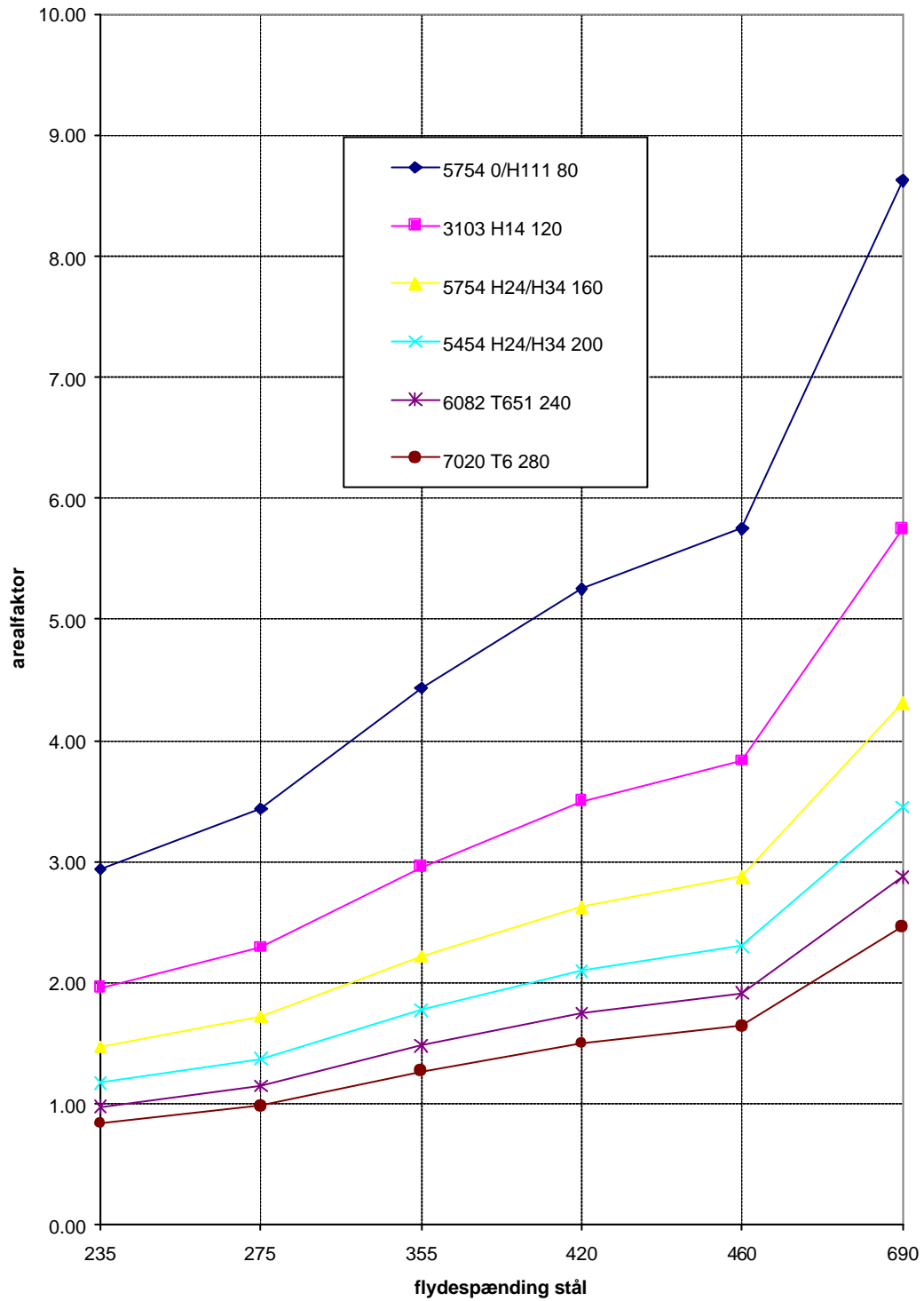
For karakteristisk elasticitetsgrænse fås:

$$A_{\text{alu}} = \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot A_{\text{st}}$$

Arealfaktor: $f_y/f_{0,2}$ for relativt korte træk/tryk-elementer i aluminium i forhold til stål

	Stål ->	S235	S275	S355	S420	S460	S690
aluminium leverings-		f_y	f_y	f_y	f_y	f_y	f_y
legering tilstand	f 0,2	235	275	355	420	460	690
3103 H14	120	1.96	2.29	2.96	3.50	3.83	5.75
5052 H12	160	1.47	1.72	2.22	2.63	2.88	4.31
5454 H24/H34	200	1.18	1.38	1.78	2.10	2.30	3.45
5754 O/H111	80	2.94	3.44	4.44	5.25	5.75	8.63
5754 H24/H34	160	1.47	1.72	2.22	2.63	2.88	4.31
5083 O/H111	125	1.88	2.20	2.84	3.36	3.68	5.52
5083 H24/H34	250	0.94	1.10	1.42	1.68	1.84	2.76
6061 T4	110	2.14	2.50	3.23	3.82	4.18	6.27
6061 T6	240	0.98	1.15	1.48	1.75	1.92	2.88
6082 T4	110	2.14	2.50	3.23	3.82	4.18	6.27
6082 T651	240	0.98	1.15	1.48	1.75	1.92	2.88
7020 T6	280	0.84	0.98	1.27	1.50	1.64	2.46
7020 T651	280	0.84	0.98	1.27	1.50	1.64	2.46

Aluminium - stål: træk/tryk



SASAK

Aluminium - stål

Deformationer for relativt korte træk/tryk stænger; elasticitetsgrænse.

Fra udtrykket for arealfaktor foretages en vurdering af deformationen i en aluminiumsstang med forøget areal for at kunne optage samme karakteristiske last som en stålstang.

Stængerne har ens længde.

$$\begin{aligned}\delta_{\text{alu}} &= l \cdot \varepsilon_{\text{alu}} & \delta_{\text{st}} &= l \cdot \varepsilon_{\text{st}} \\ \delta_{\text{alu}} &= l \cdot \frac{\sigma_{\text{alu}}}{E_{\text{alu}}} & \delta_{\text{st}} &= l \cdot \frac{\sigma_{\text{st}}}{E_{\text{st}}} \\ \delta_{\text{alu}} &= l \cdot \frac{F}{A_{\text{alu}} E_{\text{alu}}} & \delta_{\text{st}} &= l \cdot \frac{F}{A_{\text{st}} E_{\text{st}}} \\ F &= \frac{\delta_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} \cdot E_{\text{alu}}}{l} & F &= \frac{\delta_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}}}{l} \\ \frac{\delta_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} \cdot E_{\text{alu}}}{l} &= \frac{\delta_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}}}{l} \\ \delta_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} \cdot E_{\text{alu}} &= \delta_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}} \\ \delta_{\text{alu}} &= \frac{A_{\text{st}}}{A_{\text{alu}}} \cdot \frac{E_{\text{st}}}{E_{\text{alu}}} \cdot \delta_{\text{st}}\end{aligned}$$

$$\text{da } A_{\text{alu}} = \frac{f_y}{\hat{f}_{0,2}} \cdot A_{\text{st}} \text{ fås:}$$

$$\delta_{\text{alu}} = \frac{A_{\text{st}}}{\frac{f_y}{\hat{f}_{0,2}} \cdot A_{\text{st}}} \cdot \frac{E_{\text{st}}}{E_{\text{alu}}} \cdot \delta_{\text{st}}$$

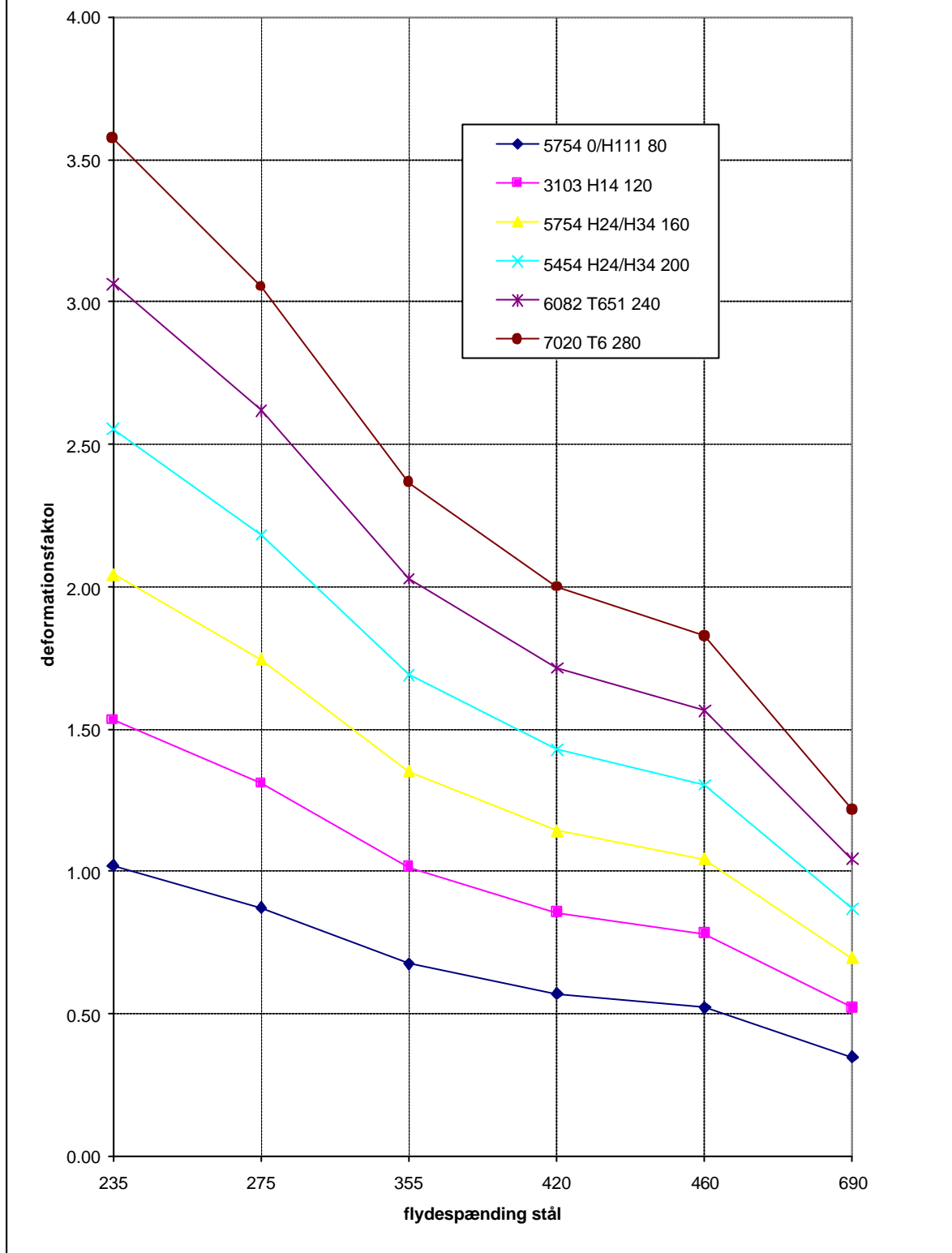
$$\delta_{\text{alu}} = \frac{\hat{f}_{0,2}}{f_y} \cdot \frac{E_{\text{st}}}{E_{\text{alu}}} \cdot \delta_{\text{st}}$$

$$\delta_{\text{alu}} = 3 \cdot \frac{\hat{f}_{0,2}}{f_y} \cdot \delta_{\text{st}}$$

Deformationsfaktor: 3-f 0,2/fy for relativt korte træk/tryk-elementer i aluminium i forhold til stål

aluminium leverings- legering tilstand	Stål -> f 0,2	S235 fy	S275 fy	S355 fy	S420 fy	S460 fy	S690 fy
3103 H14	120	1.53	1.31	1.01	0.86	0.78	0.52
5052 H12	160	2.04	1.75	1.35	1.14	1.04	0.70
5454 H24/H34	200	2.55	2.18	1.69	1.43	1.30	0.87
5754 O/H111	80	1.02	0.87	0.68	0.57	0.52	0.35
5754 H24/H34	160	2.04	1.75	1.35	1.14	1.04	0.70
5083 O/H111	125	1.60	1.36	1.06	0.89	0.82	0.54
5083 H24/H34	250	3.19	2.73	2.11	1.79	1.63	1.09
6061 T4	110	1.40	1.20	0.93	0.79	0.72	0.48
6061 T6	240	3.06	2.62	2.03	1.71	1.57	1.04
6082 T4	110	1.40	1.20	0.93	0.79	0.72	0.48
6082 T651	240	3.06	2.62	2.03	1.71	1.57	1.04
7020 T6	280	3.57	3.05	2.37	2.00	1.83	1.22
7020 T651	280	3.57	3.05	2.37	2.00	1.83	1.22

Aluminium - stål: træk/tryk



SASAK

Aluminium - stål

Elasticitetsgrænse for relativt korte træk/tryk stænger.

Der foretages samme vurdering for massen af en træk/tryk-stang.

$$m_{\text{alu}} = \rho_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} \cdot l \Rightarrow$$

$$m_{\text{st}} = \rho_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}} \cdot l \Rightarrow$$

$$m_{\text{alu}} = \rho_{\text{alu}} \cdot \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot A_{\text{st}} \cdot l$$

$$A_{\text{st}} = \frac{m_{\text{st}}}{\rho_{\text{st}} \cdot l}$$

$$m_{\text{alu}} = \rho_{\text{alu}} \cdot \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot \frac{m_{\text{st}}}{\rho_{\text{st}} \cdot l} \cdot l$$

$$m_{\text{alu}} = \frac{\rho_{\text{alu}}}{\rho_{\text{st}}} \cdot \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot m_{\text{st}}$$

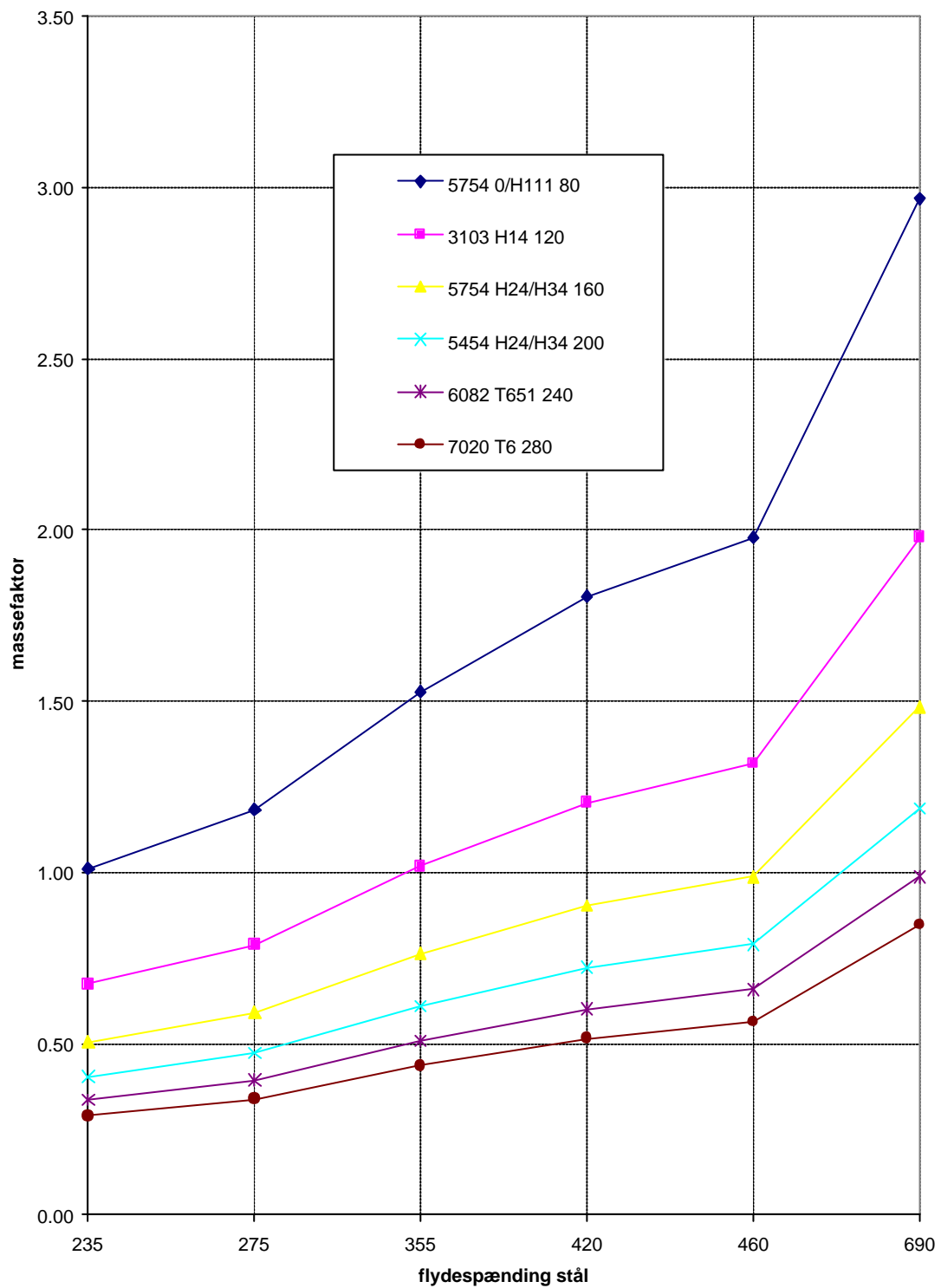
$$m_{\text{alu}} = \frac{2,7}{7,85} \cdot \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot m_{\text{st}}$$

$$m_{\text{alu}} = 0,344 \cdot \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot m_{\text{st}}$$

Massefaktor: 0,344·fy/f 0,2 for relativt korte træk/tryk-elementer i aluminium i forhold til stål

	Stål ->	S235	S275	S355	S420	S460	S690
aluminium leverings-	fy	fy	fy	fy	fy	fy	fy
legering tilstand	f 0,2	235	275	355	420	460	690
3103 H14	120	0.67	0.79	1.02	1.20	1.32	1.98
5052 H12	160	0.51	0.59	0.76	0.90	0.99	1.48
5454 H24/H34	200	0.40	0.47	0.61	0.72	0.79	1.19
5754 O/H111	80	1.01	1.18	1.53	1.81	1.98	2.97
5754 H24/H34	160	0.51	0.59	0.76	0.90	0.99	1.48
5083 O/H111	125	0.65	0.76	0.98	1.16	1.27	1.90
5083 H24/H34	250	0.32	0.38	0.49	0.58	0.63	0.95
6061 T4	110	0.73	0.86	1.11	1.31	1.44	2.16
6061 T6	240	0.34	0.39	0.51	0.60	0.66	0.99
6082 T4	110	0.73	0.86	1.11	1.31	1.44	2.16
6082 T651	240	0.34	0.39	0.51	0.60	0.66	0.99
7020 T6	280	0.29	0.34	0.44	0.52	0.57	0.85
7020 T651	280	0.29	0.34	0.44	0.52	0.57	0.85

Aluminium - stål: træk/tryk



SASAK

Aluminium - stål

Elasticitetsgrænse for bøjning.

$$\sigma_{\text{alu}} = \frac{M}{W_{\text{alu}}}$$

$$\sigma_{\text{st}} = \frac{M}{W_{\text{st}}}$$

$$M = \sigma_{\text{alu}} \cdot W_{\text{alu}}$$

$$M = \sigma_{\text{st}} \cdot W_{\text{st}}$$

$$\sigma_{\text{alu}} \cdot W_{\text{alu}} = \sigma_{\text{st}} \cdot W_{\text{st}}$$

$$W_{\text{alu}} = \frac{\sigma_{\text{st}}}{\sigma_{\text{alu}}} \cdot W_{\text{st}}$$

for karakteristisk elasticitetsgrænse fås

$$W_{\text{alu}} = \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot W_{\text{st}}$$

Tænkes der anvendt profiler med ens godstykkelse/højde-forhold i stål og aluminium kan godstykkelse/højde-forholdet findes:

$$\frac{1}{6} \cdot t_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}}^2 = \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot \frac{1}{6} \cdot t_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}}^2$$

$$t_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}}^2 = \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot h_{\text{st}}^2 \cdot t_{\text{st}}$$

$$\text{da } \frac{t_{\text{alu}}}{h_{\text{alu}}} = \frac{t_{\text{st}}}{h_{\text{st}}} \Rightarrow t_{\text{alu}} = \frac{t_{\text{st}} \cdot h_{\text{alu}}}{h_{\text{st}}} \text{ fås:}$$

$$\frac{t_{\text{st}} \cdot h_{\text{alu}}}{h_{\text{st}}} \cdot h_{\text{alu}}^2 = \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot h_{\text{st}}^2 \cdot t_{\text{st}}$$

$$h_{\text{alu}}^3 = \frac{f_y}{f_{0,2}} \cdot h_{\text{st}}^3$$

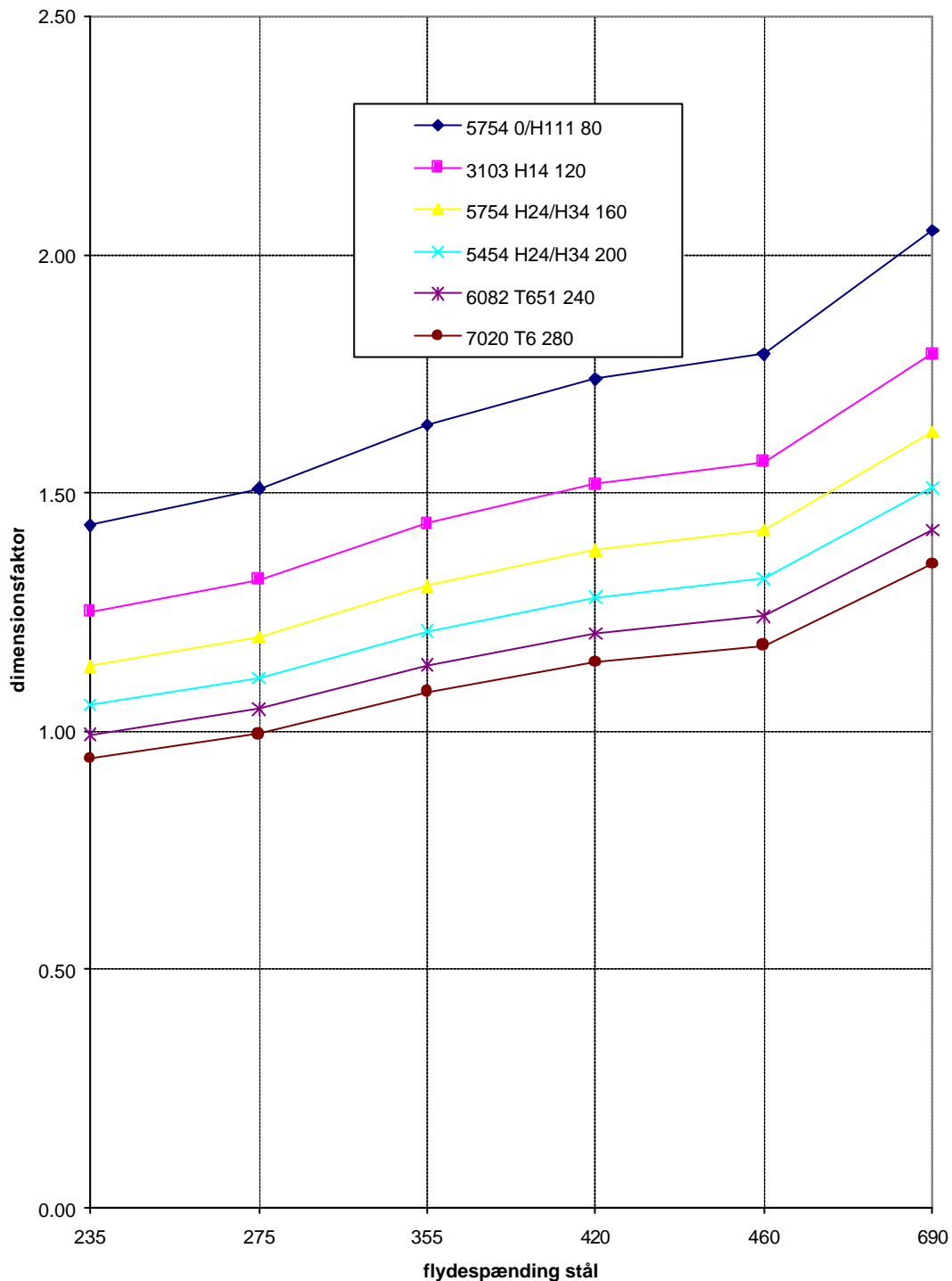
$$h_{\text{alu}} = \sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}} \cdot h_{\text{st}}$$

Det kræves, at højden ligger inden for grænserne mht. begyndende “foldning”.

dimensionsfaktor for bøjning af profiler med ens tykkelse-højde forhold

aluminium leverings- legering tilstand	Stål ->	S235	S275	S355	S420	S460	S690
	f 0,2	f _y	f _y	f _y	f _y	f _y	f _y
3103 H14	120	1.25	1.32	1.44	1.52	1.57	1.79
5052 H12	160	1.14	1.20	1.30	1.38	1.42	1.63
5454 H24/H34	200	1.06	1.11	1.21	1.28	1.32	1.51
5754 O/H111	80	1.43	1.51	1.64	1.74	1.79	2.05
5754 H24/H34	160	1.14	1.20	1.30	1.38	1.42	1.63
5083 O/H111	125	1.23	1.30	1.42	1.50	1.54	1.77
5083 H24/H34	250	0.98	1.03	1.12	1.19	1.23	1.40
6061 T4	110	1.29	1.36	1.48	1.56	1.61	1.84
6061 T6	240	0.99	1.05	1.14	1.21	1.24	1.42
6082 T4	110	1.29	1.36	1.48	1.56	1.61	1.84
6082 T651	240	0.99	1.05	1.14	1.21	1.24	1.42
7020 T6	280	0.94	0.99	1.08	1.14	1.18	1.35
7020 T651	280	0.94	0.99	1.08	1.14	1.18	1.35

Aluminium - stål: bøjning af profiler med ens godstykkelser/højde - forhold



SASAK

Aluminium - stål

Udbøjning af momentpåvirket simpel understøttet bjælke i aluminium i forhold til stål.

For en simpelt understøttet bjælke påvirket af en lodret enkeltkraft på midten er udbøjningen

$$U_{\text{alu}} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot l^3}{E_{\text{alu}} I_{\text{alu}}} \qquad U_{\text{st}} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot l^3}{E_{\text{st}} I_{\text{st}}}$$
$$F = \frac{48 \cdot U_{\text{alu}} \cdot E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}}}{l^3} \qquad F = \frac{48 \cdot U_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}}{l^3}$$

$$\frac{48 \cdot U_{\text{alu}} \cdot E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}}}{l^3} = \frac{48 \cdot U_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}}{l^3}$$

$$U_{\text{alu}} \cdot E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}} = U_{\text{st}} \cdot E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}$$

$$U_{\text{alu}} = \frac{E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}}{E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}}} \cdot U_{\text{st}}$$

$$U_{\text{alu}} = 3 \cdot \frac{I_{\text{st}}}{I_{\text{alu}}} \cdot U_{\text{st}}$$

Tænkes der anvendt profiler med ens godstykkelse/højde-forhold i aluminium og stål, kan udbøjningsforholdet findes

$$U_{\text{alu}} = 3 \cdot \frac{\frac{1}{12} \cdot t_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}}^3}{\frac{1}{12} \cdot t_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}}^3} \cdot U_{\text{st}}$$

$$\text{da } \frac{t_{\text{alu}}}{h_{\text{alu}}} = \frac{t_{\text{st}}}{h_{\text{st}}} \Rightarrow t_{\text{alu}} = \frac{t_{\text{st}} \cdot h_{\text{alu}}}{h_{\text{st}}} \text{ fås:}$$

$$U_{\text{alu}} = 3 \cdot \frac{h_{\text{st}}^4}{h_{\text{alu}}^4} \cdot U_{\text{st}}$$

$$\text{fra tidligere havde vi } h_{\text{alu}} = \sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}} \cdot h_{\text{st}} \Rightarrow h_{\text{alu}}^4 = \left(\sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}} \right)^4 \cdot h_{\text{st}}^4$$

Dette indsættes:

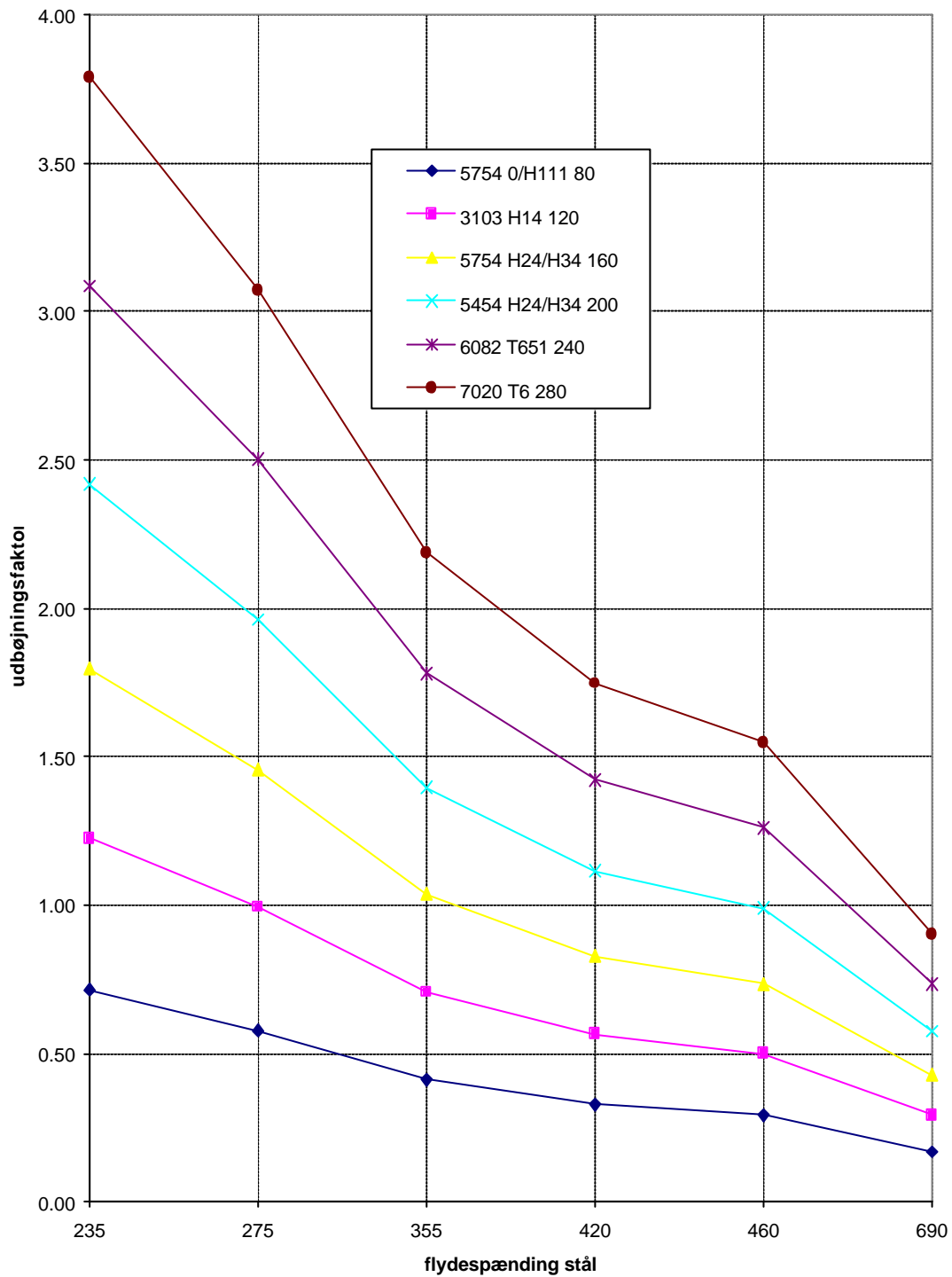
$$U_{\text{alu}} = 3 \cdot \frac{h_{\text{st}}^4}{\left(\sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}} \right)^4 \cdot h_{\text{st}}} \cdot U_{\text{st}}$$

$$U_{\text{alu}} = \frac{3}{\left(\sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}} \right)^4} \cdot U_{\text{st}}$$

Udbøjningsfaktor for bøjning af profiler med ens godstykkelse/højde - forhold

	Stål ->	S235	S275	S355	S420	S460	S690
		f _y	f _y	f _y	f _y	f _y	f _y
aluminium leverings-	f 0,2	235	275	355	420	460	690
legering tilstand							
3103 H14	120	1.22	0.99	0.71	0.56	0.50	0.29
5052 H12	160	1.80	1.46	1.04	0.83	0.73	0.43
5454 H24/H34	200	2.42	1.96	1.40	1.12	0.99	0.58
5754 O/H111	80	0.71	0.58	0.41	0.33	0.29	0.17
5754 H24/H34	160	1.80	1.46	1.04	0.83	0.73	0.43
5083 O/H111	125	1.29	1.05	0.75	0.60	0.53	0.31
5083 H24/H34	250	3.26	2.64	1.88	1.50	1.33	0.77
6061 T4	110	1.09	0.88	0.63	0.50	0.45	0.26
6061 T6	240	3.09	2.50	1.78	1.42	1.26	0.73
6082 T4	110	1.09	0.88	0.63	0.50	0.45	0.26
6082 T651	240	3.09	2.50	1.78	1.42	1.26	0.73
7020 T6	280	3.79	3.07	2.19	1.75	1.55	0.90
7020 T651	280	3.79	3.07	2.19	1.75	1.55	0.90

Aluminium - stål: bøjning af profiler med ens godstykkelse/højde- forhold



SASAK

Aluminium - stål

Elasticitetsgrænse for bøjning.

Der foretages en vurdering af massen for en aluminiumstang med øget højde, så den kan optage samme karakteristiske last som en stålstang.

Dette er alene gjort for profiler med ens godstykkelse/højde-forhold i aluminium og stål.

$$\begin{aligned}m_{\text{alu}} &= \rho_{\text{alu}} \cdot A_{\text{alu}} \cdot l & m_{\text{st}} &= \rho_{\text{st}} \cdot A_{\text{st}} \cdot l \\m_{\text{alu}} &= \rho_{\text{alu}} \cdot t_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}} \cdot l & m_{\text{st}} &= \rho_{\text{st}} \cdot t_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}} \cdot l \\l &= \frac{m_{\text{alu}}}{\rho_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}} \cdot t_{\text{alu}}} & l &= \frac{m_{\text{st}}}{\rho_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}} \cdot t_{\text{st}}}\end{aligned}$$

$$\text{da } \frac{t_{\text{alu}}}{h_{\text{alu}}} = \frac{t_{\text{st}}}{h_{\text{st}}} \Rightarrow t_{\text{alu}} = \frac{t_{\text{st}} \cdot h_{\text{alu}}}{h_{\text{st}}} \text{ fås:}$$

$$\frac{m_{\text{alu}}}{\rho_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}} \cdot \frac{t_{\text{st}} \cdot h_{\text{alu}}}{h_{\text{st}}}} = \frac{m_{\text{st}}}{\rho_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}} \cdot t_{\text{st}}}$$

$$\frac{m_{\text{alu}}}{\rho_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}}^2} = \frac{m_{\text{st}}}{\rho_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}}^2}$$

$$m_{\text{alu}} = \frac{\rho_{\text{alu}} \cdot h_{\text{alu}}^2}{\rho_{\text{st}} \cdot h_{\text{st}}^2}$$

fra tidligere havde vi at $h_{\text{alu}} = \sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}} \cdot h_{\text{st}}$ for bøjning

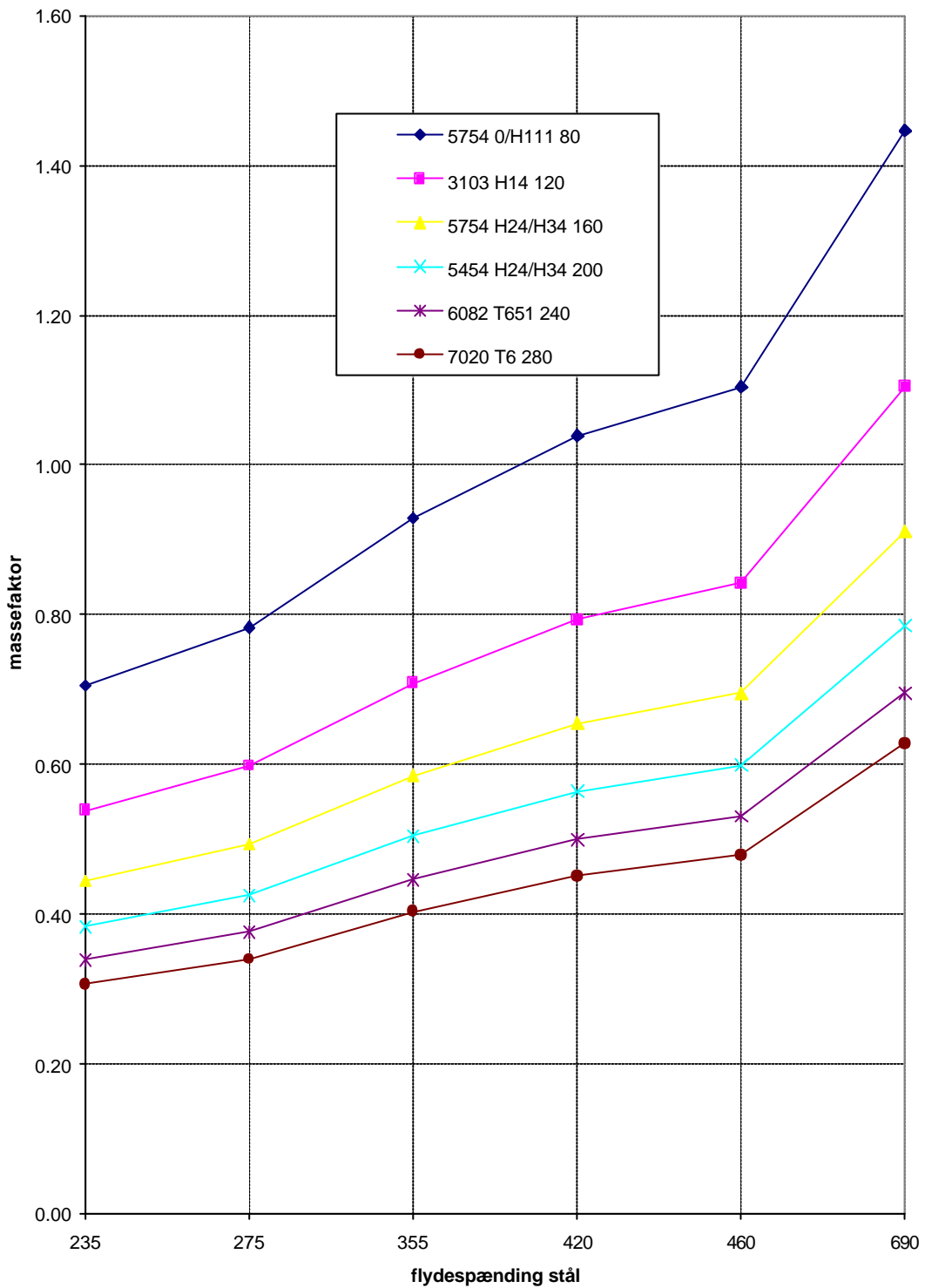
$$m_{\text{alu}} = \frac{\rho_{\text{alu}}}{\rho_{\text{st}}} \cdot \frac{\left(\sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}}\right)^2}{h_{\text{st}}^2} \cdot h_{\text{st}}^2 \cdot m_{\text{st}}$$

$$m_{\text{alu}} = 0,344 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{f_y}{f_{0,2}}}\right)^2 \cdot m_{\text{st}}$$

massefaktor for bøjning profiler med ens godstykkelse/højde - forhold

aluminium leverings- legering tilstand	Stål ->	S235	S275	S355	S420	S460	S690
	f 0,2	fy	fy	fy	fy	fy	fy
3103 H14	120	0.54	0.60	0.71	0.79	0.84	1.10
5052 H12	160	0.44	0.49	0.59	0.65	0.70	0.91
5454 H24/H34	200	0.38	0.43	0.50	0.56	0.60	0.79
5754 O/H111	80	0.71	0.78	0.93	1.04	1.10	1.45
5754 H24/H34	160	0.44	0.49	0.59	0.65	0.70	0.91
5083 O/H111	125	0.52	0.58	0.69	0.77	0.82	1.07
5083 H24/H34	250	0.33	0.37	0.43	0.49	0.52	0.68
6061 T4	110	0.57	0.63	0.75	0.84	0.89	1.17
6061 T6	240	0.34	0.38	0.45	0.50	0.53	0.70
6082 T4	110	0.57	0.63	0.75	0.84	0.89	1.17
6082 T651	240	0.34	0.38	0.45	0.50	0.53	0.70
7020 T6	280	0.31	0.34	0.40	0.45	0.48	0.63
7020 T651	280	0.31	0.34	0.40	0.45	0.48	0.63

Aluminium - stål: bøjning af profiler med ens godstykkelse/højde- forhold



SASAK

Aluminium - stål

Simpelt understøttet meget slank søjle.

$$\frac{F}{A_{\text{alu}}} = \sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{alu}}}{\left(\frac{l}{i_{\text{alu}}}\right)^2}$$

$$\frac{F}{A_{\text{st}}} = \sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{st}}}{\left(\frac{l}{i_{\text{st}}}\right)^2}$$

$$\frac{F}{A_{\text{alu}}} = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{alu}} \cdot i_{\text{alu}}^2}{l^2}$$

$$\frac{F}{A_{\text{st}}} = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{st}} \cdot i_{\text{st}}^2}{l^2}$$

da $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ fås:

$$\frac{F}{A_{\text{alu}}} = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}}}{l^2 A_{\text{alu}}}$$

$$\frac{F}{A_{\text{st}}} = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}}{l^2 A_{\text{st}}}$$

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}}}{l^2}$$

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}}{l^2}$$

$$\frac{\pi^2 \cdot E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}}}{l^2} = \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}}{l^2}$$

$$E_{\text{alu}} \cdot I_{\text{alu}} = E_{\text{st}} \cdot I_{\text{st}}$$

$$I_{\text{alu}} = \frac{E_{\text{st}}}{E_{\text{alu}}} \cdot I_{\text{st}}$$

$$I_{\text{alu}} = 3 \cdot I_{\text{st}}$$

Dvs. uanset materialestyrke er kravet til en lang simpelt understøttet meget slank søjle, at udføres den i aluminium skal inertimomentet være 3 gange større end hvis den udføres i stål.

For runde tyndvæggede rør med ens godstykkelse fås:

$$\pi \cdot r_{\text{m,alu}}^3 \cdot t = 3 \cdot \pi \cdot r_{\text{m,st}}^3 \cdot t \Rightarrow$$

$$r_{\text{m,alu}} = (3)^{1/3} \cdot r_{\text{m,st}}$$

SASAK

Aluminium - stål

Simpelt understøttet meget slank søjle.

Med forannævnte betragtning for runde rør kan massen for en aluminiumssøjle, med øget radius i forhold til stål men med samme godstykkelse, beregnes som følger:

$$\begin{aligned}M_{\text{alu}} &= 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{m,alu}} \cdot t \cdot l \cdot \rho_{\text{alu}} & M_{\text{st}} &= 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{m,st}} \cdot t \cdot l \cdot \rho_{\text{st}} \\2 \cdot \pi \cdot t \cdot l &= \frac{m_{\text{alu}}}{r_{\text{m,alu}} \cdot \rho_{\text{alu}}} & 2 \cdot \pi \cdot t \cdot l &= \frac{m_{\text{st}}}{r_{\text{m,st}} \cdot \rho_{\text{st}}} \\ \frac{m_{\text{alu}}}{r_{\text{m,alu}} \cdot \rho_{\text{alu}}} &= \frac{m_{\text{st}}}{r_{\text{m,st}} \cdot \rho_{\text{st}}} \\ m_{\text{alu}} &= \frac{\rho_{\text{alu}}}{\rho_{\text{st}}} \cdot \frac{r_{\text{m,alu}}}{r_{\text{m,st}}} \cdot m_{\text{st}}\end{aligned}$$

Med forudsætningen om $r_{\text{m,alu}} = (3)^{1/3} \cdot r_{\text{m,st}}$ for runde rør fås

$$\begin{aligned}m_{\text{alu}} &= \frac{\rho_{\text{alu}}}{\rho_{\text{st}}} \cdot \frac{(3)^{1/3} r_{\text{m,st}}}{r_{\text{m,st}}} \cdot m_{\text{st}} \\ m_{\text{alu}} &= 0,314 \cdot (3)^{1/3} \cdot m_{\text{st}} \\ m_{\text{alu}} &= 0,45 \cdot m_{\text{st}}\end{aligned}$$

Dvs. runde tyndvæggede rør i aluminium udført med øget middelfradius i forhold til et stålrør men med samme godstykkelse for at kunne optage samme eulerkraft vejer kun ca. halvdelen af hvad et stålrør vejer !!