

Dokument: SASAK-RAP-DE-AKS-FI-0005-01

Centralt påvirkede trykstænger

Kommentarer til Eurocode 9's anvisninger

SASAK
Projekt 1 - Designregler

Gunnar Sørensen

FORCE Instituttet, oktober 2001

Indledning

De anførte udtryk for bæreevnen af centralt påvirkede trykstænger er angivet i Eurocode 9 ENV 1999-1-1:1998.

Det antages, at træk-bæreevnen af opsvøjste profiler påvirket i svejse sømmens længderetning tidligere er angivet som

$$N_E \leq N_{t,R}$$

hvor $N_{t,R} = (A - A_{\text{haz}}) f_{0,2} + A_{\text{haz}} \rho_{\text{haz}} f_{0,2}$

$$N_{t,R} = f_{0,2} A (1 - A_{\text{haz}}/A (1 - \rho_{\text{haz}}))$$

Der kan eventuelt indføres en vægtet styrkereduktionsfaktor $k_{\text{haz}} = (1 - A_{\text{haz}}/A (1 - \rho_{\text{haz}}))$.

Denne faktor er i søjleafsnittet 5.8.3 i Eurocode 9 angivet som $A1/A$.

Faktoren η for tværsnitsklasser (1,2,3,4) i udtrykket for bæreevnen er foreløbig udeladt, men kan indføres, hvis tværsnitsklasserne generelt medtages.

$$\eta = 1 \quad \text{for klasse 1, 2 og 3 tværsnit}$$

$$\eta = A_{\text{eff}}/A \quad \text{for klasse 4 tværsnit}$$

Centralt påvirkede trykstænger

For en centralt påvirket trykstang skal det eftervises, at den regningsmæssige trykbelastning N_E opfylder kravet

$$N_E \leq N_{b,R}$$

hvor $N_{b,R}$ er den regningsmæssige bæreevne med hensyn til stabilitetssvigt

$$N_{t,R} = f_s A / \gamma_{M1}$$

f_s	karakteristiske kritiske stabilitetsspænding
A	bruttoarealet uden reduktion for varmpåvirket svejseareal
γ_{M1}	partialkoefficient

Den kritiske stabilitetsspænding afhænger af materialets styrke og leveringstilstand, profilets symmetriforhold samt fremstillingsmetoden for profilet.

Ved beregningen af stabilitetsspændingen anvendes følgende formler:

$$f_s = \chi k_1 k_2 f_{0,2}$$

$f_{0,2}$	karakteristiske materialestyrke
χ	søjlereduktionsfaktor
k_1	reduktionsfaktor for asymmetriske tværsnit
k_2	reduktionsfaktor for svejste profiler

$$\chi = 1 / (\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{1/2})$$

$\phi = 0,5(1 + 0,20(\lambda - 0,10) + \lambda^2)$	varmebehandlet tilstand
$\phi = 0,5(1 + 0,32\lambda + \lambda^2)$	ikke varmebehandlet tilstand
λ	relative slankhedsforhold for den relevante udbøjningsretning

$$\lambda = l_s / (i \pi) (f_{02} / E)^{1/2}$$

l_s	fri søjlelængde
i	tværsnittets inertiradius = $(I / A)^{1/2}$
E	karakteristiske elasticitetsmodul = 70000 N/mm ²
A	arealet af bruttotværsnittet
I	inertimomentet om udbøjningsakslen

Symmetriske og valsede profiler

Hvis søjlens tværsnit er symmetrisk om udbøjningsakslen og profilet ikke er opsvejst bliver reduktionsfaktorerne $k_1 = k_2 = 1,0$ og den kritiske stabilitetsspænding

$$f_s = \chi f_{0,2}$$

Søjlereduktionsfaktoren χ for varmebehandlet og ikke varmebehandlet legeringer er afbildet i figur 1x som funktion af det relative slankhedsforhold λ .

Asymmetriske profiler

For profiler med et asymmetrisk tværsnit om udbøjningsakslen kan reduktionsfaktoren k_1 beregnes efter

$$\begin{aligned} k_1 &= 1 - 2,4 \psi^2 k_\lambda && \text{varmebehandlet tilstand} \\ k_1 &= 1 - 3,2 \psi^2 k_\lambda && \text{ikke varmebehandlet tilstand} \end{aligned}$$

hvor

$$\begin{aligned} k_\lambda &= \lambda^2 / ((1 + \lambda^2)(1 + \lambda)^2) \\ \psi &= (y_{\max} - y_{\min}) / h \end{aligned}$$

h tværsnittets højde
 y_{\max}, y_{\min} største og mindste kantafstand fra neutralakslen

Reduktionsfaktoren k_1 er optegnet i figur 2x for asymmetriske U, L og T – profiler med afstandsforholdet $\psi = 0,43$.

Opsvejste profiler

Reduktionsfaktoren k_2 for opsvejste profiler med langsgående svejsesømme er givet ved

$$\begin{aligned} k_2 &= 1 - (1 - k_{\text{haz}})10^{-\lambda} - (0,05 + 0,1k_{\text{haz}})\lambda^{1,3(1-\lambda)} && \text{varmebehandlet tilstand} \\ k_2 &= 1 + 0,04(4\lambda)^{(0,5-\lambda)} - 0,22\lambda^{1,4(1-\lambda)} \leq 1,0 && \text{ikke varmebehandlet tilstand} \end{aligned}$$

I udtrykket for materialer i varmebehandlet leveringstilstand er der taget hensyn til styrkenedsattelsen af grundmaterialet i den varmepåvirkede svejsezone ved faktoren

$$k_{\text{haz}} = (1 - A_{\text{haz}}/A (1 - \rho_{\text{haz}}))$$

A_{haz} arealet af den varmepåvirkede zone

A bruttoarealet af tværsnittet

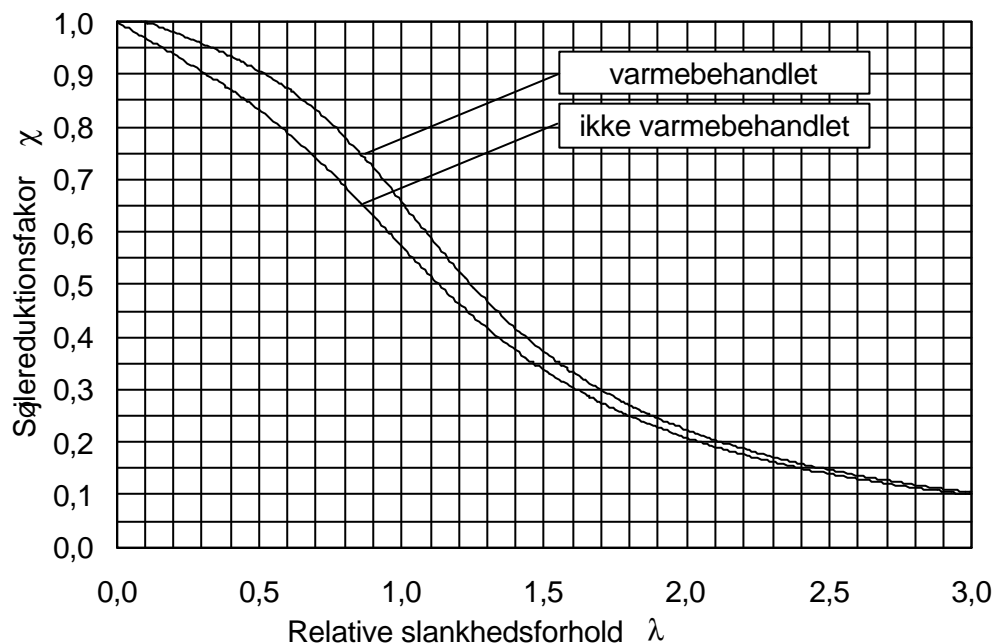
ρ_{haz} styrkereduktionsfaktoren for den varmepåvirkede zone

For meget korte og tykke søjler, hvor det relative slankhedsforhold λ nærmer sig 0, vil reduktionsfaktoren k_2 for materialer i varmevarmebehandlet tilstand svare til k_{haz} faktoren.

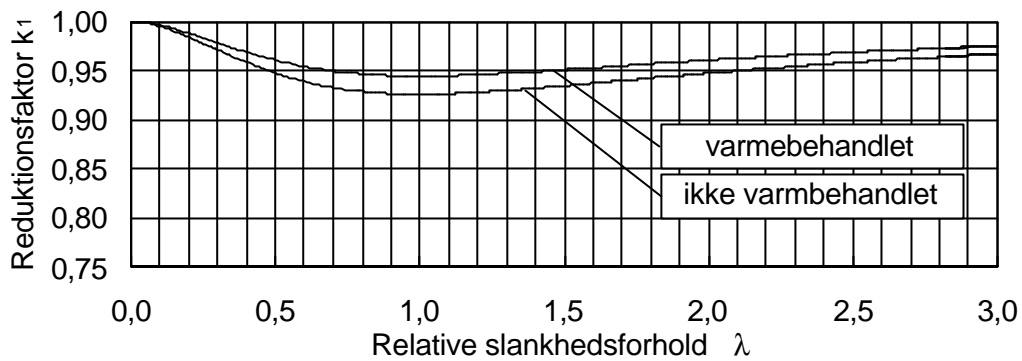
For opsvøjste profiler med tværgående svejsesømme anvendes reduktionsfaktoren

$$k_2 = \rho_{\text{haz}}$$

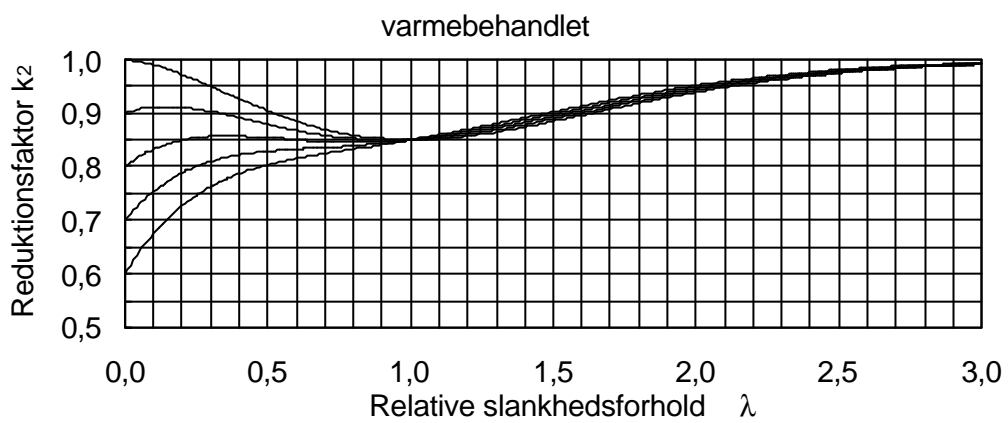
Reduktionsfaktoren k_2 som funktion af det relative slankhedsforhold λ er vist i fig. 3x og 4x.



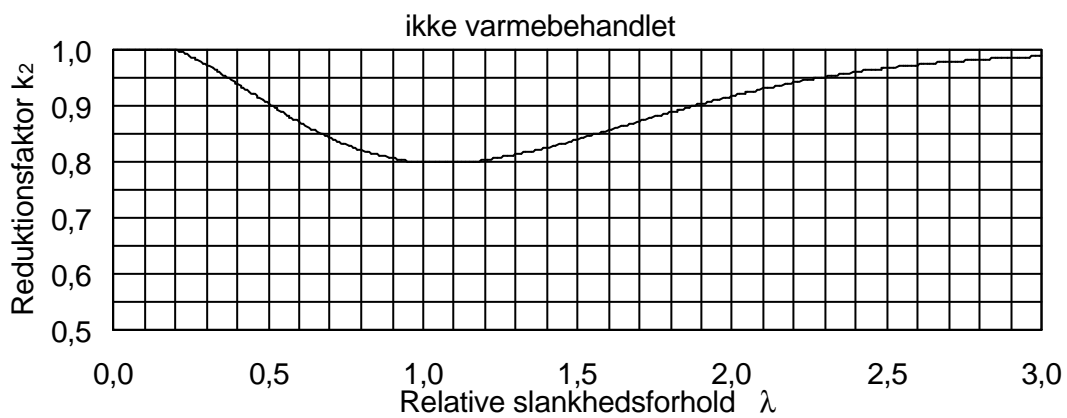
Figur 1x. Søjlereduktionsfaktor



Figur 2x. Reduktionsfaktor for asymmetriske U, L, T - profiler ($\psi = 0,43$)



Figur 3x. Reduktionsfaktor for opsvejste profiler ($k_{haz} = 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1,0$)



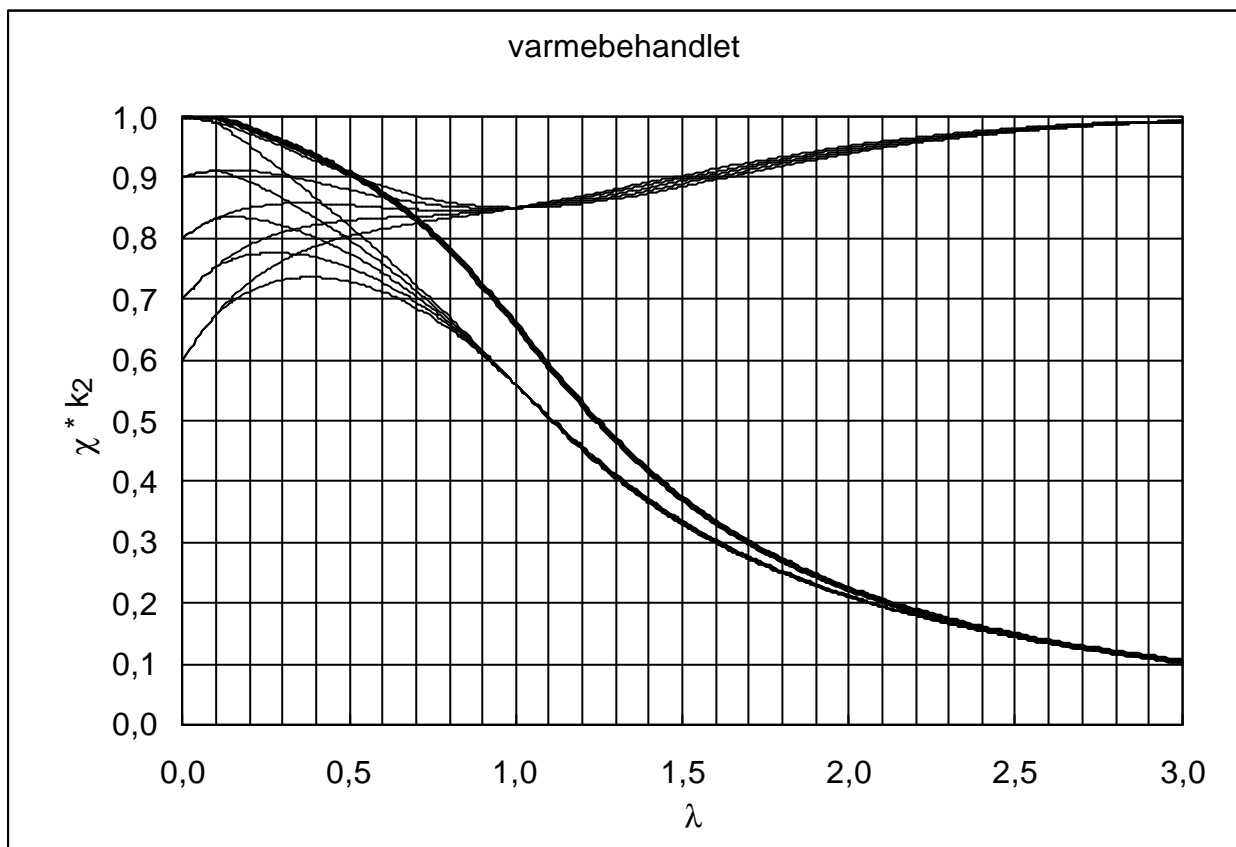
Figur 4x. Reduktionsfaktor for opsvejste profiler

Kommentarer

Ifølge figur 3x er reduktionsfaktoren k_2 for opsvejste profiler med langsgående svejseømme konstant lig med 0,85 for $\lambda = 1,0$ uafhængig af udbredelsen af den varmpåvirkede svejsezone A_{haz} og styrkereduktionsfaktoren ρ_{haz} .

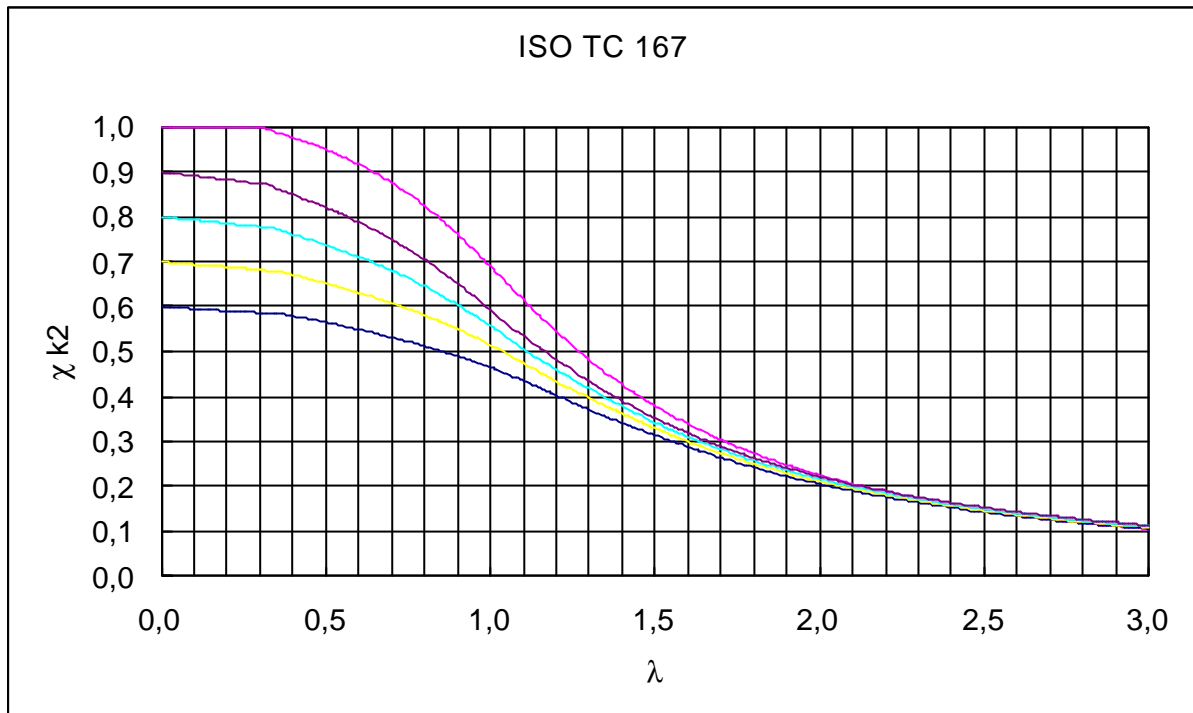
Hvis der kun svejses ganske lidt vil faktoren k_{haz} nærme sig 1,0, og reduktionsfaktoren k_2 burde derfor gå imod 1,0 for alle værdier af det relative slankhedsforhold λ .

Ved at multiplere søjlereduktionsfaktoren χ fra grundkurven for ikke svejste profiler med svejsereduktionsfaktoren k_2 fås følgende stabilitetskurver for symmetriske opsvejste profiler med langsgående svejseømme $f_s = \chi k_2$



Søjlekurver i Eurocode 9 viser i dette tilfælde stigende stabilitetsbæreevne for en forøgelse af søjlens slankhed i området $\lambda = 0 \sim 0,3$. Dette vil betyde, at f. eks. en lang søjle inden for dette slankhedsinterval vil have en større bæreevne end en kort søjle.

Til sammenligning er de tilsvarende søjlekurver ifølge ISO/TC 167/SC 3 draft fra 1991 optegnet for $k_{\text{haz}} = 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9$ og $1,0$.



Påbaggrund af disse kurver kan følgende svejsereduktionsfaktorer optegnes

