



---

**G-PROG STÅL Ståltverrsnitt for Eurocode**

(Ver. 7.11 januar 2017)

# **Brukerveiledning**

## **Ståltverrsnitt for Eurocode**



Programsystemet G-PROG Stål er utarbeidet og eid av :

Norconsult Informasjonssystemer as  
VESTFJORDGATEN 4  
1338 SANDVIKA

Sentralbord      67 57 15 00  
Telefaks         67 54 45 76  
E-post            g-prog@nois.no  
Internett         <http://www.isy.no>

Support           67 57 15 30  
E-post support   g-prog.support@nois.no

© Copyright 1998-2015

**Merk!**

Innholdet i dette dokumentet vil bli endret etter behov uten forutgående varsel.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>i</b>
1.1	Oppbyggingen av brukerveiledningen.....	i
1.1.1	Generelt .....	i
1.1.2	Oppdeling .....	i
1.1.3	Hvordan veiledningen brukes .....	i
1.2	Programoppfølging.....	ii
1.2.1	Support .....	ii
1.2.2	Programvedlikehold.....	ii
1.2.3	Programvareutvikling .....	ii
1.3	Kort oversikt.....	iii
1.3.1	G-PROG Konseptet .....	iii
1.3.2	Programoversikt Ståltverrsnitt for Eurocode .....	iii
<b>2</b>	<b>Hvordan bruke programmene</b>	<b>5</b>
2.1	Kom i gang .....	5
2.2	Brukergrensesnittet.....	6
2.2.1	Hjelpevinduet .....	6
2.2.2	Bruk av Registry .....	7
2.2.3	Utskriftsmaler .....	7
2.2.4	Angre og Gjenopprett .....	7
2.2.5	Utklippstavle (Klipp og lim).....	8
2.2.6	PopUp menyer (høyre mustast) .....	8
2.3	Lisenshåndtering .....	8
2.4	Profiltabeller .....	9
2.4.1	Standard profiltabeller .....	9
2.4.2	Egendefinerte profiler .....	10
2.5	Øke tverrsnitt.....	10
2.6	Branndimensjonering .....	10
2.7	Konsentrerte laster.....	11
2.8	Aksesystem og fortegn for krefter .....	11
<b>3</b>	<b>Kjørebekrivelse</b>	<b>13</b>
3.1	Start av programmet .....	13
3.2	Oppbygging av vinduet .....	13
3.3	Fil .....	14
3.3.1	Ny .....	14
3.3.2	Åpne .....	14
3.3.3	Lukk.....	15
3.3.4	Lagre.....	15
3.3.5	Lagre som .....	15
3.3.6	Dokumentinformasjon .....	15
3.3.7	Firmaopplysninger.....	15
3.3.8	Utskriftsformat .....	16
3.3.9	Innhold utskrift .....	20
3.3.10	Forhåndsvisning .....	20
3.3.11	Skriv ut .....	21
3.3.12	Velg skriver .....	21
3.3.13	Dokumentliste.....	21

	3.3.14	Avslutt .....	21
3.4		Rediger .....	21
	3.4.1	Angre .....	21
	3.4.2	Gjenopprett .....	21
	3.4.3	Klipp ut .....	21
	3.4.4	Kopier .....	22
	3.4.5	Lim inn .....	22
	3.4.6	Slett .....	22
	3.4.7	Sett inn .....	22
	3.4.8	Endre grenser .....	22
3.5		Rediger for profiltabeller .....	23
	3.5.1	Tillat editering .....	23
	3.5.2	Ny profilliste .....	23
	3.5.3	Nytt profil .....	23
	3.5.4	Slett profil .....	24
3.6		Vis .....	24
	3.6.1	Profiltabeller .....	24
	3.6.2	Verktøylinje .....	25
	3.6.3	Statuslinje .....	25
	3.6.4	Hjelpevindu .....	26
	3.6.5	Alternativer .....	26
	3.6.6	Farver .....	26
3.7		Eurocode .....	27
3.8		Profil .....	27
	3.8.1	Åpne .....	27
	3.8.2	Nytt oppsveist profil .....	27
3.9		Profil for profiltabeller .....	28
	3.9.1	Ny .....	28
	3.9.2	Åpne .....	28
	3.9.3	Lukk .....	28
	3.9.4	Åpne ASCII .....	29
	3.9.5	Les inn ASCII i denne .....	29
	3.9.6	Lagre .....	29
	3.9.7	Lagre som .....	29
	3.9.8	Lagre som ASCII .....	29
	3.9.9	Nytt oppsveist profil .....	29
3.10		Data .....	30
	3.10.1	Materialdata .....	30
	3.10.2	Geometri .....	31
	3.10.3	Geometri grafisk .....	33
	3.10.4	Krefter .....	33
	3.10.5	Beregning av konstanter for vipping og interaksjon .....	34
	3.10.6	Konsentrerte laster .....	35
	3.10.7	Beregning .....	35
3.11		Resultater .....	36
	3.11.1	Utnyttelser .....	36
	3.11.2	Tverrsnittskontroll .....	36
	3.11.3	Tverrsnittskontroll for et sett med snittkrefter .....	37
	3.11.4	Knekking .....	37
	3.11.5	Knekkingsskontroll for et sett med snittkrefter .....	38
3.12		Vindu .....	38
3.13		Hjelp .....	39
<b>4</b>		<b>Fortegnelse over innleste data og resultater</b>	<b>41</b>
	4.1	Inndata .....	41
	4.1.1	Materialdata .....	41
	4.1.2	Geometri .....	41
	4.1.3	Lastvirkninger .....	44
	4.1.4	Konsentrerte laster .....	45

4.2	Resultater.....	45
4.2.1	Konsentrerte laster.....	45
4.2.2	Utnyttelse.....	45
4.2.3	Tverrsnittskontroll, oversikt.....	46
4.2.4	Tverrsnittskontroll, detaljert.....	46
4.2.5	Plateknekking.....	47
4.2.6	Knekkingskontroll, oversikt.....	47
4.2.7	Knekkingskontroll, detaljert.....	47
<b>5</b>	<b>Forståelse av resultater</b>	<b>49</b>
5.1	Generelt.....	49
5.2	Lastvirkninger.....	49
5.3	Konsentrerte laster.....	49
5.4	Utnyttelse.....	50
5.5	Tverrsnittskontroll.....	50
5.6	Detaljer til tverrsnittskontroll.....	50
5.7	Stegknekking.....	51
5.8	Knekkingskontroll.....	51
5.8.1	Knekking om horisontal akse.....	51
5.8.2	Knekking om vertikal akse.....	51
5.8.3	Torsjonsknekking.....	51
5.8.4	Vipping.....	52
5.8.5	Interaksjon.....	52
5.9	Fortegnsregler.....	52
<b>6</b>	<b>Teori</b>	<b>53</b>
6.1	Generelt.....	53
6.2	Aksesystem og fortegnregler.....	53
6.3	Materialdata.....	54
6.3.1	Generelt.....	54
6.3.2	Flytespenningsforholdet $\epsilon$ .....	55
6.3.3	Fysiske størrelser (punkt 3.2.6).....	55
6.3.4	Partialfaktorer og dimensjonerende materialfasthet (punkt 6.1).....	55
6.4	Profiltabeller.....	55
6.4.1	Oppsveiste profiler.....	55
6.5	Tverrsnittsklasser (kap. 5.5).....	63
6.5.1	Effektivt tverrsnitt.....	63
6.5.2	Shear lag.....	64
6.5.3	Spesielt for dette programmet gjelder.....	64
6.6	Dimensjonering.....	64
6.6.1	Spenningskontroll.....	65
6.6.2	Stabilitetskontroll, kap. 6.3.....	72
6.6.3	Branndimensjonering.....	78
6.6.4	Konsentrerte laster.....	79
<b>7</b>	<b>Feilsituasjoner</b>	<b>81</b>
7.1	Feilmeldinger som hører til profiltabellene.....	81
7.2	Feilmeldinger som hører til beregningene.....	82
<b>8</b>	<b>Programhistorikk</b>	<b>85</b>
8.1	Generelt.....	85
8.2	Rev. 6.20 September 2009.....	85
8.3	Rev. 6.20.1 September 2010.....	85
8.4	Rev. 6.21 mars 2011.....	85
8.5	Rev. 7.00 september 2013.....	85
8.6	Rev. 7.10 desember 2015.....	86
8.7	Rev. 7.11 januar 2017.....	86

<b>9</b>	<b>Eksempler</b>	<b>89</b>
9.1	I-tverrsnitt med trykkraft. ....	89
9.2	Branndimensjonering.....	97
<b>10</b>	<b>Ordforklaringer</b>	<b>cv</b>
<b>11</b>	<b>Indeks</b>	<b>109</b>

# 1 Introduksjon

## 1.1 Oppbyggingen av brukerveiledningen

### 1.1.1 Generelt

Brukerveiledningen leveres i to formater på CD sammen med programmene. Dels leveres den på Acrobat-format, slik at den kan leses og skrives ut med Adobe Acrobat Reader ver. 7.0. Dels leveres den som Hjelp-fil, slik at de enkelte punktene kan leses og skrives ut med Hjelp-kommandoene i Windows. I dette ligger også OnLine Hjelp, som gjør at du fra de enkelte valgene i programmet direkte kan åpne tilsvarende punkt i Hjelp-filen.

Ved at det er lagt vekt på at de enkelte punktene på Hjelp-filen skal være komplette blir det noen gjentakelser i Acrobat-filen.

Det er lagt vekt på bruk av eksempler. Dette for å illustrere bruken av programmet.

Vi forutsetter at du har kjennskap til Windows. Av den grunn har vi ikke beskrevet hvordan du håndterer Windows. Trenger du kunnskaper om dette henviser vi til annen litteratur, eller hjelpesystemet.

### 1.1.2 Oppdeling

**Kap 0** gir en oversikt over denne brukerveiledningen samt support.

**Kap 1** Introduksjon gir en orientering om G-PROG generelt og programmet i denne brukerveiledningen spesielt.

**Kap 2** Hvordan bruke programmene viser hvordan du skal komme igang med programmene.

**Kap 3** Kjørebekrivelse inneholder en omfattende kjørebekrivelse av programmene.

**Kap 4** Fortegnelse over innleste data og resultater inneholder en fortegnelse over alle inndata med grenseverdier og alle resultater.

**Kap 5** Forståelse av resultater gir en forståelse av resultatene.

**Kap 6** Teori viser teorien programmene bygger på.

**Kap 7** Feilsituasjoner tar opp de feilsituasjonene du kan komme i.

**Kap 8** Programhistorikk gir en programhistorikk.

**Kap 9** Eksempler viser eksemplene.

### 1.1.3 Hvordan veiledningen brukes

**Hvis du ikke kjenner programmet**

Kap. 2 Hvordan bruke programmene forteller deg det du trenger for å starte programmet. Her finner du også svar på de spørsmål som ikke er innlysende for alle. Nå kan du starte programmet og begynne å bruke det. Parallelt foreslår vi at du leser kap. 3 Kjørebekrivelse i brukerveiledningen. Dette kapitlet forklarer alle menyvalg og vinduer du kommer til. Denne informasjonen vil også være tilgjengelig i Hjelp OnLine.

Som ny bruker kan det være en fordel å kjøre gjennom demoeksemplene som er lagt ved i Kap 9 Eksempler.

Vi anbefaler også at du gjør deg kjent i teorikapitlet.

### Hvis du kjenner programmet

Kap. 2 Hvordan bruke programmene forteller deg det du trenger for å starte programmet. Her finner du også de viktigste endringene i bruken av siste versjon, sammenlignet med tidligere versjoner. Nå kan du starte programmet og begynne å bruke det. Bruk hjelp-systemet, evt. slå opp i kap. 3 Kjørebekrivelse i brukerveiledningen når det er noe du lurer på.

## 1.2 Programoppfølging

### 1.2.1 Support

Norconsult Informasjonssystemer as har en fast betjent supporttelefon hvor du får svar på spørsmål om våre programmer.

Norconsult Informasjonssystemer as  
Vestfjordgt. 4  
1338 SANDVIKA  
Sentralbord 67 57 15 00  
Brukerstøtte 67 57 15 30  
Telefaks 67 54 45 76  
E-post g-prog.support@nois.no  
Internett <http://www.isy.no>

### 1.2.2 Programvedlikehold

Norconsult Informasjonssystemer as tilbyr vedlikeholdsavtale på våre produkter som gir deg nye revisjoner av programvare, brukerveiledninger samt gratis supporttjeneste pr. telefon.

Du vil også bli holdt orientert om, og selv kunne påvirke, nyutvikling og revisjonsarbeid gjennom informasjonsblader, seminarer og brukermøter.

### 1.2.3 Programvareutvikling

Alle våre programmer er under stadig utvikling og forbedring. Nye standarder, programmeringsverktøyer, brukere og prosjekttyper gjør at programmet revideres. Brukerveiledningene revideres sammen med programmene.

Vi er opptatt av at våre programmer skal tilfredsstill brukernes behov, og ønsker derfor å holde kontakt med brukerne av Norconsult Informasjonssystemers standardprogrammer eller spesialutviklede programmer. Dette for å kunne oppdatere programmene slik at disse er tidsmessige og i tråd med det som er brukernes behov.



## 1.3 Kort oversikt

### 1.3.1 G-PROG Konseptet

Betegnelsen G-PROG står for Norconsult Informasjonssystemers programvare, og denne programvaren er etterfølgeren til de velkjente og utbredte programsystemene i den tidligere Grønerpakken.

G-PROG er inndelt i to hoveddeler: G-PROG Teknikk og G-PROG PA. G-PROG Stål er en del av G-PROG Teknikk.

G-PROG-Teknikk er et verktøy for løsning av de fleste beregningsoppgaver konsulentene møter i sitt daglige prosjekteringsarbeid, for eksempel betong-, stål- og tredimensjonering, statikk- og geoteknikkoppgaver, arbeidstegninger og overføring til DAK-systemer.

G-PROG PA er et velegnet verktøy for kommuner, fylkeskommuner, byggherrer, byggeledere, konsulenter, arkitekter og entreprenører i deres arbeid med prosjekt-administrative oppgaver.

### 1.3.2 Programoversikt Ståltverrsnitt for Eurocode

Dette er et enkelt, kompakt program som brukes til å beregne ståltverrsnitt etter NS-EN 1993 (1. utgave, mars 2008). Det norske nasjonale tillegget (NAD 2008) og rettelsesbladet (AC 2009) er innarbeidet i programmet. Beregningen innefatter både spenningskontroll og stabilitetskontroll. Det er også mulig å søke etter tverrsnitt som gir en utnyttelse under 1.0. Programmet dekker følgende profiltyper:

I-tverrsnitt, dvs HEA- HEB-, HEM-, IPE- og INP-profiler.

Sirkulære rør-tverrsnitt.

Varm- og kallvalsede rektangulære rørtverrsnitt.

U- tverrsnitt, dvs UNP-, PFC-, UAP- og UPE-profiler.

L-tverrsnitt.

T-tverrsnitt.

Usymmetriske I-profiler.

Hatte-profiler.

Det er 3 hovedgrupper av data som skal legges inn. Det er materialdata, geometri og krefter. I flere av delene vil programmet selv komme med forslag. Forslagene kan du overstyre på permanent basis, eller bare i den aktuelle beregningen.

Programmet benytter samme profildatabase som G-PROG Ramme. Det er også mulig definere egne tverrsnitt, enten ved å gi tverrsnittsmålene eller ved å gi inn alle tverrsnittskonstantene.

I programmet er det også en avansert og oversiktlig utskriftstyring. Med denne kan du få skrevet ut akkurat det du trenger. Du kan også bestemme layouten på utskriften.



# 2 Hvordan bruke programmene

## 2.1 Kom i gang

Dobbelklikk på ikonet Ståltverrsnitt.



Hvis du skal lage en nytt dokument klikker du på **Fil/Ny**. Hvis du skal ta opp et eksisterende dokument, klikker du på **Fil/Åpne**, og møter Windows normale Åpne Fil-vindu.

Hvert dokument vises i et tredelt vindu. Venstre del av vinduet viser data som en trestruktur, hvor du velger hvilke data du vil ha frem. Disse vises i øvre høyre del av vinduet, samtidig som nedre høyre del gir et grafisk bilde av disse eller nærliggende data. I de tilfeller du kan gi inn data grafisk bruker du dette delvinduet. Du kan endre størrelse både på hele vinduet og de inngående delvinduene.

Statuslinjen, lengst ned i vinduet, viser en forklarende tekst til det datafelt du velger.

Du får også opp et eget hjelpevindu, som kan slås av og på med **Vis/Hjelpevindu**. Dette vinduet viser en grafisk forklaring av de inndata du holder på med, ekstra informasjon om det skjermbilde som er aktivt, og forklarende tekst for det datafelt du velger. Du kan endre størrelse både på hjelpevinduet og de inngående delvinduene, og du kan la det flyte eller låse det til en side.

En naturlig rekkefølge å angi data på i fagdelen er Materialdata, Geometri og Krefter.

Så velger du beregning, ved å klikke på **Data/Beregning**, eller på "=" på verktøylinjen.

Deretter kan du se på de resultatene du måtte ønske.

Før utskrift og beregning er det naturlig å lagre data. Dette kan også gjøres oftere. Du kan lagre eksisterende dokumenter på nytt ved å klikke **Fil/Lagre**. Gjelder det et nytt dokument, eller du skal skifte navn på dokumentet, klikker du på **Fil/Lagre som**.

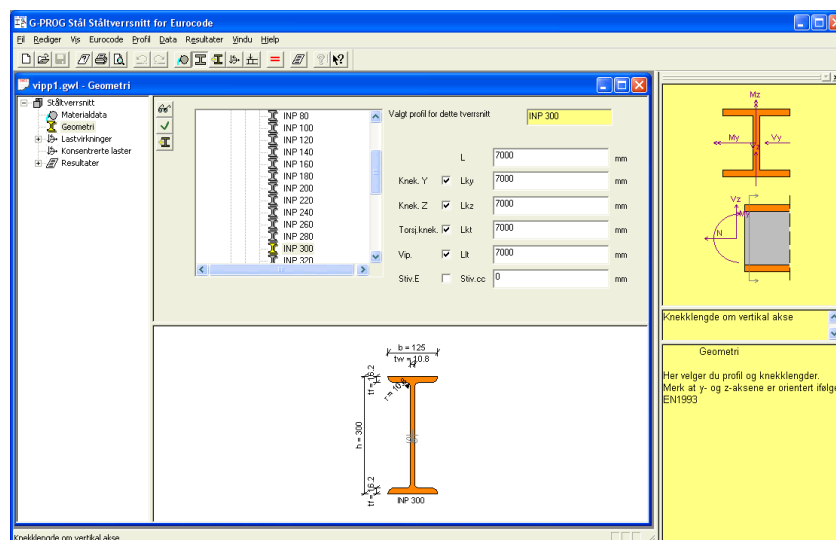
Før utskrift velger du hva som skal være med på utskriften ved å klikke på **Fil/Innhold utskrift**. Deretter skriver du ut ved å klikke på **Fil/Skriv ut**. Du kan også endre på utskriftsformatet og foreta en forhåndsvisning. Dette gjøres også under **Fil**.

For å avslutte et dokument kan du lukke tilhørende vindu eller klikke på **Fil/Avslutt**.

De fleste av disse funksjonene er også tilgjengelige fra verktøytastene.

## 2.2 Brukergrensesnittet

Brukergrensesnittet er laget etter samme retningslinjer som for programmene i henhold til NS3472. Derved kan tidligere G-PROG-brukere kjenne seg igjen og komme raskt igang.



I prinsippet vises hvert dokument i et vindu, og det er mulig å ha mange dokumenter åpne samtidig. Hvis det er behov for det er det også mulig å åpne flere vinduer fra samme dokument.

For å forstå brukergrensesnittet er det nødvendig å forstå forskjellen på funksjoner og data.

**Funksjoner** er mulige handlinger som du kan foreta. Alle funksjoner er tilgjengelige som menyvalg, og i tillegg er de viktigste funksjonene tilgjengelige som verktøytaster.

**Data** er de tallverdier du gir inn, og de resultater som beregnes. Data er organisert i datagrupper, som vises i datavinduer. Her kan du endre alle inndata. I tillegg kan en del inndata gis eller endres grafisk.

Trestrukturen, til venstre i dokumentets vindu, viser hvordan datagruppene er strukturert. Her kan du åpne og lukke de datagruppene som har undergrupper. Når du velger en datagruppe i trestrukturen blir denne vist i tilhørende vindu.

Ikonene i treet har forskjellig farge. Gult betyr at det er denne datagruppen som er vist i delvinduene ved siden av. Rødt betyr enten at datagruppen mangler nødvendige inndata, eller at datagruppen skal inneholde resultater som ikke er beregnet ennå.

Det er også mulig å oppfatte det å velge en datagruppe som en funksjon. Derfor finnes visning av alle datagrupper som menyvalg, og de viktigste datagruppene i tillegg som verktøytaster.

Rekkene med verktøytaster kan flyttes, og du kan velge om du vil låse dem til en av kantene eller la dem flyte.

### 2.2.1 Hjelpvinduet

For mange brukere kan det føles tungvint å måtte velge hjelp hver gang en lurer på noe. Derfor har vi laget et eget hjelpvindu som kan være åpent under hele kjøringen. Her viser vi veiledende tekst både for vinduet og det enkelte datafelt. I tillegg viser vi en skisse, hvor inndata i det aktive vinduet er vist grafisk, og hvor de data du arbeider med akkurat nå er fremhevet. Dette vinduet kan slås av og på på samme måte som verktøytastene og statuslinjen. Du kan også forandre

størrelsen på hjelpevinduet, og på delvinduene i dette, og du kan la vinduet flyte eller låse det til en av kantene.

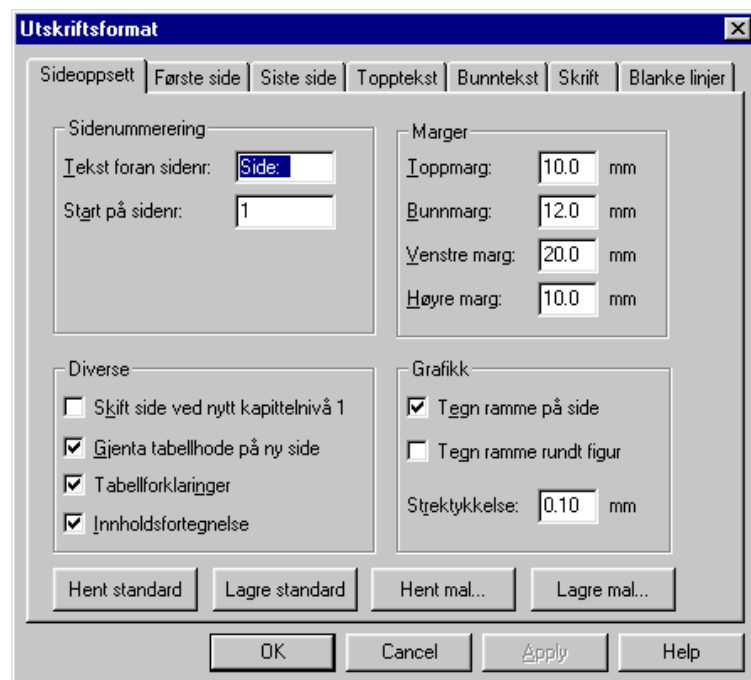
## 2.2.2 Bruk av Registry

Windows inneholder et system hvor all bruker- og programspesifikk informasjon lagres i et system som heter Registry. G-PROG Stål benytter dette til å lagre størrelse og plassering av vinduer, fargevalg, utskriftsformat osv..

Også henvisningen til hvilken profiltabell du benytter ligger her.

## 2.2.3 Utskriftsmaler

Den tidligere prosjektboken, som inneholdt både en liste over inngående dokumenter og en beskrivelse av utskriftsformatet er, etter innspill fra brukerne, fjernet. Isteden er det innført maler for utskriftsformat.



Disse kan du lagre og åpne på samme måte som dokumenter. De har suffikset .gtp, noe også prosjektboken tidligere hadde. De tidligere prosjektbøkene kan faktisk brukes som maler av de som ønsker dette, selvfølgelig uten at fillisten lenger er relevant.

I tillegg kan du lagre ett utskriftsformat som standard. Dette blir benyttet for alle nye dokumenter som blir laget. Dette utskriftsformatet ligger i Registry.

De nye funksjonene Hent standard og Hent mal brukes for endre utskriftsformatet for det aktive dokumentet i henhold til det format du valgt.

Se også **Fil/Utskriftsformat**.

## 2.2.4 Angre og Gjenopprett

Under **Rediger** finnes valgene Angre og Gjenopprett. Med Angre kan du oppheve hver endring av inndata som du har gjort, enten det er gjort i det grafiske eller det alfanumeriske vinduet. Hvis du har opphevet for mange endringer kan du også tilbakeføre dem med Gjenopprett.

Derimot er det ikke mulig å oppheve funksjoner du har utført. Derfor vil bufferet med Angre-data tømmes hver gang du beregner. Bufferet med Gjenopprett-data vil tømmes hver gang du gir inn data.

Disse valgene finnes også som verktøytaster.

## 2.2.5 Utklippstavle (Klipp og lim)

Under **Rediger** finnes nå valgene Klipp ut, Kopier og Lim inn. Disse funksjonene virker på forskjellig måte, avhengig av hvilket delvindu som er aktivt.

Hvis det alfanumeriske vinduet er aktivt virker de på samme måte som i for eksempel et tekstbehandlingsprogram. Markert tekst, eller markerte felter i en tabell, blir kopiert til utklippstavlen, og kan limes inn igjen i valgfritt inndatafelt eller tabell. Verdiene blir kontrollert og godkjent etter at de er lest inn. Verdiene kan også limes inn i andre programmer som tar vanlig tekstformat.

Hvis vinduet som viser datastrukturen er aktivt kopieres hele datagruppen inn til utklippstavlen. Disse dataene kan kun limes inn i en lik datagruppe. Hvis du har flere dokumentvinduer åpne samtidig kan du også bruke trekk og slipp for kopiere data mellom forskjellige datastrukturer. Markøren viser om data kan kopieres eller ikke.

Det er ikke mulig å bruke klipp og lim mellom filer fra versjon 6 og versjon 7.

## 2.2.6 PopUp menyer (høyre mustast)

Programmet bruker høyre mustast for å aktivisere så kalte PopUp menyer for funksjoner som er nært knyttet til bestemte objekter i vinduet. I en tabell kan du på denne måten slette og tilføye linjer, samtidig som du kan bruke utklippstavlen. I trestrukturen for data kan du få frem funksjonene til Utklippstavlen.

Alle disse funksjonene er også tilgjengelige fra hovedmenyen.

## 2.3 Lisenshåndtering

Fra versjon 6.20 har vi implementert et nytt og sikrere lisenshåndteringssystem. Dette er samme system som bl.a. AutoCad benytter, og det er svært driftssikkert. Flerbrukerlisenser forutsetter at din PC er knyttet til en sentral lisensserver, som administrerer lisensene. Singellisenser kan enten knyttes til en USB-lås, hvis du ønsker å kunne flytte rettigheten mellom flere maskiner, eller knyttes til en bestemt maskin hvis du ikke trenger å kunne flytte lisensen.

Fra versjon 7.00 bruker vi versjon 11.11.1 av dette lisenssystemet. Dette er en nødvendig overgang for at lisenssystemet skal fungere under Windows 7 og sammen med IP6.

Vi har samlet all dokumentasjon om lisenssystemet i en egen brukerveiledning.

## 2.4 Profiltabeller

### 2.4.1 Standard profiltabeller

Navn	HE 340 A	ly	2.769e-004	m4
h	0.330	m	lz	7.436e-005
b	0.300	m	Wy	1.680e-003
tf(flens)	0.0165	m	Wz	4.960e-004
tw(steg)	0.0095	m	Wpy	1.850e-003
r	0.0270	m	Wpz	7.430e-004
Flate	1.7900	m2/m	It	1.280e-006
Atot	1.335e-002	m2	Iw	1.820e-006
Ajiv	2.822e-003	m2		
G	105.00	kg/m		

Programmet benytter samme profiltabell som G-PROG Ramme. Denne bruker tabellverdiene fra Stålhåndboka. Før programmet blir sendt fra oss blir denne konvertert til det interne dataformatet som G-PROG Stål benytter. Den får navnet "stalprofiler.s7pr" og ligger samme sted som programmet.

Når programmet starter åpner det samtidig profiltabellen. Denne ligger skjult i brukergrensesnittet, men de brukere som ønsker å forandre profiltabellen har mulighet for dette. Det sier seg selv at resultatene da forutsetter at profiltabellen fortsatt er korrekt.

For å se profiltabellen velger du **Vis/Profiltabeller**. Da får du samtidig muligheten til å laste inn andre profiltabeller, enten i G-PROG format eller som tekstfiler. Hvis du i tillegg velger **Rediger/Tillat editering**, får du også mulighetene til å endre verdier, tilføye og slette profiler og lagre profiltabeller.

Hvis du lukker vinduet med profiltabellen har du ikke lenger noen profiltabell knyttet opp mot kjøringen. Programmet gir melding om dette, og du får anledning til å søke etter den tabell du vil benytte.

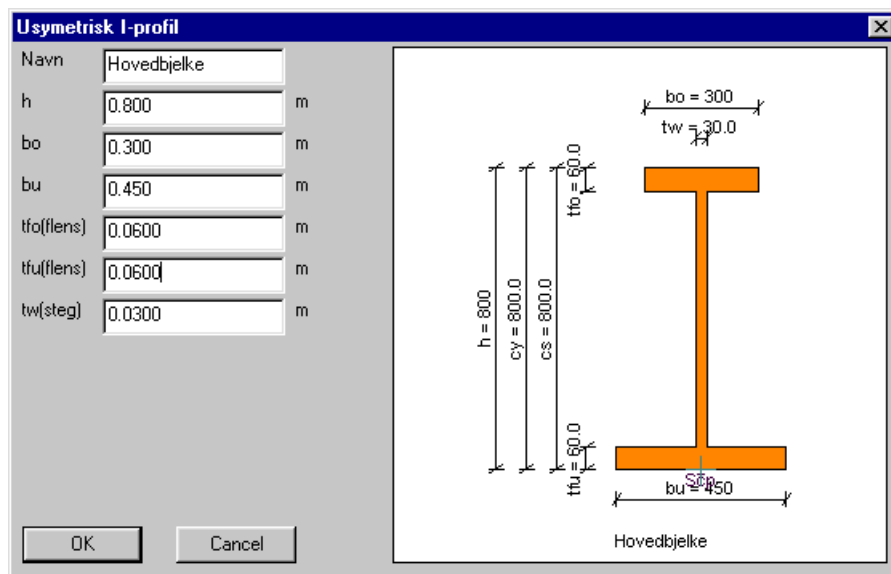
Det samme skjer hvis programmet ikke finner noen profiltabell ved oppstart. Programmet prøver først å åpne den profiltabell du benyttet ved forrige kjøring, og deretter "stalprofiler.s7pr" på samme områder som programmet. Hvis ingen av disse blir funnet får du anledning til selv å søke etter profiltabellen. Programmet gir også en advarsel hvis du knytter opp en profiltabell hvor du har gjort endringer.

Fra versjon 7.20 brukes en profiltabell som heter "SteelProfiles.s7pr". Dette er samme tabell som blir benyttet i ISY Design for stål. Fordi eksisterende beregninger kontrollerer at stålprofilene som er benyttet ikke er forandret, vil du for gamle kjøringer få et spørsmål om du heller vil bruke den gamle tabellen.

Endringene er i de aller fleste tilfeller små, og handler hovedsakelig om at en rekke dimensjoner for rør og L-tverrsnitt er gått ut og blitt erstattet av andre. Det er derfor oftest å anbefale å bruke den nye tabellen også på eksisterende kjøringer, og gjøre en ny beregning.

## 2.4.2 Egendefinerte profiler

Du har også muligheten å definere egne profiler.



I tabellen over mulige profiler i Geometri-vinduet kan du bruke høyre musetast for å få frem en PopUpMeny, hvor du har muligheten for lage nye profiler eller endre tidligere profiler. Også de egendefinerte profilene havner i en profiltabell, som i utgangspunktet er skjult for brukeren. Hvis du ønsker å bruke de egendefinerte profilene i flere kjøringar må denne profiltabellen lagres. Dette får du automatisk spørsmål om når du avslutter programmet. Hvis du ikke ber om noe annet får denne tabellen navnet "Oppsvel.s7pr" og lagres samme sted som kjøringen. Men hvis du velger **Vis/Profiltabeller** har du mulighet både å lagre tabellen hvor du vil og åpne flere tabeller samtidig.

## 2.5 Øke tverrsnitt

Under beregning finnes et valg "Øke tverrsnittet ved behov". Hensikten med dette er at du enkelt skal kunne finne frem første profil av samme type som holder. For I-profiler ønsker en oftest å finne det profil med lavest vekt som holder, mens det for rørprofiler ofte er ytterdimensjonene som avgjør. Programmet søker seg derfor nedover i profiltabellen, inntil det finner et profil av samme type som oppfyller kravene. Profilene i tabellen er sortert etter stigende ytterdimensjoner, og innenfor hver dimensjon etter godstykkelse. For I-profiler er HEA, HEB og HEM lagt i forskjellige profiltabeller, da disse vanligvis har forskjellige bruksområder.

## 2.6 Branndimensjonering

Programmet inkluderer beregning for branndimensjonering. Etter NS-EN 1993-2 skal branndimensjonering gjøres ved å redusere flytegrense og elastisitetsmodul for høye temperaturer, men kan også gjøres ved å beregne en kritisk temperatur ut fra utnyttelsen i romtemperatur. Programmet kan gjøre begge beregningene. Under materialdata velger du om du ønsker branndimensjonering, og hvilken temperatur du ønsker å dimensjonere for. Alle resultater og utnyttelser vil da gjelde for denne temperaturen, og i tillegg beregner programmet kritisk temperatur. Se videre "Branndimensjonering" på side 78.

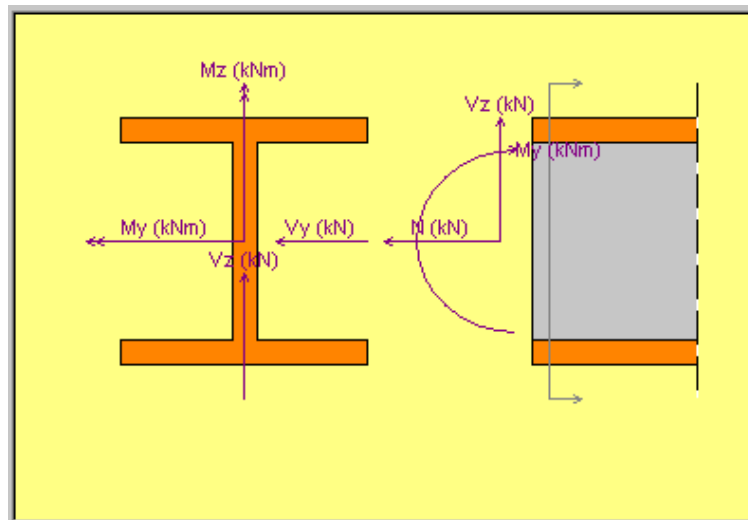


## 2.7 Konsentrerte laster

Programmet inkluderer også beregning av konsentrerte laster etter kap. 8 i NS-EN 1993-1-5. Du gir inn geometriske data og de aktuelle lastene, og programmet beregner og viser utnyttelse, kapasitet og en rekke mellomverdier. Beregningen er uavhengig av snittkreftene, og det betyr at du selv må kontrollere interaksjon mellom konsentrerte laster og øvrige krefter.

## 2.8 Aksesystem og fortegn for krefter

For å beskrive en stav med ytre krefter er det nødvendig å definere et aksesystem. Dessverre finnes det omtrent like mange mulige aksesystem som det finnes dialekter i Norge.



NS-EN 1993 benytter samme aksesystem som NS3472. Vi har valgt å følge dette aksesystemet i G-PROG Stål. Det betyr at Y-aksen er plassert i horisontalplanet og Z-aksen i vertikalplanet. For en stålbjelke (eller stålsøyle) blir det lokale aksesystemet plassert slik at x-aksen ligger i stavens lengdeakse, y-aksen peker mot venstre og z-aksen peker oppover, når du betrakter tverrsnittet fra startpunktet mot sluttunktet.

Samtidig beholder vi konvensjonen at positiv normalkraft er lik strekk. Når vi betrakter krefter som angriper i stavens startpunkt får vi da følgende fortegn:

Positiv normalkraft er lik strekk.

Positivt moment om Y-aksen gir strekk i underkant.

Positivt moment om Z-aksen gir strekk i venstre side.

Positiv skjærkraft i Y-retningen vil flytte stavenden mot venstre.

Positiv skjærkraft i Z-retningen vil flytte stavenden oppover.



# 3 Kjørebekrivelse

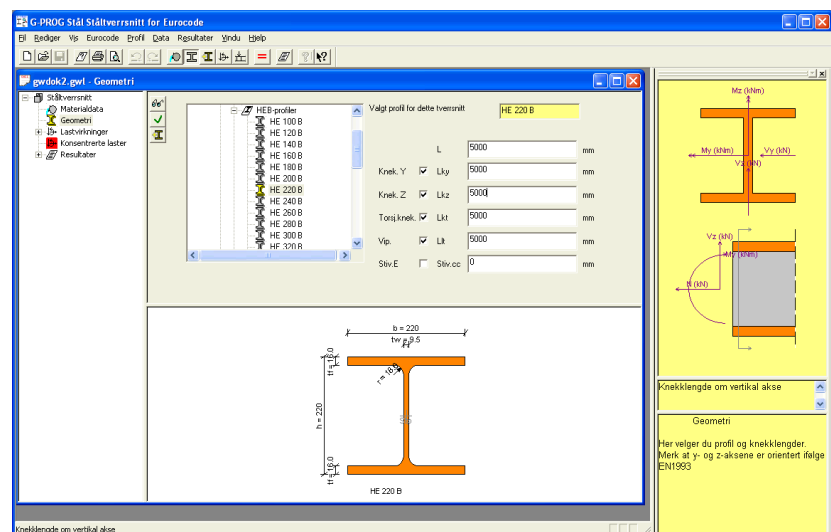
## 3.1 Start av programmet



Du starter programmet ved å dobbeltklikke på ikonet Ståltverrsnitt. Du kommer da inn i vinduet som er vist nedenfor. Når dette er gjort, velger du enten et nytt dokument eller åpner et eksisterende. Se Kom i gang.

Vi har implementert et nytt og sikrere lisenshåndteringssystem fra versjon 6.20. Dette er beskrevet i en egen brukerveiledning.

## 3.2 Oppbygging av vinduet.



Vinduet **Ståltverrsnitt** består av meny-, verktøy- og statuslinje. På arbeidsområdet åpner du de dokumentvinduene du vil jobbe med.

Øverst i vinduet finner du en linje hvor navnet på programmet står, og i hvert dokumentvindu finner du navnet til dokumentet.

På menylinjen er det opp til ni valg: **Fil, Rediger, Vis, Eurocode, Profil, Data, Resultater, Vindu** og **Hjelp**.

Verktøylinjen inneholder 16 knapper, som er et utvalg av det du også kan velge på menylinjen. Følgende valg er tilgjengelige på verktøylinjen:

**Ny, Åpne, Lagre**

**Innhold utskrift, Skriv ut, Forhåndsvisning**

**Angre, Gjenopprett**

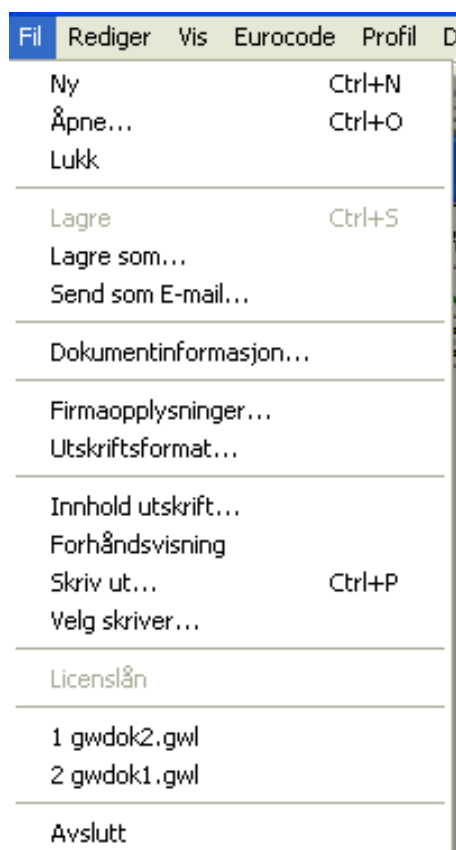
**Materialdata, Geometri, Nytt oppsveist profil, Krefter**

**Beregning**

**Resultater**

**Hjelp indeks, Hjelp**

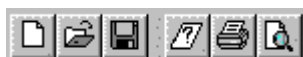
## 3.3 Fil



Under dette menyvalget inngår alt som gjelder åpning av nye/eksisterende dokumenter og utskrift.

I tillegg kan du velge utskrift, utforming av utskriften og innhold.

Tilgjengelige verktøyknapper til denne menyen er: **Ny, Åpne, Lagre, Innhold utskrift** og **Utskrift**.



### 3.3.1 Ny

Her starter du en nytt dokument.

### 3.3.2 Åpne

Her kommer du inn i dialogboksen for Åpne fil i Windows.

### 3.3.3 Lukk

Med dette menyvalget lukker du dokumentet. Hvis dokumentet ikke er lagret, får du spørsmål om du vil lagre det. Du oppnår samme resultat ved å lukke vinduet til dokumentet.

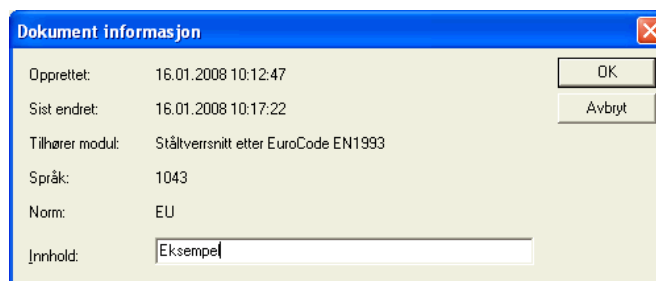
### 3.3.4 Lagre

Med dette menyvalget lagrer du dokumentet under samme navn. Hvis dokumentet ikke har fått noe navn, vises automatisk dialogboksen **Lagre som**.

### 3.3.5 Lagre som

Her kommer du inn i dialogboksen for å lagre dokumenter. Dokumentene lagres automatisk som filtype GW7L for Ståltverrsnitt for Eurocode.

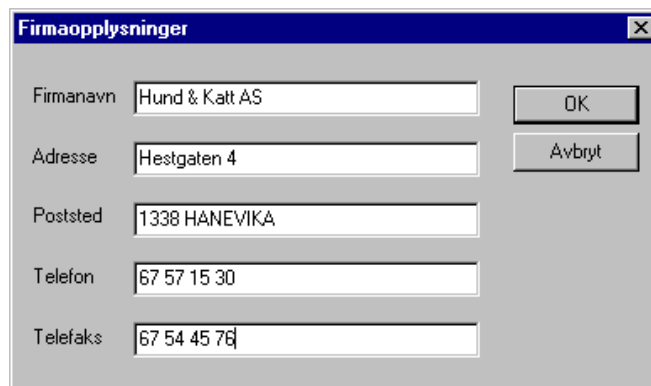
### 3.3.6 Dokumentinformasjon



Dokument informasjon	
Opprettet:	16.01.2008 10:12:47
Sist endret:	16.01.2008 10:17:22
Tilhører modul:	Ståltverrsnitt etter EuroCode EN1993
Språk:	1043
Norm:	EU
Innhold:	Eksempel

Velg **Dokumentinformasjon** for å vise informasjon om det aktuelle dokumentet. Teksten under **Innhold** kan du redigere.

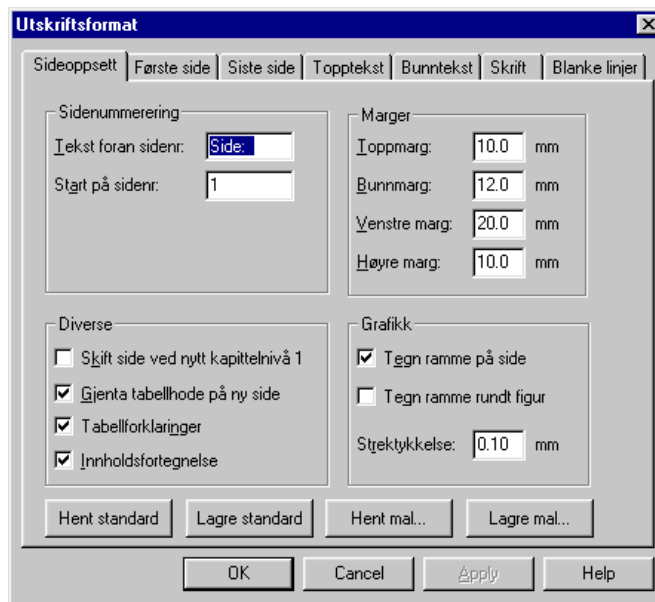
### 3.3.7 Firmaopplysninger



Firmaopplysninger	
Firmanavn	Hund & Katt AS
Adresse	Hestgaten 4
Poststed	1338 HANEVIKA
Telefon	67 57 15 30
Telefaks	67 54 45 76

Her gir du inn de firmaopplysningene som kommer på utskriften. Det du gir inn blir lagret i Registry, og brukes for alle programmer i G-PROG Betong og Stål.

### 3.3.8 Utskriftsformat



I denne dialogboksen endrer du utskriftsformatet for dette dokumentet. Du kan også forandre utskriftsformatet for alle nye dokumenter, og lage maler for utskriftsformat, som du benytter for å få utskrifter som hører sammen til å benytte likt utskriftsformat.

Du lagrer endringer ved å klikke på OK, og opphever endringer ved å klikke på Avbryt (eller Cancel, hvis du har engelsk versjon av Windows).

#### Sidenummerering

Du bestemmer teksten foran sidenummereringen og hvilket sidetall utskriften skal starte på. Om sidenummeret skal være med bestemmer du under toppteksten.

#### Marger

Her kan du definere topp-, bunn-, venstre- og høyremarger for utskriften. Hvis høyre og venstre marg velges så stor at den virkelige sidebredden blir mindre enn den som er forutsatt i programmet, vil teksten kuttes ved høyre kant.

#### Diverse

Her kan du bestemme om du skal ha sideskift mellom kapitler på nivå 1, og om tabellhodet i tabellene skal gjentas ved sideskift i tabellene. Du kan også bestemme om tabellforklaringen og innholdsfortegnelsen skal være med.

#### Grafikk

Hvis du ønsker det, kan du få en ramme rundt hele siden. I tillegg kan du også få en ramme rundt selve figurene. Strektykkelsen for rammene velger du selv.

#### Hent standard

Med dette valget setter du ut alle data for utskriftsformat til de verdier som du har lagret som standardverdier i Registry.

#### Lagre standard

Med dette valget lagrer du gjeldende data for utskriftsformat som standardverdier i Registry.

## Hent mal...

Med dette valget setter du alle data for utskriftsformat til de verdier du har lagret på en malfil. Programmet bruker en standard dialogboks for Åpne Fil.

## Lagre mal...

Med dette valget lagrer du gjeldende data for utskriftsformat på en malfil. Programmet bruker en standard dialogboks for Lagre Som. Programmet beholder ikke informasjon om malfilens navn, derfor brukes ikke Lagre uten filnavn.

## Første side

Her skal du krysse av for om du vil ha med Firmanavn, Adresse, Prosjektoverskrift, Dokumentavhengig overskrift, Dato, Tid, Signatur, Programidentifikasjon og Dokumentidentifikasjon.

Du kan endre både prosjektoverskrift og dokumentavhengig overskrift. Den prosjektavhengige overskriften lagres sammen med andre data på utskriftsmaler og standardverdier, mens den dokumentavhengige overskriften kun gjelder det aktuelle dokumentet. På samme måte blir den prosjektavhengige overskriften byttet ut når du henter inn verdier fra en utskriftsmal eller fra standardverdier.

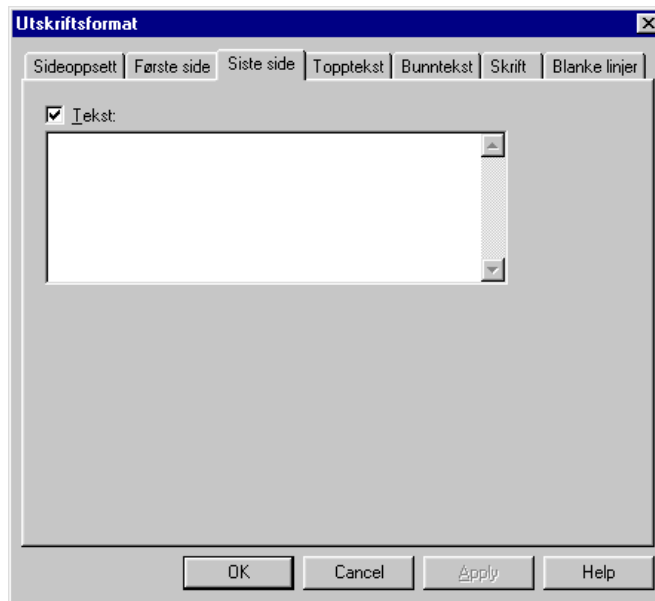
Teksten skrives ut slik den er lagt inn med hensyn til linjeskift.

Initialene dine vises automatisk.

Har du krysset av for Program-identifikasjon, vil navnet på programmet vises på utskriften. Navn på dokumentfilen vil vises hvis du krysset av for Dokument-identifikasjon.

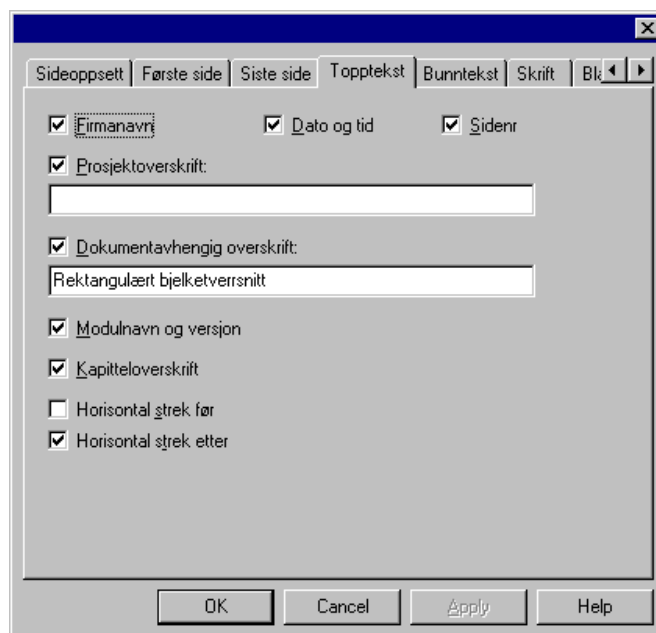
Du lagrer endringer ved å klikke på OK, og opphever endringer ved å klikke på Avbryt.

## Siste side



Her kan du legge inn tekst som blir skrevet ut til slutt. Denne teksten blir lagret i resp. mal.

## Topptekst

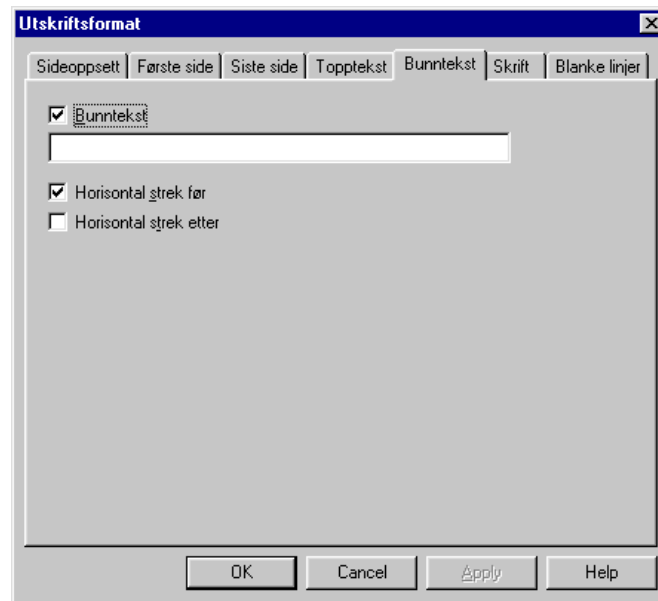


Du velger om du vil ha følgende med i toppteksten: Firmanavn, Prosjektoverskrift, Dokument-avhengig overskrift, Modulnavn og versjon, Kapitteloverskrift, Horisontalstrek før og etter topptekst, Dato og tid samt om Sidenummer skal tas med.

Du kan endre både prosjektoverskrift og dokumentavhengig overskrift. Den prosjektavhengige overskriften lagres sammen med andre data på utskriftsmaler og standardverdier, mens den dokumentavhengige overskriften kun gjelder det aktuelle dokumentet. På samme måte blir den prosjektavhengige overskriften byttet ut når du henter inn verdier fra en utskriftsmal eller fra standardverdier.

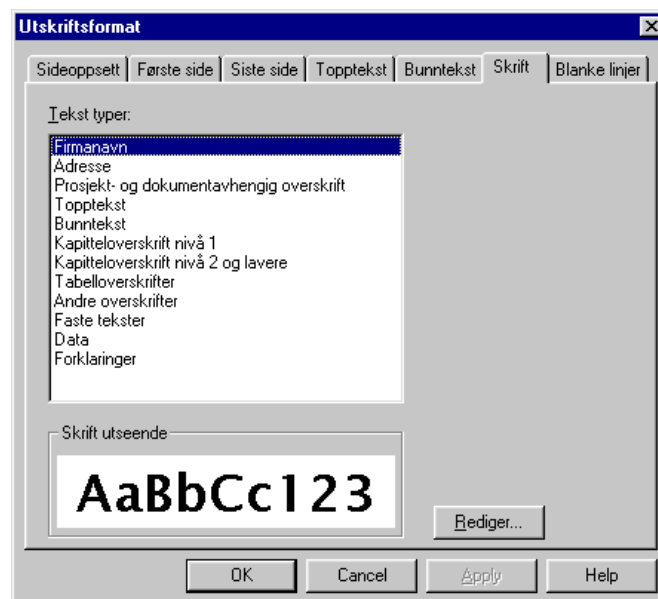


## Bunntekst



Her kan du velge om du skal ha **Bunntekst** og **Horisontalstrek** før og etter teksten. Bunnteksten blir lagret i resp. mal.

## Skrift

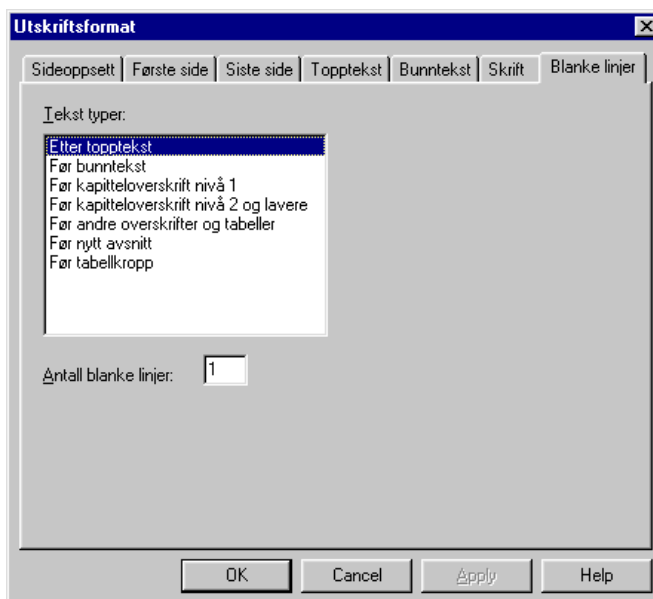


Du kan velge skrift, skrifttype, skriftstørrelse og effekter på alt fra overskrifter til tabeller.

Du velger den aktuelle teksttypen og klikker deretter på **Rediger**. Du kommer da til dialogboksen for valg av skrifttyper o.l. Her klikker du på de aktuelle valgene og bekrefter dem med **OK** eller avbryter med **Avbryt**.

Utseendet på skrifttypene vises i feltet **Skrift utseende**.

## Blanke linjer



Her bestemmer du antall blanke linjer som skal brukes i utskriften. Klikk på tekststypen du vil bruke, og sett deretter inn riktig tall nederst.

### 3.3.9 Innhold utskrift



I denne dialogboksen velger du hva som skal være med på utskriften. Med tastene for Full utskrift, Liten utskrift og Ingen utskrift kan du velge mellom forhåndsdefinerte utskrifter. I tillegg kan du komponere din egen utskrift ved å slå av resp. på de enkelte datagruppene som er vist i trekontrollen. Dette gjør du ved å klikke på ikonet for skriver for resp. datagruppe.

Hvis det er datagrupper som ikke inneholder data, vil de ikke bli skrevet ut selv om de er krysset av.

### 3.3.10 Forhåndsvisning

Velger du dette menyvalget, får du fram en forhåndsvisning av utskriften. Når du er inne i forhåndsvisningen, er følgende valg tilgjengelige: **Skriv ut**, **Se på neste og forrige side**, **Zoom inn og ut**, **To sider** og **Lukk**.

### 3.3.11 Skriv ut

Her vises dialogboksen for utskrift.

### 3.3.12 Velg skriver

Her vises dialogboksen for valg av skriver.

### 3.3.13 Dokumentliste

Dette er en liste over de fire siste dokumentene du har åpnet. Her kan du velge dokument. Hvis det aktive dokumentet ikke er lagret når du velger dette alternativet, vil du få spørsmål om du vil lagre det.

### 3.3.14 Avslutt

Programmet avsluttes med dette valget. Hvis noen dokumenter ikke er lagret når du velger dette alternativet, vil du få spørsmål om du vil lagre dem.

## 3.4 Rediger

Rediger	Vis	Eurocode	Profil	Data
Angre Skrive data				Ctrl+Z
Gjenopprett Skrive data				Ctrl+Y
Klipp ut				Ctrl+X
Kopier				Ctrl+C
Lim inn				Ctrl+V
Slett linje				Alt+Del
Sett inn				Alt+Ins
Endre grenser...				Ctrl+F1

Under dette menyvalget finner du valg som gjelder utklippstavlen, innlegging og sletting av linjer i tabeller og redigering av grenser og standardverdier.

#### 3.4.1 Angre

Med **Angre** opphever du siste endring. Teksten angir hva siste endring besto av.

#### 3.4.2 Gjenopprett

Med **Gjenopprett** opphever du siste **Angre**. Teksten angir hva siste **Angre** besto av.

#### 3.4.3 Klipp ut

**Klipp ut** brukes i forbindelse med utklippstavlen i Windows. Hvis delvinduet med trestrukturen er aktivt klippes hele datagruppen ut, ellers brukes det på markert tekst eller markerte felter i en tabell. Klipp ut for datagrupeer brukes i Ståltverrsnitt kun i profiltabeller.

### 3.4.4 Kopier

**Kopier** brukes i forbindelse med utklippstavlen i Windows. Hvis delvinduet med trestrukturen er aktivt brukes dette på hele datasettet som er vist i det alfanumeriske delvinduet, ellers brukes det på markert tekst eller markerte felter i en tabell.

### 3.4.5 Lim inn

**Lim inn** brukes i forbindelse med utklippstavlen i Windows. Avhengig av hva som er plassert på utklippstavlen vil dette enten lime inn tekst i det aktive feltet eller skrive over tilsvarende datagruppe i aktivt dokument. Hvis en datagruppe kan slettes, vil Lim inn tilføye en slik datagruppe. I Ståltverrsnitt er dette kun aktuelt i profiltabeller. Se "Rediger for profiltabeller" på side 23

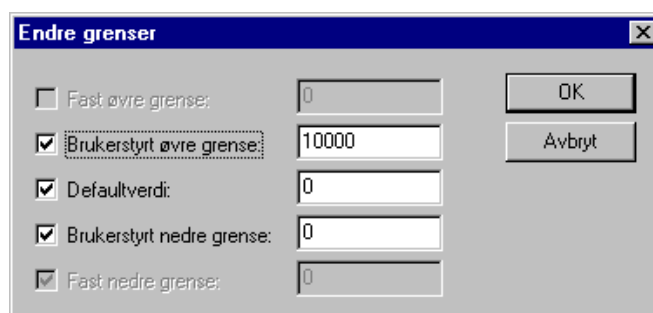
### 3.4.6 Slett

**Slett** sletter markerte linjer i tabellene.

### 3.4.7 Sett inn

**Sett inn** tilføyer blanke linjer i tabellene.

### 3.4.8 Endre grenser



Når du er i det aktive feltet og velger **Endre grenser** på menyen, får du fram dette vinduet. (Du kan også bruke Ctrl F1.) Her vises den faste øvre og nedre grensen. I tillegg får du også fram de brukerdefinerte grensene. Hvis du overskrider disse grensene får du en advarsel. Du kan også endre grensene. Standardverdiene definerer du også her.

Endringer du gjør her, vil gjelde for alle dokumenter du tar opp i dette programmet.

For de feltene hvor det er aktuelt, har vi oppgitt to sett med grenseverdier. Det ene settet er faste øvre og nedre grenser som ikke kan overskrides, mens det andre settet er brukerdefinerte øvre og nedre grenser. De siste brukes til rimelighetskontroll i programmet, og de kan endres etter ønske, men du må holde deg innen de faste grensene. For å kontrollere de faste grenseverdiene for Ståltverrsnitt, se "Fortegnelse over innleste data og resultater" på side 41.

I programmet er det også angitt et forslag til standardverdier. Disse kan du også endre. Standardverdiene i programmet vises sammen med grensene.

Når du forlater det aktuelle feltet, kontrolleres verdiene i feltet mot grenseverdiene. Er verdiene utenfor grensene, får du en melding om dette. I tillegg til at det foretas en sjekk av det aktuelle feltet, vil det også kontrolleres at dataene er logiske i forhold til hverandre. Denne kontrollen utføres når du velger beregning. De betingelsene som ikke er oppfylt, vises i en meldingsboks.

## 3.5 Rediger for profiltabeller

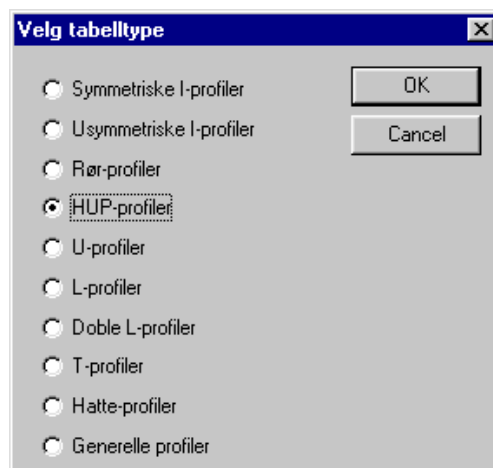


Når vinduet for en profiltabell er aktivt ser Rediger-menyen noe anderledes ut. Her beskriver vi kun de valgene som avviker fra det som står ovenfor.

### 3.5.1 Tillat editering

I utgangspunktet er profiltabellene skrivebeskyttet, slik at du ikke ved en feiltagelse skal endre noen data. Hvis du har behov for å endre tverrsnittskonstantene direkte må du først oppheve skrivebeskyttelsen med denne kommandoen. Den eller de filene du endrer vil være markert, slik at programmet vet at disse profiltabellene ikke lenger er originaltabeller.

### 3.5.2 Ny profilliste



Her begynner du på en ny liste med profiler. Du velger profiltipe, og alle profiler du lager i denne listen blir av samme type. Når du velger å øke tverrsnittet ved behov i beregningen søker programmet kun i den listen hvor det opprinnelige profilet er definert.

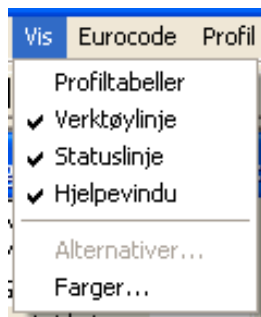
### 3.5.3 Nytt profil

Her lager du et nytt profil av samme type som det som vises for øyeblikket. Hvis tabellen er editerbar må du fylle ut alle data selv, eller beregner programmet disse ut fra de tverrsnittsmål du gir inn.

### 3.5.4 Slett profil

Her sletter du det profil som er vist, enten ved at det er markert i oversikten eller at det vist i vinduene.

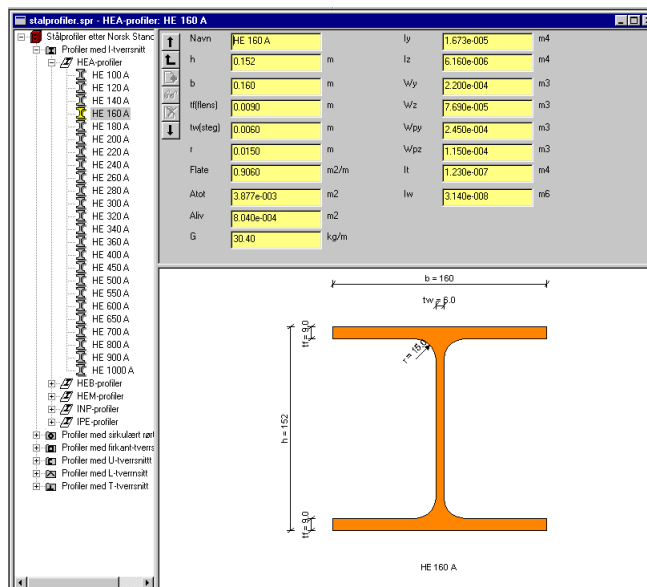
## 3.6 Vis



### 3.6.1 Profiltabeller

Her kan du velge å vise profiltabellen i et eget vindu. Normalt er denne skjult, slik at du kun ser den ved valg av geometri. Når vinduet for profiler er aktivt vil menyen se noe anderledes ut ved at valgene Data og Resultater utgår.

### Enkeltprofiler



Profiltabellen vises i et eget vindu, med alle tilgjengelige profiler trekontrollen til venstre, og data for resp. profil i det alfanumeriske og grafiske vinduet til høyre. Hvis du ønsker å forandre noen av de data som er vist må du første velge "Tillat editering" på side 23

## Profilliste

Tabellkode		//STD/NOR/STL/A/HEB				
Navn		HEB-profiler				
	Navn	h	b	tw	Rd	tf
1	HE 100 B	0.100	0.100	0.0100	0.0120	0.0060
2	HE 120 B	0.120	0.120	0.0110	0.0120	0.0065
3	HE 140 B	0.140	0.140	0.0120	0.0120	0.0070
4	HE 160 B	0.160	0.160	0.0130	0.0150	0.0080
5	HE 180 B	0.180	0.180	0.0140	0.0150	0.0085
6	HE 200 B	0.200	0.200	0.0150	0.0180	0.0090
7	HE 220 B	0.220	0.220	0.0160	0.0180	0.0095
8	HE 240 B	0.240	0.240	0.0170	0.0210	0.0100
9	HE 260 B	0.260	0.260	0.0175	0.0240	0.0100
10	HE 280 B	0.280	0.280	0.0180	0.0240	0.0105
11	HE 300 B	0.300	0.300	0.0190	0.0270	0.0110
12	HE 320 B	0.320	0.300	0.0205	0.0270	0.0115

Du kan også få en oversikt over de profiler av en gitt type som inngår i tabellen. Hvis du ønsker å forandre noen av de data som er vist må du første velge "Tillat editering" på side 23.

Hvis du lager egne profiltabeller for standard profiltyper kan du også velge om du skal gi inn sveiste eller valsede profiler. Forskjellen ligger i at du kan velge indre radius for valsede profiler, mens denne settes til 0 for sveiste profiler.

### 3.6.2 Verktøylinje



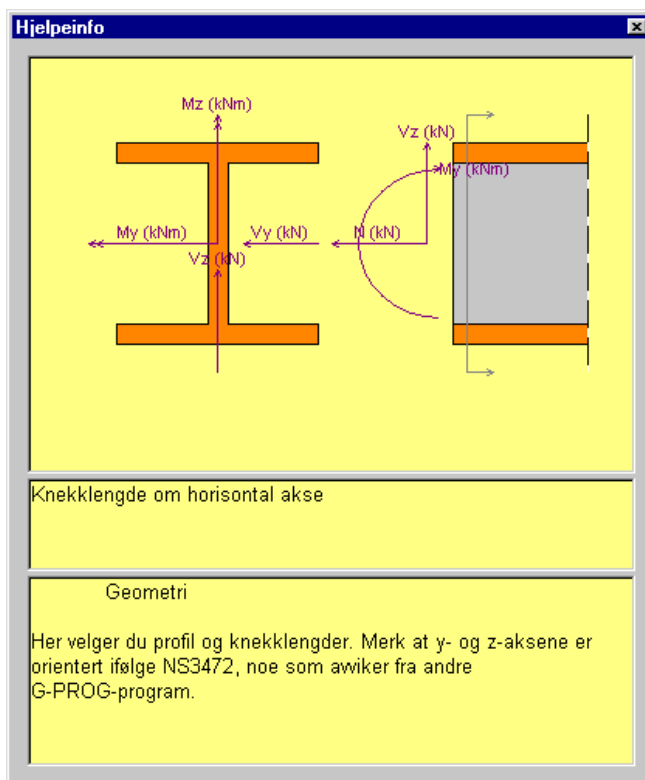
Her velger du om du skal vise eller skjule verktøylinjen for programmet. Den grafiske verktøylinjen håndterer du under alternativer nedenfor.

### 3.6.3 Statuslinje



Her velger du om du skal vise eller skjule statuslinjen. Statuslinjen står helt nederst i vinduet. Linjen inneholder hjelpetekst.

### 3.6.4 Hjelpevindu

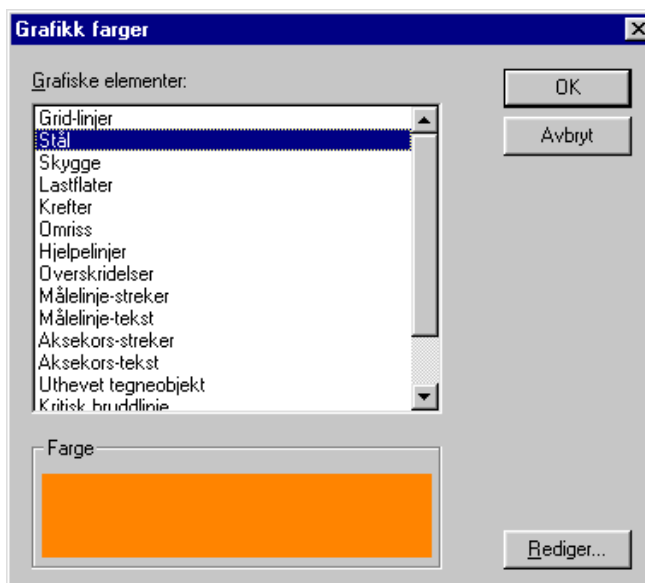


Her velger du om du skal vise eller skjule hjelpevinduet.

### 3.6.5 Alternativer

Denne er kun aktuell for grafiske inndata, noe vi ikke har i Ståltverrsnitt.

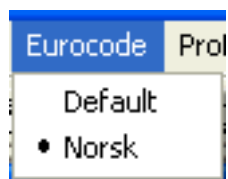
### 3.6.6 Farver



I denne dialogboksen bestemmer du fargevalget i grafikkvinduet. Merk det aktuelle elementet og trykk på knappen for redigering. Dermed kommer du inn i Windows dialogboks for fargevalg. Der velger du farge.

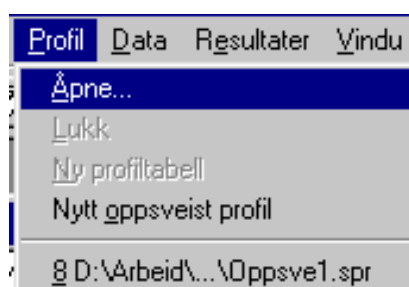


## 3.7 Eurocode



Her velger du hvilket nasjonalt tillegg til Eurocode du vil benytte i beregningene. Du kan velge **Norsk** eller **Default**. Det første betyr at programmet benytter de verdier på nasjonale parametre som er angitt i det norske tillegget, det siste betyr at programmet benytter de verdier som er anbefalt i hoveddelen av NS-EN 1993. Merk at beregninger etter det siste valget ikke er tillatt brukt i konstruksjoner i noe land! Det gjeldende valget er haket av.

## 3.8 Profil

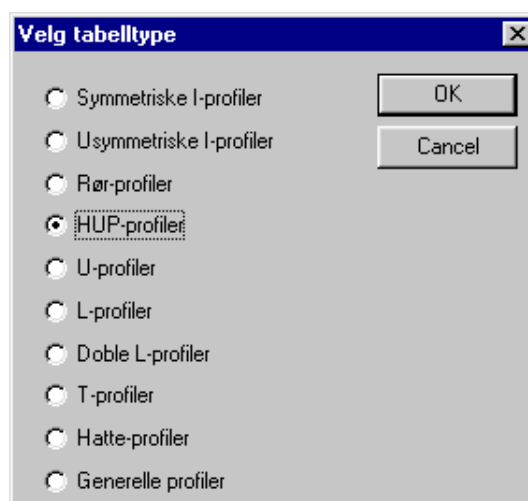


Når vinduet for en beregning av ståltverrsnitt er aktivt, har du kun muligheten for å åpne en ny profiltabell. Hvis vinduet for en profiltabell er aktivt har du flere valg, se "Profil for profiltabeller" på side 28

### 3.8.1 Åpne...

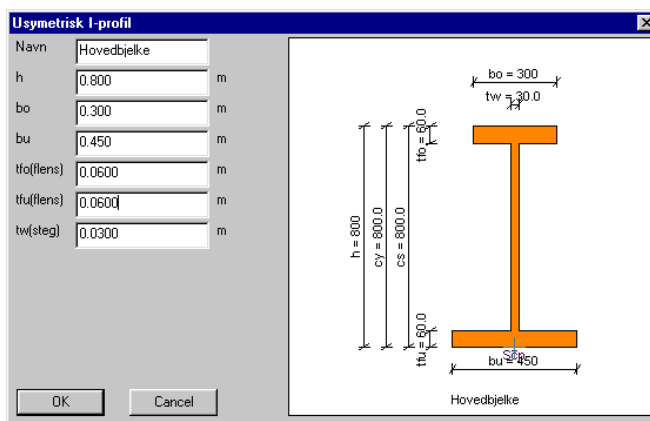
Her kommer du inn i dialogboksen for Åpne fil i Windows.

### 3.8.2 Nytt oppsveist profil



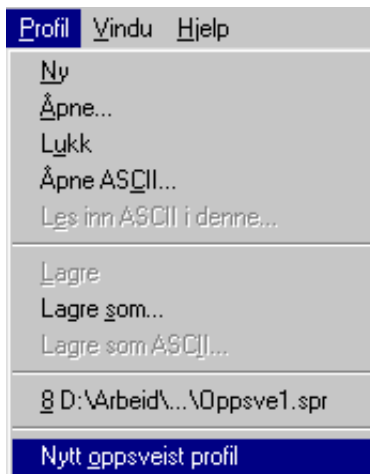
Her kan du lage et profil av vilkårlig type. Programmet plasserer dette profilet i en liste med samme profiltipe i profiltabellen for egendefinerte tverrsnitt, og lager både liste og tabell hvis nødvendig.

## Inndata for nytt profil



Her definerer du tverrsnittsmålene for et egendefinert tverrsnitt. Når du svarer OK blir profilet både lagret i tabellen over egendefinerte tverrsnitt og benyttet som geometri i denne kjøringen.

## 3.9 Profil for profiltabeller



Her har du muligheten til å les inn, lage og lagre dine egne profiltabeller.

### 3.9.1 Ny

Med dette begynner du på en ny, tom profiltabell. Før du kan begynne å endre i denne må du gjøre den editerbar, se "Tillat editering" på side 23.

### 3.9.2 Åpne...

Her kommer du inn i dialogboksen for Åpne fil i Windows.

### 3.9.3 Lukk

Her lukker du vinduet til profiltabellen. Med dette fjerner du også tabellen fra de mulige valgene under Geometri for ståltvernsnitt, se "Geometri" på side 31. Hvis du kun ønsker å gjøre tabellen usynlig skal du benytte **Vis/Profiltabeller**.

### 3.9.4 Åpne ASCII...

ASCII-format er den tekniske betegnelsen på filer som er i klartekst, dvs. kan hentes opp i Notepad og lignende enkle teksteditorer. Profiltabellene til G-PROG Ramme og G-PROG Stål har en utgave i ASCII-format, nemlig den med suffikset ".sd". Med denne kommandoen kan du konvertere en slik fil til det format G-PROG Stål bruker for profiltabeller.

### 3.9.5 Les inn ASCII i denne...

For forklaring av ASCII-format, se "Åpne ASCII..." på side 29. Her kan du tilføye profilene fra en profiltabell i ASCII-format til den aktive profiltabellen.

### 3.9.6 Lagre

Her lagrer du den aktive profiltabellen under samme navn som tidligere.

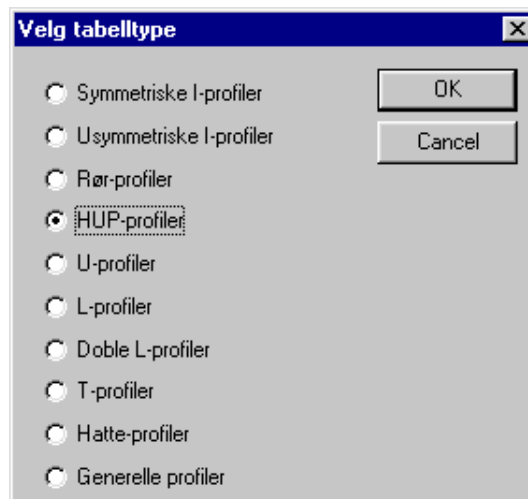
### 3.9.7 Lagre som...

Her lagrer du den aktive profiltabellen under et nytt navn.

### 3.9.8 Lagre som ASCII...

For forklaring av ASCII-format, se "Åpne ASCII..." på side 29. Ved å lagre filen på ASCII-format har du muligheten til å benytte samme profiltabell til G-RPROG Ramme og å lese den inn i en annen profiltabell.

### 3.9.9 Nytt oppsveist profil



Her kan du lage et profil av vilkårlig type. Programmet plasserer dette profilet i en liste med samme profiltype i profiltabellen for egendefinerte tverrsnitt, og lager listen hvis nødvendig. Du kommer også automatisk inn på skjermbildet for dette profilet i tabellen.

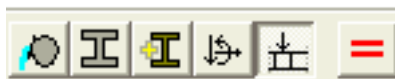
## 3.10 Data



De data som er vist i det alfanumeriske delvinduet, vil være haket av.

For Ståltverrsnitt vil alle valgene **Materialdata**, **Geometri**, **Nytt Vilkårlig profil**, **Krefter**, **Konsentrerte laster** og **Beregning** være tilgjengelige.

Tilgjengelige verktøyknapper for denne menyen er:



Rekkefølgen er som nevnt over.

Datagruppene kan også velges ved å åpne resp ikon i trestrukturen til venstre i dokumentvinduet.

### 3.10.1 Materialdata

Stålsort	S355	Branndimensjonering	<input checked="" type="checkbox"/>
GammaM0	1.10	t	20 grad
GammaM1	1.10	Gamma.fi	1.00
GammaM2	1.25		
Fy	355 MPa	Fy,red	335 MPa
Fu	510 MPa	Fu,red	490 MPa
E	210000 MPa	ny	0.30
G	80769 MPa	Alfa	1.200e-005 1/K
Rho	7850 kg/m3		

Her gir du først inn **Stålsorten**. Mulig valg er de stålsorter som angis i Tabell 3.1 i NS-EN 1993-1-1. I tillegg kan du velge "Ukjent". Med ukjent stålsort gir du inn noen av nedenforstående materialdata, som ellers blir beregnet.

**Partialfaktorene** (GammaM0, GammaM1 og GammaM2) skal du alltid gi inn.

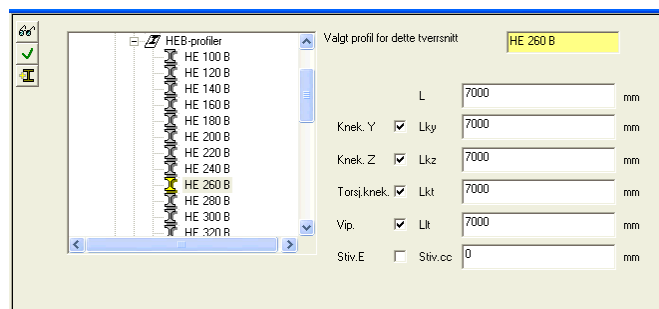
Programmet viser **Stålkvalitet** (Flytespenning) (Fy), **Redusert flytegrense ved tykt gods** (Fy,red), **Bruddgrense for stålet** (Fu) og **Redusert bruddgrense ved tykt gods** (Fu,red).

Videre vises **Stålets Elastisitetsmodul** (E), **Stålets Skjærmodul** (G), **Stålets massetetthet** (Rho), **Poissons tall** (ny) og **Varmeutvidelseskoeffisienten** (Alfa). Disse verdiene er hentet fra NS-EN 1993 og kan kun forandres for egendefinert materiale.

Til sist kan du velge om dimensjoneringen skal gjøres etter formlene for branndimensjonering eller ikke. Hvis du velger branndimensjonering kan du også angi den **dimensjonerende temperatur** (t) beregningen skal gjøres for. Da skal du også angi **partialfaktor ved brann** (Gamma,fi). I tillegg blir kritisk

temperatur beregnet. Dette gjelder også hvis du lar dimensjonerende temperatur vær lik romtemperaturen.

### 3.10.2 Geometri



Dette vinduet består dels av en trekontroll som viser tilgjengelige profiler, dels et antall inndatafelter. I tillegg inneholder det tre tastar.

Trekontrollen viser alle tilgjengelige profiler i den eller de profiltabeller som er åpne. Inntil du selv endrer dette, vil det bety de profiler som ligger i den vedlagte profiltabellen stalprofiler.s7pr fra Norconsult Informasjonssystemer as. Her velger du ønsket profil, enten ved å hake det av med tasten til venstre, eller ved å dobbeltklikke på profilet. Navnet på valgt profil vises i det øverste datafeltet til høyre.

Videre finnes det fem feltar for **Spennvidde (L)**, **Knekk lengde om horisontal akse (Lky)**, **Knekk lengde om vertikal akse (Lkz)**, Knekk lengde for torsjonsknekking (Lkt) og **Vippelengde (Lt)**. For å forenkle inndata er disse koblet sammen, slik at alle lengdene endres når du endrer spennvidden. Forholdet mellom spennvidde og knekk lengde er da uforandret. Når du vil gi inn andre knekk lengder enn spennvidden gjør du det etter at du har valgt spennvidde.

Du kan også gi inn **Avstand mellom tverravstivninger (Stiv,cc)**. Disse brukes for å øke kapasiteten for skjærknekking.

Videre kan du bestemme om knekking om resp akse og vipping skal kontrolleres. Det gjør du ved å hake av for resp. **Knekk om horisontal akse**, **Knekk om vertikal akse**, **Torsjonsknekking** og **Vipping**. Forutsetningen for at knekking skal kontrolleres er selvfølgelig at det er trykk i tverrsnittet (negativt fortegn på normalkraften!).

For L-profiler kan du i tillegg bestemme om beregningen skal bruke hovedaksene (**U- og V-aksene**) isteden for Y- og Z-aksene.

Med de tre tastene til venstre i vinduet kan du se tverrsnittskonstanter for valgt profil eller velge profil. Med den tredje tasten lager du et nytt profil av vilkårlig type. Se "Nytt oppsveist profil" på side 32

## Tverrsnittskonstanter

h	0.450	m	ly	7.989e-004	m <sup>4</sup>
b	0.300	m	lz	1.172e-004	m <sup>4</sup>
tf(flens)	0.0260	m	Wy	3.550e-003	m <sup>3</sup>
tw(steg)	0.0140	m	Wz	7.810e-004	m <sup>3</sup>
r	0.0270	m	Wpy	3.980e-003	m <sup>3</sup>
Flate	2.0300	m <sup>2</sup> /m	Wpz	1.170e-003	m <sup>3</sup>
Atot	2.180e-002	m <sup>2</sup>	It	4.420e-006	m <sup>4</sup>
Aliv	5.572e-003	m <sup>2</sup>	Iw	5.260e-006	m <sup>6</sup>
G	171.00	kg/m			

Her kan du se alle tverrsnittskonstanter for det profil du har valgt. Da forskjellige profiltyper har behov for forskjellige konstanter varierer disse vinduene noe.

## PopUp Meny

Nytt vilkårlig Profil
Nytt profil i Enkeltsymmetriske I-profiler
Editer profil Hovedbjelke
Fjern profil Hovedbjelke
Åpne eksisterende profiler
<b>Velg dette profil</b>

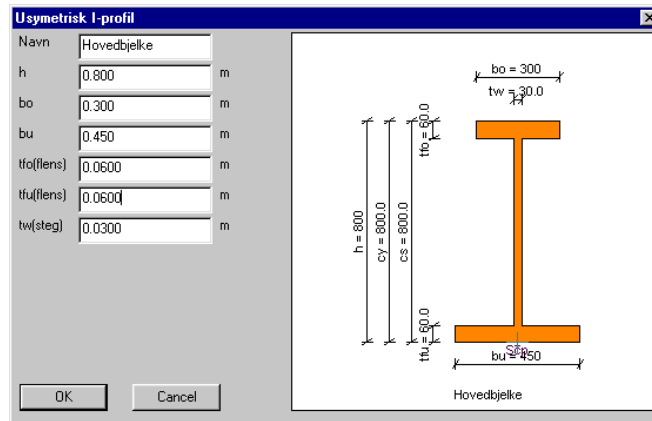
Her kan du se lage, endre og slette profiler i listen over egendefinerte tverrsnitt, uten å ha listen synlig.

## Nytt oppsveist profil

<input type="radio"/> Symmetriske I-profiler	OK
<input type="radio"/> Usymmetriske I-profiler	Cancel
<input type="radio"/> Rør-profiler	
<input checked="" type="radio"/> HUP-profiler	
<input type="radio"/> U-profiler	
<input type="radio"/> L-profiler	
<input type="radio"/> Doble L-profiler	
<input type="radio"/> T-profiler	
<input type="radio"/> Hatte-profiler	
<input type="radio"/> Generelle profiler	

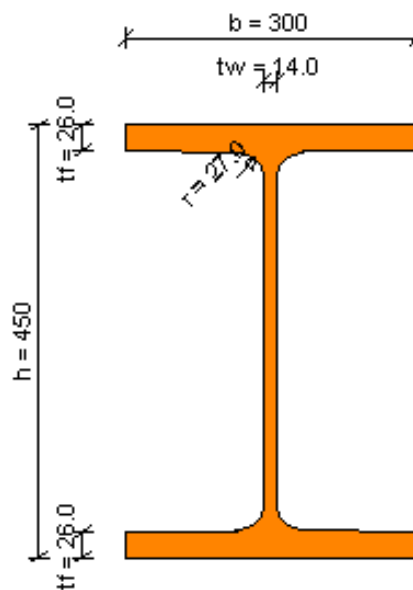
Her kan du lage et profil av vilkårlig type. Programmet plasserer dette profilet i en liste med samme profiltipe i profiltabellen for egendefinerte tverrsnitt, og lager både liste og tabell hvis nødvendig.

### Editer profil



Her definerer du tverrsnittsmålene for et egendefinert tverrsnitt. Når du svarer OK blir profilet både lagret i tabellen over egendefinerte tverrsnitt og benyttet som geometri i denne kjøringen.

### 3.10.3 Geometri grafisk



Her vises en målsatt figur over det profil du har valgt. Figuren er noe forenklet, slik at skrå flenssider og utvendige radier ikke blir vist, unntatt for HUP-profiler.

### 3.10.4 Krefter

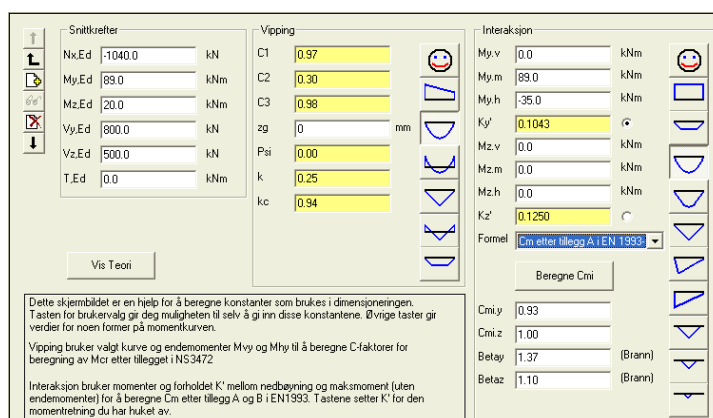
Ti	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>y,Ed</sub> kNm	M <sub>z,Ed</sub> kNm	V <sub>y,Ed</sub> kN	V <sub>z,Ed</sub> kN	T <sub>Ed</sub> kNm	C <sub>mi,y</sub>	C <sub>mi,z</sub>	C1	C2	C3	sg mm
1	-1040.0	89.0	20.0	800.0	500.0	0.0	0.93	1.00	0.97	0.30	0.98	0
2	-400.0	175.0	40.0	50.0	50.0	0.0	0.80	1.00	0.97	0.30	0.98	0
3												

Her gir du inn de snittkrefter som virker på tverrsnittet: **Normalkraft (N,Ed)**, **Moment om Y (horisontal akse) (M<sub>y,Ed</sub>)**, **Moment om Z (vertikal akse) (M<sub>z,Ed</sub>)**, **Skjærkraft Y (vertikalt) (V<sub>y,Ed</sub>)**, **Skjærkraft Z (horisontalt) (V<sub>z,Ed</sub>)** og **Torsjonsmoment (T,Ed)**. For fortegn se "Aksesystem og fortegnregler" på side 53. Merk spesielt at trykkraft har negativt fortegn.

For å kunne beregne knekking og vipping er det også nødvendig å kjenne momentets variasjon langs staven, og lastens plassering vertikalt. Dette ivaretas ved at du gir inn verdier for **Momentfaktor Cm om horisontal akse (Cmi.y)**, **Momentfaktor Cm om vertikal akse (Cmi.z)**, **Konstant C1**, **Konstant C2**, **Konstant C3** og **Avstand fra skjærcenter til lastens angrepspunkt (zg)**. Programmet foreslår de verdier som gjelder for konstant moment langs hele staven. For andre verdier kan du enten beregne dem selv etter tillegg A eller B i NS-EN 1993 (for Cm), eller bruke tabell B3 og B4 i NS3472, (for C-faktorer), eller ta hjelp av programmet, se nedenfor.

Ved å legge inn flere linjer kan du beregne flere tilfeller på en gang.

### 3.10.5 Beregning av konstanter for vipping og interaksjon



Snittkrefter		Vipping		Interaksjon	
Nx.Ed	-1040.0 kN	C1	0.97	My.v	0.0 kNm
My.Ed	89.0 kNm	C2	0.30	My.m	89.0 kNm
Mz.Ed	20.0 kNm	C3	0.98	My.h	-35.0 kNm
Vy.Ed	800.0 kN	zg	0 mm	Ky'	0.1043
Vz.Ed	500.0 kN	Psi	0.00	Mz.v	0.0 kNm
T.Ed	0.0 kNm	k	0.25	Mz.m	0.0 kNm
		kc	0.94	Mz.h	0.0 kNm
				Kz'	0.1250
				Formel	Cm etter tillegg A i EN 1993
				Beregn Cm	
				Cmi.y	0.93
				Cmi.z	1.00
				Beta.y	1.37 (Brann)
				Beta.z	1.10 (Brann)

Dette skjermbildet er en hjelp for å beregne konstanter som brukes i dimensjoneringen. Tasten for brukervalg gir deg muligheten til selv å gi inn disse konstantene. Øvrige tastar gir verdier for noen former på momentkurven.  
 Vipping bruker valgt kurve og endemomenter My.v og My.h til å beregne C-faktorer for beregning av M<sub>cr</sub> etter tillegg i NS3472.  
 Interaksjon bruker momenter og forholdet K' mellom nedbøyning og maksimum moment (uten endemomenter) for å beregne Cm etter tillegg A og B i EN1993. Tastene setter K' for den momentretning du har huket av.

Dette skjermbildet er delt i tre deler. Den første delen viser samme snittkrefter som tabellen ovenfor, dvs **Normalkraft (N,Ed)**, **Moment om Y (horisontal akse) (My,Ed)**, **Moment om Z (vertikal akse) (Mz,Ed)**, **Skjærkraft Y (vertikalt) (Vy,Ed)**, **Skjærkraft Z (horisontalt) (Vz,Ed)** og **Torsjonsmoment (T,Ed)**.

Del to brukes for å beregne C-faktorene for vipping. Hvis du ønsker å velge disse trykker du på tasten for egendefinerte verdier, og disse kan skrives over. Ellers trykker du på den tast som best svarer til momentkurvens form, og får opp de verdiene som finnes i tabellene B3 og B4 i den gamle NS3472. For lineært varierende moment benyttes endemomentene My.v og My.h fra Interaksjonsberegningen, se nedenfor. Utover C-faktorene vises **Avstand fra skjærcenter til lastens angrepspunkt (zg)**, **Forhold minste/største endemoment (Psi)**, **Forhold vippelengde/geometrisk lengde (k)** og **Korreksjonsfaktor (kc)** (se tabell 6.6).

Den tredje delen brukes for å beregne Cm-faktorer etter tillegg A eller tillegg B i NS-EN 1993. For brannberegning beregnes også Betafaktorer etter NS-EN 1993-2. Beregningen av disse faktorer inneholder en konstant som beskriver momentkurvens (eller lastens) form,  $E * I / L^2 * \Delta_{max} / M_{max}$ . Denne kan du enten velge selv for hver retning, eller la programmet beregne, ved at du velger den form på momentkurven som best svarer til virkelig kurve **uten** endemomenter. (De tre nederste valgene er kun aktuelle hvis lasten skifter fortegn, slik at momentkurven har mer enn et infleksjonspunkt). Merk at beregning kun skjer for den retning (Y eller Z) som du har huket av.

I tillegg skal du gi inn venstre endemoment, største feltmoment og høyre støttemoment for de to retningene. Du skal også velge hvilken formel som skal benyttes. Merk at faktorene først blir beregnet når trykker på tasten for beregning av formlene.



### 3.10.6 Konsentrerte laster

Skal du beregne last ved ende? Avstand fra last til ende: 100 mm  
 Står lasten mellom avstivere? Avstand mellom avstivere: 400 mm  
 Virker lasten både ovenfra og nedenfra? Lastbredde: 200 mm

Tilf.	Ff kN	KF	m1	m2	l0 mm	ly mm	Fcr kN	LambdaF	ChiF	Fd kN	UtnF
1	250	4.03	32.00	5.89	4000	371.74	1560.03	0.80	0.63	564.82	0.44
2											

Her legger du inn geometrien og den konsentrerte lasten. Resultatene vises i samme skjermbilde.

Først velger du om **lasten står ved enden**, om **lasten står mellom avstivere** og om **lasten virker både ovenfra og nedenfra**. Avhengig av disse valg gir du så inn **Avstand fra last til ende** (c), **Avstand mellom avstivere** (a) og **Lastbredde** (Ss). Figuren i det grafiske bildet tegner et oppriss slik du gir inn data.

I tabellen gir du inn **intensiteten** (Ff) for hver last du ønsker å beregne. Etter beregning vises resultatene. Disse består av **delresultater** (KF, m1, m2, l0 og ly), **Kritisk kraft** (Fcr), **Relativ slankhet** (LambdaF), **Reduksjonsfaktor** (ChiF), **Kapasitet** (Fd) og **Utnyttelse** (UtnF).

### 3.10.7 Beregning

**Beregning**

Elastisk beregning  
 Plastisk beregning  
 Beregne konsentrert last  
 Øke tverrsnittet ved behov

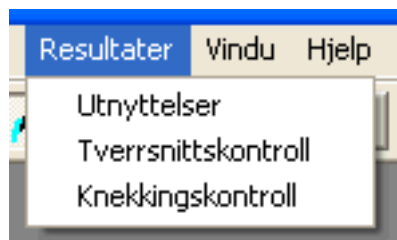
OK Avbryt

Her kan du velge mellom elastisk og plastisk beregning. Merk at for enkelte profiltyper, og for tverrsnittsklasse 3 og 4, velger programmet elastisk beregning uansett. Se "Tverrsnittsklasser" på side 63.

Da beregningen av konsentrerte laster er uavhengig av øvrige beregninger krysser du av for dette separat.

Du kan også bestemme om programmet skal søke etter et profil som oppfyller kriteriene i NS-EN 1993, hvis det profil du har valgt ikke gjør det. Se "Øke tverrsnitt" på side 10 hvordan denne søkingen foregår.

## 3.11 Resultater



Her kan du velge mellom de forskjellige gruppene med beregnede verdier.

### 3.11.1 Utnyttelser

Tilf.	Utn.y	Utn.z	UtnLT	UtnW	UtnS	vMises MPa	Tv.Kl	Beregn.	Theta cr Grad
1	0.81	0.81	0.41	OK	0.81	262	3	Elastisk	*****
2	0.84	0.84	0.41	OK	0.80	258	3	Elastisk	*****
3	0.48	0.48	0.16	OK	0.46	265	3	Elastisk	*****

Dette vinduet viser de viktigste verdiene fra bergningen. Disse er: **Utnyttelse ved styrt knekking (UtnY)**, **Utnyttelse ved fri knekking (UtnZ)**, **Utnyttelse for Vipping (UtnLT)**, **Plateknekkning for steget (UtnW)**, **Spenningsutnyttelse uten knekking eller vipping (UtnS)**, **Største vonMises-spenning i tverrsnittet (vMises)**, **Tverrsnittsklasse (Tv.Kl.)** og hvorvidt det er gjort en **Plastisk eller Elastisk beregning (Beregn)**. For brannberegning vises i tillegg **Kritisk temperatur (Theta cr)**.

### 3.11.2 Tverrsnittskontroll

Tilf.	n'	my'	mz'	vy'	vz'	t'	Utn
1	0.22	0.22	0.05	0.58	0.37	0.00	0.58
2	0.08	0.42	0.10	0.04	0.04	0.00	0.26

Her vises noen av resultatene fra spenningskontrollen i tverrsnittet. Øvrige data vises i skjermbildet for hvert datsett.

Først vises **Utnyttelse for normalkraft (n')**, **Utnyttelse for moment om horisontal akse (my')**, **Utnyttelse for moment om vertikal akse (mz')**, **Utnyttelse for skjærkraft horisontalt (Vy')**, **Utnyttelse for skjærkraft vertikalt (Vz')** og **Utnyttelse for torsjon (t')**. Disse verdiene kommer enten fra plastisk eller elastisk beregning.

Deretter vises **Utnyttelse for den dimensjonerende kombinasjonen av snittkrefter (Utn)**. For elastisk beregning er dette største vonMises-spenning delt på tillatt spenning, mens det ved plastisk beregning er den kombinerte utnyttelsen etter punktene 6.2.3 - 6.2.10 i NS-EN 1993.

### 3.11.3 Tverrsnittskontroll for et sett med snittkrefter

Spenningskontroll											
Tv.Kl.		Utn	0.58								
Nx.Ed	-1040.0	kN	Nx.Rd	4744	kn	n'	0.22	myz	0.07	Alfa	1.76
My.Ed	85.0	kNm	My.Rd	413	kNm	my'	0.22	mny'	0.22	Beta	1.76
Mz.Ed	20.0	kNm	Mz.Rd	413	kNm	mz'	0.05	mmz'	0.05		
Vy.Ed	900.0	kN	Vy.Rd	1370	kN	vy'	0.58	mvy'	0.58		
Vz.Ed	500.0	kN	Vz.Rd	1370	kN	vz'	0.37	mvz'	0.37		
T.Ed	0.0	kNm	T.Rd		kNm	t'	0.00			vonMi	265 MPa
Plateknekking		Ind Y	OK	Ind Z	OK						Vis Teori
Steg		Nei	Flens		Nei						

Her vises alle resultatene fra spenningskontrollen for et sett med snittkrefter i tverrsnittet.

I første kolonne vises **Tverrsnittsklasse** (Tv.Kl.) og påførte krefter.

Kolonne 2 viser **Utnyttelse for den dimensjonerende kombinasjonen av snittkrefter** (Utn), **Normmakraftskapasitet** (Nx,Rd), **Momentkapasitet om sterk akse** (My,Rd), **Momentkapasitet om svak akse** (Mz,Rd), **Skjærkraftskapasitet langs Y** (Vy,Rd), **Skjærkraftskapasitet langs Z** (Vz,Rd) og **Kapasitet for torsjonmoment** (T,Rd).

Kolonne 3 **Utnyttelse for normalkraft** (n'), **Utnyttelse for moment om horisontal akse** (my'), **Utnyttelse for moment om vertikal akse** (mz'), **Utnyttelse for skjærkraft horisontalt** (vy'), **Utnyttelse for skjærkraft vertikalt** (vz') og **Utnyttelse for torsjon** (t'). Disse verdiene kommer enten fra plastisk eller elastisk beregning.

Kolonnene 4 viser de verdier som brukes ved interaksjonskontroll etter punktene 6.2.3 - 6.2.10, og kapittel 7 i NS-EN 1993-1-5 når en skal ta hensyn til skjærknekking. Disse er **Kapasitetspåvisning for N + My + Mz** (mxyz'), **Kapasitetspåvisning for N + My** (mny'), **Kapasitetspåvisning for N + Mz** (mnz'), **Kapasitetspåvisning for N + My + Vz** (mvy') og **Kapasitetspåvisning for N + Mz + Vy** (mvz'). Fordi disse verdiene ikke varierer lineært med økende krefter brukes begrepet kapasitetspåvisning istedenfor utnyttelse.

Ved elastisk beregning vises isteden: **Utnyttelse for normalspenning** (N+My+Mz) (mxyz'), **Utnyttelse for Mz med redusert flytespenning grunnet skjærkraft Vy** (mvy') og **Utnyttelse for My med redusert flytespenning grunnet skjærkraft** (mvz').

I kolonne 5 vises **EkspONENT Alfa ved biaksialt moment** (Alfa), **EkspONENT Beta ved biaksialt moment** (Beta) og **von Mises-spenningen** (vonMi).

Under dette vises kontrollen av plateknekking. For hver hovedretning vises **Bøyningsindusert stegknekking** (IndY, IndZ), **Plateknekking for steget er aktuelt** (Steg), **Skjærkapasitet ved stegknekking** (Vz,Ed, Vy,Ed), **Knekkingsfaktor ChiW** (Chi.wz, Chi.wy) og **Relativ slankhet** (Lambda.wz, Lambda.wy). De siste verdiene vises kun når plateknekking er aktuelt

### 3.11.4 Knekking

Tilf.	ny	ChiY	nz	ChiZ	nt	Chi.T	nLT	ChiLT
1	0.26	0.71	0.52	0.35	0.26	0.70	0.17	0.78
2	0.18	0.71	0.37	0.35	0.19	0.70	0.24	0.75
3	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx

Her vises delresultater fra stabilitetskontrollen for knekking og vipping.

Følgende er vist: **Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. styrt knekking** (ny),

**Reduksjonsfaktor for styrt knekking (ChiY), Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. fri knekking (nz), Reduksjonsfaktor for fri knekking (ChiZ), Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. torsjonsknekkning (nt), Reduksjonsfaktor for torsjonsknekkning (ChiT), Kapasitetsutnyttelse for vipping (nLT) og Korreksjonsfaktor ved kontroll av vipping (ChiLT).**

### 3.11.5 Knekkingskontroll for et sett med snittkrefter

Knekkning om sterk akse		Knekkning om svak akse		Torsjonsknekkning		Vipping	
KN.Y	Ja	KN.Z	Ja	KN.T	Ja	Vipp	Ja
Nb.Rd <sub>y</sub>	2523.5 kN	Nb.Rd <sub>z</sub>	2528.2 kN	Nb.Rd <sub>t</sub>	2597.3 kN	Mb.Rd	266.3 kNm
n <sub>y</sub>	0.12	n <sub>z</sub>	0.12	nt	0.12	nLT	0.33
Ncr <sub>y</sub>	10481.0 kN	Ncr <sub>z</sub>	14731.1 kN	Ncr <sub>t</sub>	17892.1 kN	Mcr	1779 kNm
Kurve	b	Kurve	c			Kurve	b
Alfa	0.34	Alfa	0.49			Alfa	0.34
Lm <sub>y</sub>	0.56	Lm <sub>z</sub>	0.47	Lm <sub>t</sub>	0.43	LmLT	0.41
Chi <sub>y</sub>	0.66	Chi <sub>z</sub>	0.66	Chi <sub>t</sub>	0.88	ChiLT	1.00
Interaksjon							
Formel: <input type="checkbox"/> En eller tilleggs A i EN 1993							
Utn <sub>y</sub>	0.57	K <sub>yy</sub>	1.03	M <sub>y,y</sub>	1.00	C <sub>yy</sub>	1.01
		K <sub>yz</sub>	0.70			C <sub>yz</sub>	1.02
Utn <sub>z</sub>	0.52	K <sub>zy</sub>	0.55	M <sub>y,z</sub>	1.00	C <sub>zy</sub>	0.98
		K <sub>zz</sub>	1.38			C <sub>zz</sub>	0.74
Vis Teori							

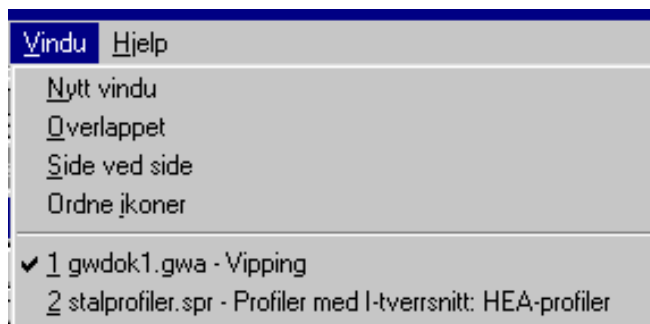
Her vises alle delresultatene fra stabilitetskontrollene, inklusive interaksjon.

For hver knekkretning (Y, Z og torsjon) vises: **Knekkning er blitt kontrollert** (KN), **Knekkkapasitet** (Nb.Rd), **Kapasitetsutnyttelse for trykkraft** (n), **Kritisk last** (Ncr), **Knekkkurve** (Kurve), **Ekvivalent formfeilsfaktor** (Alfa), **Relativ slankhet** (Lm) og **Reduksjonsfaktor** (Chi). Da knekkkurve og formfeilsfaktor for torsjonsknekkning er densamme som for knekking om svak akse blir disse dog ikke vist.

For vipping vises tilsvarende verdier: **Vipping er blitt kontrollert** (Vipp), **Vippkapasitet** (Mb.Rd), **Kapasitetsutnyttelse for vipping** (nLT), **Kritisk vippemoment** (Mcr), **Knekkkurve for vipping** (Kurve), **Ekvivalent formfeilsfaktor** (Alfa), **Relativ slankhet** (LmLT) og **Reduksjonsfaktor** (ChiLT).

Under interaksjon vises: **Formel for beregning av korreksjonsfaktorer** (Formel), **Utnyttelse ved styrt knekking** (Utn.y) og **Utnyttelse ved fri knekking** (Utn.z). Avhengig av valgte formler for interaksjon vises aktuelle verdier for **Faktorene kyy, kyz, kzy og kzz i interaksjonsformlene**, **My-faktorer ved brannberegning** (My.y, My.z) og **Konstantene Cyy, Cyz, Czy og Czz i interaksjonsformlene**.

## 3.12 Vindu



Under dette menyvalget bestemmer du plasseringen av vinduene, og du har en oversikt over de vinduene som er framme. Vinduet du klikker på, vil bli aktivert

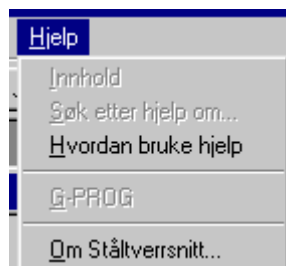
**Nytt vindu** lager et nytt vindu med samme dokument som aktivt vindu. På den måten kan du se flere datagrupper samtidig.

**Overlappet** legger alle vinduene oppå hverandre, litt forskjøvet.

**Side ved side** plasserer alle vinduene ved siden av hverandre. De blir redusert, slik at det blir plass til alle.

**Ordne ikoner** ordner vindusikonene nederst på arbeidsområdet.

## 3.13 Hjelp



Under **Innhold** får du fram en innholdsfortegnelse.

Med **Søke etter hjelp om** skriver du inn eller velger emner og stikkord som du får hjelp om.

**Hvordan bruke hjelp** forteller deg hvordan du skal bruke hjelpsystemet.

**G-PROG** viser en oversikt over programmene, mens **Om Ståltverrsnitt** gir deg opplysninger om den aktuelle modulen.



# 4 Fortegnelse over innleste data og resultater

## 4.1 Inndata

### 4.1.1 Materialdata

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser	
Stålsort	Stålsort		S235	Se tab. 3 i NS3472	
Flytespenning stål	Fy	MPa	235.0	100.0	1000.0
Bruddgrense stål	Fu	MPa	360.0	100.0	1000.0
Redusert flytespenning stål	Fy,red	MPa	215.0	100.0	1000.0
Rerdusert bruddgrense stål	Fu,red	MPa	360.0	100.0	1000.0
Partialfaktor stål for spenningskontroll	GammaM0		1.05	1.0	2.0
Partialfaktor stål for stabilitetskontroll	GammaM1		1.05	1.0	2.0
Partialfaktor stål ved kontroll for brudd	GammaM2		1.25	1.0	2.0
Stålets elastisitetens-modul	E	MPa	2.1E5		
Stålets skjær-modul	G	MPa	0.8E5		
Massetetthet	Rho	kg/m <sup>3</sup>	7850.0		
Poissons tall	ny		0.3	0.2	0.5
Varmeutvidelseskoeffisient	Alfa	1/K	1.2e-5	1e-6	1e-4
Branndimensjonering			Nei	Ja/Nei	
Dimensjonerende temperatur	t	Grader C	20	-50	1500
Partialfaktor ved brannberegning	Gamma.fi		1.0	1.0	2.0

### 4.1.2 Geometri

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser	
Lengde	L	mm		0	100000
Knekk lengde, om y-aksen	Lky	mm		0	100000
Knekk lengde, om z-aksen	Lkz	mm		0	100000
Knekk lengde for torsjonsknekkning	Lkt	mm		0	100000
Vippelengde	Llt	mm		0	100000
Avstand mellom stivere	Stiv.cc	mm		0	100000

## Tverrsnittsdata for profiler

### I-profiler

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser	
Navn på tverrsnitt					
Profilets totale høyde	h	m			

Profilets totale bredde	b	m
Flenstykkelse	tf(flens)	m
Stegtykkelse	tw(steg)	m
Radius i overgang liv/flens	r	m
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	m <sup>2</sup> /m
Total tverrsnittsareal	Atot	m <sup>2</sup>
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	Aliv	m <sup>2</sup>
Egenvekt pr løpemeteter	G	kg/m
Tregghetsmoment om y-aksen	I <sub>y</sub>	m <sup>4</sup>
Tregghetsmoment om z-aksen	I <sub>z</sub>	m <sup>4</sup>
Motstandsmoment om y-aksen	W <sub>y</sub>	m <sup>3</sup>
Motstandsmoment om z-aksen	W <sub>z</sub>	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om y-aksen	W <sub>py</sub>	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om z-aksen	W <sub>pz</sub>	m <sup>3</sup>
St. Venants torsjonskonstant	IT	m <sup>4</sup>
Tverrsnittskonstant for hvelving	Iw	m <sup>6</sup>

### U-profiler

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser
Navn på tverrsnitt				
Profilets totale høyde	h	m		
Profilets totale bredde	b	m		
Flenstykkelse	tf(flens)	m		
Stegtykkelse	tw(steg)	m		
Radius i overgang liv/flens	r	m		
Avstand til tyngdepunkt horisontalt fra venstre kant	cy	m		
Avstand til skjærsenter horisontalt fra venstre kant	cs	m		
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	m <sup>2</sup> /m		
Total tverrsnittsareal	Atot	m <sup>2</sup>		
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	Aliv	m <sup>2</sup>		
Egenvekt pr løpemeteter	G	kg/m		
Tregghetsmoment om y-aksen	I <sub>y</sub>	m <sup>4</sup>		
Tregghetsmoment om z-aksen	I <sub>z</sub>	m <sup>4</sup>		
Motstandsmoment om y-aksen	W <sub>y</sub>	m <sup>3</sup>		
Motstandsmoment om z-aksen	W <sub>z</sub>	m <sup>3</sup>		
Motstandsmoment om z-aksen på andre siden	W <sub>z2</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om y-aksen	W <sub>py</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om z-aksen	W <sub>pz</sub>	m <sup>3</sup>		
St. Venants torsjonskonstant	IT	m <sup>4</sup>		
Tverrsnittskonstant for hvelving	Iw	m <sup>6</sup>		

### T-profiler

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser
Navn på tverrsnitt	id			
Profilets totale høyde	h	m		
Profilets totale bredde	b	m		
Flenstykkelse	tf(flens)	m		



Stegtykkelse	tw(steg)	m
Radius i overgang liv/flens	r	m
Avstand til tyngdepunkt vertikalt fra øvre kant	cz	m
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	m <sup>2</sup> /m
Total tverrsnittsareal	Atot	m <sup>2</sup>
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	Aliv	m <sup>2</sup>
Egenvekt pr løpemeter	G	kg/m
Tregghetsmoment om y-aksen	I <sub>y</sub>	m <sup>4</sup>
Tregghetsmoment om z-aksen	I <sub>z</sub>	m <sup>4</sup>
Motstandsmoment om y-aksen	W <sub>y</sub>	m <sup>3</sup>
Motstandsmoment om y-aksen på andre siden	W <sub>y2</sub>	m <sup>3</sup>
Motstandsmoment om z-aksen	W <sub>z</sub>	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om y-aksen	W <sub>py</sub>	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om z-aksen	W <sub>pz</sub>	m <sup>3</sup>
St. Venants torsjonskonstant	IT	m <sup>4</sup>
Tverrsnittskonstant for hvelving	Iw	m <sup>6</sup>

### L-profiler

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser
Navn på tverrsnitt	id			
Profilets totale høyde	h	m		
Profilets totale bredde	b	m		
Tykkelse	t	m		
Innvendig radius i hjørnet	r	m		
Vinkel mellom hovedakse og y-akse	Tan(a)			
Avstand til tyngdepunkt horisontalt fra venstre kant	cy	m		
Avstand til tyngdepunkt vertikalt fra nedre kant	cz	m		
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	m <sup>2</sup> /m		
Total tverrsnittsareal	Atot	m <sup>2</sup>		
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	Aliv	m <sup>2</sup>		
Egenvekt pr løpemeter	G	kg/m		
Tregghetsmoment om y-aksen	I <sub>y</sub>	m <sup>4</sup>		
Tregghetsmoment om z-aksen	I <sub>z</sub>	m <sup>4</sup>		
Motstandsmoment om y-aksen	W <sub>y</sub>	m <sup>3</sup>		
Motstandsmoment om z-aksen	W <sub>z</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om y-aksen	W <sub>py</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om z-aksen	W <sub>pz</sub>	m <sup>3</sup>		
Tregghetsmoment om svak hovedakse	I <sub>u</sub>	m <sup>4</sup>		
Tregghetsmoment om sterk hovedakse	I <sub>v</sub>	m <sup>4</sup>		
Motstandsmoment om svak hovedakse	W <sub>u</sub>	m <sup>3</sup>		
Motstandsmoment om sterk hovedakse	W <sub>v</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om svak hovedakse	W <sub>pu</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om sterk hovedakse	W <sub>pv</sub>	m <sup>3</sup>		
St. Venants torsjonskonstant	IT	m <sup>4</sup>		
Tverrsnittskonstant for hvelving	Iw	m <sup>6</sup>		

### Sirkulære rørprofiler

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser
-------------	-----------	---------	---------	---------

Navn på tverrsnitt	id	
Profilets totale diameter	d	m
Tykkelse	t	m
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	m <sup>2</sup> /m
Total tverrsnittsareal	Atot	m <sup>2</sup>
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	Aliv	m <sup>2</sup>
Egenvekt pr løpemeteter	G	kg/m
Tregghetsmoment om hovedakse	I <sub>y</sub>	m <sup>4</sup>
Motstandsmoment om hovedakse	W <sub>y</sub>	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om hovedakse	W <sub>py</sub>	m <sup>3</sup>
St. Venants torsjonskonstant	IT	m <sup>4</sup>
Tverrsnittskonstant for hvelving	Iw	m <sup>6</sup>

### Rektangulære rørprofiler

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser
Navn på tverrsnitt	id			
Profilets totale høyde	h	m		
Profilets totale bredde	b	m		
Tykkelse	t	m		
Ytterradius i hjørne	r	m		
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	m <sup>2</sup> /m		
Total tverrsnittsareal	Atot	m <sup>2</sup>		
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	Aliv	m <sup>2</sup>		
Egenvekt pr løpemeteter	G	kg/m		
Tregghetsmoment om y-aksen	I <sub>y</sub>	m <sup>4</sup>		
Tregghetsmoment om z-aksen	I <sub>z</sub>	m <sup>4</sup>		
Motstandsmoment om y-aksen	W <sub>y</sub>	m <sup>3</sup>		
Motstandsmoment om z-aksen	W <sub>z</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om y-aksen	W <sub>py</sub>	m <sup>3</sup>		
Plastisk motstandsmoment om z-aksen	W <sub>pz</sub>	m <sup>3</sup>		
St. Venants torsjonskonstant	IT	m <sup>4</sup>		
Tverrsnittskonstant for hvelving	Iw	m <sup>6</sup>		

### 4.1.3 Lastvirkninger

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser
Dimensjonerende aksialkraft	N,Ed	KN		-100000 100000
Dimensjonerende moment om y-aksen	My,Ed	KNm		-100000 100000
Dimensjonerende moment om z-aksen	Mz,Ed	KNm		-100000 100000
Dimensjonerende skjærkraft i y-retningen	Vy,Ed	KN		-100000 100000
Dimensjonerende skjærkraft i z-retningen	Vz,Ed	KN		-100000 100000
Dimensjonerende torsjonsmoment	T,Ed	KNm		-100000 100000
Ekvivalent momentfaktor om y-aksen	Cmi.y		1.0	0.0 2.0
Ekvivalent momentfaktor om z-aksen	Cmi.z		1.0	0.0 2.0
Koeffisient for vipning ved lineært varierende moment NS 3472 ,Tabell B.3	C1		1.0	0.0 5.0
Koeffisient for vipning av bjelker med tverrlast NS 3472 ,Tabell B.4	C2		1.0	0.0 5.0
Koeffisient for vipning ved lineært varierende moment NS 3472 ,Tabell B.3	C3		1.0	0.0 5.0

Avstand mellom lastangrepspunkt og skjærsenter	Zg	mm	0.0	-1000	10000
Forhold minste/største støttemoment	Psi		1.0	-1.0	1.0
Forhold vippelengde/geometrisk lengde	k				
Korreksjonsfaktor ved vippeberegning	kc		1.0	0.6	1.0
Støttemoment i høyre opplegg om Y	My.v	kNm	0	-100000	100000
Største feltmoment om Y	My.m	kNm	0	-100000	100000
Støttemoment i venstre opplegg om Y	My.h	kNm	0	-100000	100000
Støttemoment i venstre opplegg om Z	Mz.v	kNm	0	-100000	100000
Største feltmoment opplegg om Z	Mz.m	kNm	0	-100000	100000
Støttemoment i høyre opplegg om Z	Mz.h	kNm	0	-100000	100000
Forhold mellom største nedbøyning og største moment om Y	ky'		0.1250	0	0.1250
Forhold mellom største nedbøyning og største moment om Z	kZ'		0.1250	0	0.1250
Formel for beregning av momentfaktorer	Formel			Tillegg A, Tillegg B, Brann	

## 4.1.4 Konsentrerte laster

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.	Default	Grenser	
Avstand fra last til ende	c	mm	0	0	100000
Avstand mellom avstivere	a	mm	0	0	100000
Lastbredde	Ss	mm	0	0	100000
Konsentrert kraft på bjelken	Ff	kN	0	-100000	100000

## 4.2 Resultater

### 4.2.1 Konsentrerte laster

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Faktor KF	KF	
Delresultat m1	m1	
Delresultat m2	m2	
Fiktiv endelengde	l0	mm
Effektiv lengde	ly	mm
Kritisk kraft	Fcr	kN
Relativ slankhet for konsentrert last	LambdaF'	
Reduksjonsfaktor	ChiF	
Kapasitet for konsentrert last	Fd	kN
Utnyttelse for konsentrert last	UtnF	

### 4.2.2 Utnyttelse

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Utnyttelse ved styrt knekking	UtnY	
Utnyttelse ved fri knekking	UtnZ	
Utnyttelse for vipping	UtnLT	
Stegknekkning	UtnW	OK, ikke OK
Spenningsutnyttelse uten knekking eller vipping	UtnS	

Største vonMises-spenning i tverrsnittet	vMises	MPa
Tverrsnittsklasse	Tver.Kl.	
Beregnings alternativer (Elastisk, Plastisk)	Beregn	
Kritisk temperatur	Theta cr	Grad

### 4.2.3 Tverrsnittskontroll, oversikt

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Utnyttelse for normalkraft	n'	
Utnyttelse for moment om horisontal akse	my'	
Utnyttelse for moment om vertikal akse	mz'	
Utnyttelse for skjærkraft horisontalt	vy'	
Utnyttelse for skjærkraft vertikalt	vz'	
Utnyttelse for torsjon	t'	
Utnyttelse for den dimensjonerende kombinasjonen av snittkrefter	Utn	

### 4.2.4 Tverrsnittskontroll, detaljert

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Tverrsnittsklasse	Tver.Kl.	
Utnyttelse for den dimensjonerende kombinasjonen av snittkrefter	Utn	
Normalkraftskapasitet	Nx,Rd	kN
Momentkapasitet om Y (sterk akse)	My,Rd	kNm
Momentkapasitet om Z (svak akse)	Mz,Rd	kNm
Skjærkraftskapasitet langs Y	Vy,Rd	kN
Skjærkraftskapasitet langs Z	Vz,Rd	kN
Kapasitet for torsjonsmoment	T,Rd	kN
Utnyttelse for normalkraft	n'	
Utnyttelse for moment om horisontal akse	my'	
Utnyttelse for moment om vertikal akse	mz'	
Utnyttelse for skjærkraft horisontalt	vy'	
Utnyttelse for skjærkraft vertikalt	vz'	
Utnyttelse for torsjon	t'	
Kapasitetspåvisning for N+My+Mz	mxyz'	
Kapasitetspåvisning for N+My	mny'	
Kapasitetspåvisning for N+Mz	mnz'	
Kapasitetspåvisning for N+Mz+Vy	mvy'	
Kapasitetspåvisning for N+My+Vz	mvz'	
Eksponent alfa ved biaksialt moment	Alfa	
Eksponent beta ved biaksialt moment	Beta	
Største vonMises-spenning i tverrsnittet	vMises	MPa

## 4.2.5 Plateknekking

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Bøyningsindusert stegknekking	IndY	
Plateknekking etter NS-EN 1993-1-5 er kontrollert	Steg	
Kapasitet for plateknekking	Vz.Ed	kN
Reduksjonsfaktor for stegknekking	ChiW	
Stegets relative slankhet	LambdaW'	

## 4.2.6 Knekkingskontroll, oversikt

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på styrt knekking	ny	
Reduksjonsfaktor for knekking om horisontal akse	ChiY	
Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på fri knekking	nz	
Reduksjonsfaktor for knekking om vertikal akse	ChiZ	
Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. torsjonsknekking	nt	
Reduksjonsfaktor for torsjonsknekking	ChiT	
Kapasitetsutnyttelse for vipping	nLT	
Reduksjonsfaktor for vipping	ChiLT	

## 4.2.7 Knekkingskontroll, detaljert

Beskrivelse	Ref. navn	Dimens.
Knekking vertikalt blir kontrollert	KN.Y	
Knekkapasitet ved vertikal knekking	Nb.Rdy	kN
Kapasitetsutnyttelse ved vertikal knekking	ny	
Kritisk last ved knekking vertikalt	Ncr.y	kN
Knekkurve for vertikal knekking	Kurve	
Ekvivalent formfeilfaktor alfa for knekkurven	Alfa	
Relativ slankhet for vertikal knekking	Lm.y	
Reduksjonsfaktor for vertikal knekking	Chi.y	
Knekking horisontalt blir kontrollert	KN.Z	
Knekkapasitet ved horisontal knekking	Nb.Rdz	kN
Kapasitetsutnyttelse ved horisontal knekking	nz	
Kritisk last ved knekking horisontalt	Ncr.z	kN
Knekkurve for horisontal knekking	Kurve	
Ekvivalent formfeilfaktor alfa for knekkurven	Alfa	
Relativ slankhet for horisontal knekking	Lm.z	
Reduksjonsfaktor for horisontal knekking	Chiz	
Torsjonsknekking blir kontrollert	KN.T	
Knekkapasitet ved torsjonsknekking	Nb.Rdt	kN
Kapasitetsutnyttelse ved torsjonsknekking	nt	
Kritisk last ved torsjonsknekking	Ncr.t	kN
Relativ slankhet for torsjonsknekking	Lm.t	

Reduksjonsfaktor for torsjonsknekking	Chi.t	
Vipping blir kontrollert	Vipp	
Kapasitet for vipping	Mb.Rd	kNm
Kapasitetsutnyttelse ved vipping	nLT	
Kritisk vippemoment	Mcr	kNm
Knekkurve for vipping	Kurve	
Ekvivalent formfeilfaktor alfa for knekkurven	Alfa	
Relativ slankhet for vipping	LmLT	
Reduksjonsfaktor for vipping	ChiLT	
Formel for beregning av interaksjon	Formel	A, B
Utnyttelse for styrt knekking	Utn.y	
Utnyttelse for fri vipping	Utn.z	
Faktor kyy i interaksjonsformelene	kyy	
Faktor kyz i interaksjonsformelene	kyz	
Faktor kzy i interaksjonsformelene	kzy	
Faktor kzz i interaksjonsformelene	kzz	
Faktor my vertikalt ved brannberegning	my.y	
Faktor my horisontalt ved brannberegning	my.z	
Konstanten Cyy i interaksjonsformlene	Cyy	
Konstanten Cyz i interaksjonsformlene	Cyz	
Konstanten Czy i interaksjonsformlene	Czy	
Konstanten Czz i interaksjonsformlene	Czz	

# 5 Forståelse av resultater

## 5.1 Generelt

Dette er et utdrag av resultatene. Ønsker du å se alle resultatene og hvordan de henger sammen, henvises det til eksemplene. I tabellen brukes det forkortelser pga av plassmangel. Forklaringen på disse forkortelsene er tatt med i dette kapitlet. Disse forklaringene kan også tas med på utskriften.

I utskriften brukes utnyttelsesgrad flere steder. For å ligge på den sikre siden må denne være lik eller mindre enn 1.

Ved at en del beregninger kan bli utelatt vil en del resultater kunne være irrelevante. Disse blir i tabellene nedenfor vist med \*\*\*\* (fire stjerner).

## 5.2 Lastvirkninger

Tilf	N	My	Mz	Vy	Vz	Cmi.Y	Cmi.Z	C1	C2	C3	zg
	kN	kNm	kNm	kN	kN						mm

Forklaringer:

Tilf	Linjenummer.
N:	Dimensjonerende aksialkraft
My:	Dimensjonerende moment om y-aksen.
Mz:	Dimensjonerende moment om z-aksen
Vy:	Dimensjonerende skjærkraft i y-retningen
Vz:	Dimensjonerende skjærkraft i z-retningen
Cmi.Y	Momentfaktor Cmi.Y om horisontal akse
Cmi.Z	Momentfaktor Cmi.Z om vertikal akse
C1	Koeffisient for vipping ved lineært varierende moment NS 3472 ,Tabell B.3
C2	Koeffisient for vipping av bjelker med tverrlast NS 3472 ,Tabell B.4
C3	Koeffisient for vipping ved lineært varierende moment NS 3472 ,Tabell B.3
zg	Avstand mellom lastangrepspunkt og skjærsenter

## 5.3 Konsentrerte laster

Tilf	Ff	KF	m1	m2	l0	ly	Fcr	LambdaF'	ChiF	Fd	UtnF
	kN				mm	mm				kN	

Forklaringer:

Tilf	Linjenummer.
Ff:	Konsentrert kraft på bjelken
KF:	Faktor KF
m1:	Delresultat m1
m2:	Delresultat m2
l0:	Fiktiv endelengde
ly:	Effektiv lengde

$F_{cr}$	Kritisk kraft
$\lambda_{F'}$	Relativ slankhet for konsentrert last
$\chi_{iF}$	Reduksjonsfaktor
$F_d$	Kapasitet for konsentrert last
$U_{tnF}$	Utnyttelse for konsentrert last

## 5.4 Utnyttelse

$U_{tnY}$	$U_{tnZ}$	$U_{tnLT}$	$U_{tnS}$	$U_{tnW}$	$v_{Mises}$ MPa	Tv.Kl.	Beregn.	Theta cr
-----------	-----------	------------	-----------	-----------	--------------------	--------	---------	-------------

Forklaringer:

$U_{tnY}$ :	Utnyttelse ved styrt knekking
$U_{tnZ}$ :	Utnyttelse ved fri knekking
$U_{tnLT}$ :	Utnyttelse for vipping
$U_{tnS}$	Spenningsutnyttelse uten knekking eller vipping
$U_{tnW}$	Plateknekkning for steget
$v_{Mises}$	Største vonMises-spenning i tverrsnittet
Tv.Kl.	Tverrsnittsklasse
Beregn:	Beregnings alternativer (Elastisk, Plastisk)
Theta cr:	Kritisk temperatur

## 5.5 Tverrsnittskontroll

Tv.Kl	$U_{tn}$	$n$	$m_y$	$m_z$	$v_y$	$v_z$	$t$	$v_{Mises}$
-------	----------	-----	-------	-------	-------	-------	-----	-------------

Forklaringer:

Tv.Kl.	Tverrsnittsklasse
$U_{tn}$	Utnyttelse for den dimensjonerende kombinasjonen av snittkrefter
$n$	Utnyttelse for normalkraft
$m_y$	Utnyttelse for moment om horisontal akse
$m_z$	Utnyttelse for moment om vertikal akse
$v_y$	Utnyttelse for skjærkraft horisontalt
$v_z$	Utnyttelse for skjærkraft vertikalt
$t$	Utnyttelse for torsjon
$v_{Mises}$	Største vonMises-spenning i tverrsnittet

## 5.6 Detaljer til tverrsnittskontroll

NRd	$M_yR_d$	$M_zR_d$	$V_yR_d$	$V_zR_d$	$T_xR_d$	$m_{xyz}'$	$m_{ny}'$	$m_{nz}'$	$m_{vy}'$	$m_{vz}'$	Alfa	Beta
-----	----------	----------	----------	----------	----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	------	------

Forklaringer:

NRd	Normalkraftskapasitet
$M_yR_d$	Momentkapasitet om Y (sterk akse)
$M_zR_d$	Momentkapasitet om Z (svak akse)
$V_yR_d$	Skjærkraftskapasitet langs Y (parallelt flensen)
$V_zR_d$	Skjærkraftskapasitet langs Z (parallelt steget)
$T_xR_d$	Kapasitet for torsjonsmoment
$m_{xyz}'$	Kapasitetspåvisning for N + MY + MZ
$m_{ny}'$	Kapasitetspåvisning for N + MY
$m_{nz}'$	Kapasitetspåvisning for N + MZ
$m_{vy}'$	Kapasitetspåvisning for N + MZ + VY
$m_{vz}'$	Kapasitetspåvisning for N + MY + VZ
Alfa	EkspONENT alfa ved biaksialt moment
Beta	EkspONENT beta ved biaksialt moment



## 5.7 Stegknekking

IndY	Steg	Vz.Ed	ChiW	Lambda aW	IndZ	Flens	Vy.Ed	ChiW. y	Lambda aW.y
Forklaringer:									
IndY			Bøyningsindusert stegknekking						
Steg:			Plateknekking for steget er kontrollert						
Vz.Ed:			Skjærkapasitet vertikalt ved stegknekking						
ChiW:			Reduksjonsfaktor for stegknekking						
LambdaW':			Stegets relative slankhet						
IndZ			Bøyningsindusert flensknekking						
Flens:			Plateknekking for flensen er kontrollert						
Vy.Ed:			Skjærkapasitet horisontalt ved flensknekking						
ChiW.y:			Reduksjonsfaktor for flensknekking						
LambdaW.y':			Flensens relative slankhet						

## 5.8 Knekkingskontroll

ny	ChiY	nz	ChiZ	nt	ChiT	nLT	ChiLT
Forklaringer:							
ny							Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på styrt knekking
ChiY							Reduksjonsfaktor for knekking om horisontal akse (vertikal knekking)
nz							Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på fri knekking
ChiZ							Reduksjonsfaktor for knekking om vertikal akse (horisontal knekking)
nt							Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på torsjonsknekking
ChiT							Reduksjonsfaktor for torsjonsknekking
nLT							Kapasitetsutnyttelse for vipping
ChiLT							Reduksjonsfaktor for vipping

### 5.8.1 Knekking om horisontal akse

Kurve Y	AlfaY	LambdaY'	ChiY	NcrY	Nb.Rdy	ny
Forklaringer:						
Kurve Y:						Knekkurve om horisontal akse
AlfaY:						Ekvivalent formfeilfaktor alfa for knekkurver
LambdaY':						Relativ slankhet om horisontal akse
ChiY:						Reduksjonsfaktor for knekking om horisontal akse
NcrY:						Kritisk last ved knekking vertikalt
Nb.Rdy:						Knekkapasitet ved vertikal knekking
ny:						Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på styrt knekking

### 5.8.2 Knekking om vertikal akse

Kurve Z	AlfaZ	LambdaZ'	ChiZ	NcrZ	Nb.Rdz	nz
Forklaringer:						
Kurve Z:						Knekkurve om vertikal akse
AlfaZ:						Ekvivalent formfeilfaktor alfa for knekkurver
LambdaZ':						Relativ slankhet om vertikal akse
ChiZ:						Reduksjonsfaktor for knekking om vertikal akse
NcrZ:						Kritisk last ved knekking horisontalt
Nb.Rdz:						Knekkapasitet ved horisontal knekking
nz:						Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på fri knekking

### 5.8.3 Torsjonsknekking

NcrT	Nb.Rdt	nt	LambdaT'	ChiT	
Forklaringer:					
NcrT:					Kritisk last ved torsjonsknekking
Nb.Rdt:					Kapasitet ved torsjonsknekking

nt:	Kapasitetsutnyttelse for trykkraft mhp. på torsjonsknekking
LambdaT':	Relativ slankhet ved torsjonsknekking
ChiT:	Reduksjonsfaktor ved torsjonsknekking

## 5.8.4 Vipping

Mdb	nLT	Mcr	KurveLT	AlfaLT	LambdaLT'	ChiLT
Forklaringer:						
Mdb:	Kapasitet for vipping					
nLT:	Kapasitetsutnyttelse for vipping					
Mcr:	Det lineariserte elastiske vippingsmomentet					
KurveLT:	Knekkurve for vipping					
AlfaLT:	Formfeilsfaktor for vipping					
LambdaLT'	Relativ slankhet for vipping					
ChiLT:	Reduksjonsfaktor for vipping					

## 5.8.5 Interaksjon

Formel	Utn.Y	Utn.Z	Kyy	Kyz	Kzy	Kzz
Forklaringer:						
Formel:	Formel for beregning av korreksjonsfaktorer					
Utn.Y:	Utnyttelse ved styrt knekking					
Utn.Z:	Utnyttelse ved fri knekking					
Kyy:	Korreksjonsfaktor Kyy i interaksjonsformlene					
Kyz:	Korreksjonsfaktor Kyz i interaksjonsformlene					
Kzy:	Korreksjonsfaktor Kzy i interaksjonsformlene					
Kzz:	Korreksjonsfaktor Kzz i interaksjonsformlene					

## 5.9 Fortegnsregler

Stavkreftene virker på stavens startende.

Positiv normalkraft er lik strekk.

Positivt moment om Y-aksen gir strekk i underkant.

Positivt moment om Z-aksen gir strekk i venstre side.

Positiv skjærkraft i Y-retningen vil flytte stavenden mot venstre.

Positiv skjærkraft i Z-retningen vil flytte stavenden oppover.

Se også "Aksesystem og fortegneregler" på side 53.

# 6 Teori

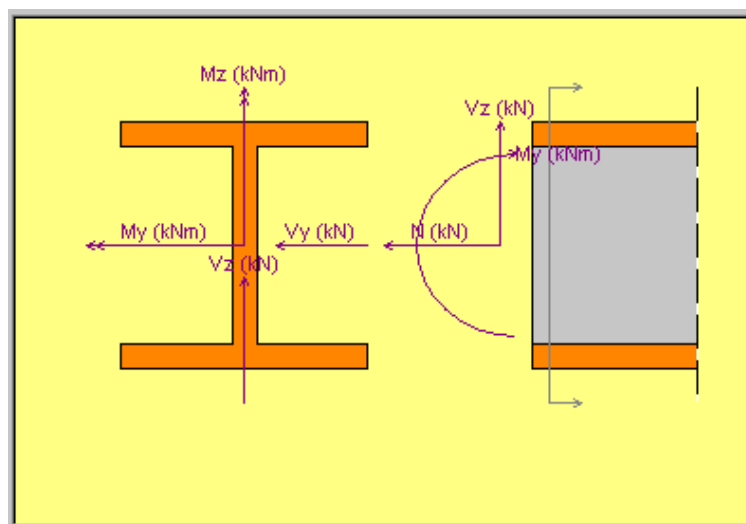
## 6.1 Generelt

Formlene gjelder for beregning av ståltverrsnitt i henhold til NS-EN 1993-1-1:2005 + NA:2008 + AC:2009, NS-EN 1993-1-2:2005 + AC:2009 og NS-EN 1993-1-5:2006 + NA:2009 + AC:2009. I den grad formelene er hentet direkte fra standarden er punkt-/tabellnummer i standarden angitt.

Den benyttede tekstbehandleren gir stor fleksibilitet mhp. bruk av tegn og symboler. Imidlertid er det vanskelig å vise rottegn og hvor stor del av formelen som dekkes av summategn. Vi benytter derfor alltid parenteser for disse:

$\Sigma ( )$  og  $\sqrt{ ( )}$

## 6.2 Aksesystem og fortegneregler



Eurocode benytter et annet aksesystem enn programmene i G-PROG Teknikk hittil har gjort. Vi har valgt å følge dette aksesystemet i G-PROG Stål. Den viktigste forskjellen er at Y-aksen er plassert i horisontalplanet og Z-aksen i vertikalplanet. For en stålbeleg (eller stålsøyle) blir det lokale aksesystemet plassert slik at x-aksen ligger i stavens lengdeakse, y-aksen peker mot venstre og z-aksen peker oppover, når du betrakter tverrsnittet fra startpunktet mot sluttunktet.

Samtidig beholder vi konvensjonen at positiv normalkraft er lik strekk. Når vi betrakter krefter som angriper i stavens startpunkt får vi da følgende fortegn:

Positiv normalkraft er lik strekk.

Positivt moment om Y-aksen gir strekk i underkant.

Positivt moment om Z-aksen gir strekk i venstre side.

Positiv skjærkraft i Y-retningen vil flytte stavenden mot venstre.

Positiv skjærkraft i Z-retningen vil flytte stavenden oppover.

## 6.3 Materialdata

### 6.3.1 Generelt

Normalt velger du stål kvalitet fra de standardkvaliteter som finnes i NS-EN 1993. Du kan også velge kvalitet "Egendefinert", og gi inn aktuelle fasthetsverdier selv.

Tabellen under viser de nominelle verdier for flytespenning  $f_y$  og strekkfasthet  $f_u$  for de vanligste konstruksjonsstål. Programmet velger aktuell fasthet ut fra materialtykkelse.

Nominelle fasthetsverdier (N/mm<sup>2</sup>)

Stålsort	$t \leq 40$ mm		$40$ mm $< t \leq 80$ mm	
	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
S235	235	360	215	340
S275	275	430	255	410
S355	355	490	335	490
S275 N/NL	275	390	235	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420 N/NL	420	540	390	520
S460 N/NL	460	570	430	550
S275 M/ML	275	380	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	550	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	490	335	490
S235 H	235	360	215	340
S275 H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S275 NH/NLH	275	390	255	370
S355 NH/NLH	355	490	335	470
S420 NH/NLH	420	540	390	520
S460 NH/NLH	460	560	430	550
S275 MH/MLH	275	360		
S355 MH/ML	355	470		

S420 MH/ML	420	500		
S460 MH/ML	460	530		
For mer informasjon se NS-EN 1993 tabell 3.1				

### 6.3.2 Flytespenningsforholdet $\varepsilon$

Denne verdien blir beregnet av programmet:

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y)}, \text{ hvor } f_y \text{ innsettes i N/mm}^2$$

### 6.3.3 Fysiske størrelser (punkt 3.2.6)

Disse verdiene er lagt inn i programmet og kan kun endres av brukeren For egendefinert materiale.

$$\text{Elastisitetsmodulen } E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Poissons tall } \nu = 0.3$$

$$\text{Skjærmodul } G = E / (2 * (1 + \nu)) \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Varmeutvidelseskoeffisient } \alpha = 12 \times 10^{-6} / \text{grad K}$$

$$\text{Massetetthet } \rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

### 6.3.4 Partialfaktorer og dimensjonerende materialfasthet (punkt 6.1)

Ved dimensjonering ved beregning fastsettes en dimensjonerende materialfasthet ved at karakteristisk fasthet divideres med en partialfaktor  $\gamma_M$ . Karakteristisk materialfasthet settes lik de nominelle verdier for  $f_y$  og  $f_u$ .

Partialfaktorene skal ta hensyn til usikkerheten til materialfasthet og tverrsnittsgeometri, og er definert i det nasjonale tillegget.

I norsk nasjonalt tillegg til NS-EN 1993-1-1 er disse

$$\text{Tverrsnittskontroll: } \gamma_{M0} = 1.05$$

$$\text{Stabilitetskontroll: } \gamma_{M1} = 1.05$$

$$\text{Bruddkontroll: } \gamma_{M2} = 1.25$$

I den generelle utgaven er anbefalte verdier

$$\text{Tverrsnittskontroll: } \gamma_{M0} = 1.0$$

$$\text{Stabilitetskontroll: } \gamma_{M1} = 1.0$$

$$\text{Bruddkontroll: } \gamma_{M2} = 1.25$$

## 6.4 Profiltabeller

Vi benytter samme profiltabell som i G-PROG Ramme. Denne blir konvertert til det format G-PROG stål benytter, og gjort tilgjengelig for beregningene.

Alle verdier er hentet fra Stålhåndboka. I vår kvalitetskontroll har vi her funnet enkelte verdier vi stusser over. Vi har allikevel valgt å benytte disse uforandret.

### 6.4.1 Oppsveiste profiler

Det er også mulig å lage egne profiltabeller ved å angi karakteristiske mål for tverrsnittet. For standardprofiler er det også mulig å angi at disse er valseprofiler,

og derved å angi en radius for overgangen mellom delene. For oppsveiste profiler er denne alltid 0. Følgende profiler er tilgjengelige:

## I-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
b	Profilets totale bredde
tf(flens)	Flenstykkelse
tw(steg)	Stegtykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $(h + 2 * b - tw) * 2$
Atot	Total tverrsnittsareal = $2 * b * tf + tw * (h - 2 * tf)$
Aliv	Netto stegareal = $tw * (h - 2 * tf)$
G	Egenvekt pr løpemeter = $Atot * 7.85 * 1000$
$I_y$	Trehetsmoment om y-aksen = $2 * b * tf^3 / 12 + tw * (h - 2 * tf)^3 / 12 + 2 * b * tf * (h - tf)^2 / 4$
$I_z$	Trehetsmoment om z-aksen = $2 * b^3 * tf / 12 + tw^3 * (h - 2 * tf) / 12$
$W_y$	Motstandsmoment om y-aksen = $I_y / h * 2$
$W_z$	Motstandsmoment om z-aksen = $I_z / b * 2$
$W_{py}$	Plastisk motstandsmoment om y-aksen = $b * tf * (h - tf) + tw * (h - 2 * tf)^2 / 4$
$W_{pz}$	Plastisk motstandsmoment om z-aksen = $tf * b^2 / 2 + (h - 2 * tf) * tw^2 / 4$
IT	St. Venants torsjonskonstant = $(2 * tf^3 * (b - 0.63 * tf) + tw^3 * (h - 2 * tf)) / 3 + 2 * tw / tf * 0.145 * ((tw^2 / 4 + tf^2) / tf)^4$
Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = $tf * b^3 * (h - tf)^2 / 24$

## Usymmetriske I-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
bu	Underflensens bredde
bo	Overflensens bredde
tfu(flens)	Underflensens tykkelse
tfo(flens)	Overflensens tykkelse
tw(steg)	Stegtykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $(h + bu + bo - tw) * 2$
-------	---

Atot	Total tverrsnittsarealtverrsnittsareal = $bu * tfu + bo * tfo + tw * (h - tfu - tfo)$
Aliv	Netto stegareal = $tw * (h - tfu - tfo)$
G	Egenvekt pr løpemeteter = $Atot * 7.85 * 1000$
cz	Vertikal avstand til tyngdepunktet fra overkant = $(bo * tfo^2 / 2 + Aliv * (h + tfo - tfu) / 2 + bu * tfu * (h - tfu / 2)) / Atot$
cs	Vertikal avstand til skjærsenter fra overkant = $cz - ((cz - tfo / 2) * bo^3 * tfo - (h - cz - tfu / 2) * bu^3 * tfu) / (bo^3 * tfo + bu^3 * tfu)$
I <sub>y</sub>	Tregghetsmoment om y-aksen = $bo * tfo^3 / 12 + bu * tfu^3 / 12 + tw * (h - tfo - tfu)^3 / 12 + bo * tfo * (cz - tfo / 2)^2 + bu * tfu * (h - tfu / 2 - cz)^2 + Aliv * ((h + tfo - tfu) / 2 - cz)^2$
I <sub>z</sub>	Tregghetsmoment om z-aksen = $bo^3 * tfo / 12 + bu^3 * tfu / 12 + tw^3 * (h - tfo - tfu) / 12$
W <sub>y</sub>	Motstandsmoment om y-aksen for underflens = $I_y / (h - cy)$
W <sub>y2</sub>	Motstandsmoment om y-aksen for overflens = $I_y / cy$
W <sub>z</sub>	Motstandsmoment om z-aksen = $I_z / \max(bu, bo) * 2$
	Hjelpetørrelse $cyp = (Atot / 2 - tfo * bo) / tw + tfo$ . Hvis $cyp < tfo$ eller $cyp > h - tfu$ beregnes ikke plastiske motstandsmomenter.
W <sub>py</sub>	Plastisk motstandsmoment om y-aksen = $bo * tfo * (cyp - tfo / 2) + bu * tfu * (h - tfu / 2 - cyp) + tw * (cyp - tfo)^2 / 2 + tw * (h - cyp - tfu)^2 / 2$
W <sub>pz</sub>	Plastisk motstandsmoment om z-aksen = $tfo * bo^2 / 4 + tfu * bu^2 / 4 + (h - tfo - tfu) * tw^2 / 4$
IT	St. Venants torsjonskonstant = $(tfo^3 * (bo - 0.63 * tfo) + tfu^3 * (bu - 0.63 * tfu) + tw^3 * (h - tfo - tfu)) / 3 + tw / tfo * 0.145 * ((tw^2 / 4 + tfo^2) / tfo)^4 + tw / tfu * 0.145 * ((tw^2 / 4 + tfu^2) / tfu)^4$
Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = $tfo * bo^3 * tfu * bu^3 * (h - tfo / 2 - tfu / 2)^2 / (12 * (tfo * bo^3 + tfu * bu^3))$

## Rør-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

d	Profilets totale diameter
t	Tykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $d * \Pi$
Atot	Total tverrsnittsareal = $\Pi * (d^2 - (d - 2 * t)^2) / 4$

Aliv	Aktivt tverrsnittsareal ved skjær = $A_{tot} / 2$
G	Egenvekt pr løpemeter = $A_{tot} * 7.85 * 1000$
$I_y$	Tregghetsmoment om hovedakse = $\Pi * (d^4 - (d - 2 * t)^4) / 64$
$W_y$	Motstandsmoment om hovedakse = $I_y / d * 2$
$W_{py}$	Plastisk motstandsmoment om hovedakse = $(d^3 - (d - 2 * t)^3) / 6$
IT	St. Venants torsjonskonstant = $\Pi * (d^4 - (d - 2 * t)^4) / 32$
Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = 0

## Firkant-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
b	Profilets totale bredde
t	Tykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $(h + b) * 2$
Atot	Total tverrsnittsareal = $(h + b - 2 * t) * t * 2$
Aliv	Aktivt tverrsnittsareal ved skjær = $A_{tot} * h / (h + b)$
G	Egenvekt pr løpemeter = $A_{tot} * 7.85 * 1000$
$I_y$	Tregghetsmoment om y-aksen = $2 * b * t^3 / 12 + 2 * t * (h - 2 * t)^3 / 12 + 2 * b * t * (h - t)^2 / 4$
$I_z$	Tregghetsmoment om z-aksen = $2 * h * t^3 / 12 + 2 * t * (b - 2 * t)^3 / 12 + 2 * h * t * (b - t)^2 / 4$
$W_y$	Motstandsmoment om y-aksen = $I_y / h * 2$
$W_z$	Motstandsmoment om z-aksen = $I_z / b * 2$
$W_{py}$	Plastisk motstandsmoment om y-aksen = $b * t * (h - t) + 2 * t * (h - 2 * t)^2 / 4$
$W_{pz}$	Plastisk motstandsmoment om z-aksen = $h * t * (b - t) + 2 * t * (b - 2 * t)^2 / 4$
IT	St. Venants torsjonskonstant = $2 * t * (b - t)^2 * (h - t)^2 / (b + h - 2 * t) + t^3 * 2 * (b + h - 2 * t) / 3$
Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = $h^2 * b^2 * t * (h - b)^2 / ((h + b) * 24)$



## L-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
b	Profilets totale bredde
t	Tykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

$\alpha$	Vinkel mellom hovedakse og y-akse = $(\text{atan}(6 * b^2 * h^2 / (h^2 - b^2) / (h^2 + 4 * h * b + b^2))) / 2$
cy	Horisontal avstand til tyngdepunkt fra ytterkant = $((h - t) * t^2 / 2 + t * b^2 / 2) / \text{Atot}$
cz	Vertikal avstand til tyngdepunkt fra ytterkant = $((b - t) * t^2 / 2 + t * h^2 / 2) / \text{Atot}$
Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $2 * (b + h)$
Atot	Total tverrsnittsareal = $t * (b + h - t)$
Aliv	Aktivt tverrsnittsareal ved skjær = $\text{Atot} * h / (h + b)$
G	Egenvekt pr løpemeter = $\text{Atot} * 7.85 * 1000$
$I_y$	Tregghetsmoment om y-aksen = $h^3 * t / 12 + t^3 * (b - t) / 12 + h * t * (h / 2 - cz)^2 + (b - t) * t * (cz - t / 2)^2$
$I_z$	Tregghetsmoment om z-aksen = $b^3 * t / 12 + t^3 * (h - t) / 12 + b * t * (b / 2 - cy)^2 + (h - t) * t * (cy - t / 2)^2$
$W_y$	Motstandsmoment om y-aksen = $I_y / (h - cz)$
$W_z$	Motstandsmoment om z-aksen = $I_z / (b - cy)$
$W_{py}$	Plastisk motstandsmoment om y-aksen beregnes ikke
$W_{pz}$	Plastisk motstandsmoment om z-aksen beregnes ikke
	Hjelpestørrelse $I_{yz} = (cy - t / 2) * (h / 2 - cz) * h * t + (cz - t / 2) * (b / 2 - cy) * b * t$
$I_u$	Tregghetsmoment om svak hovedakse = $I_y * \cos^2\alpha + I_z * \sin^2\alpha - I_{yz} * \sin 2\alpha$
$I_v$	Tregghetsmoment om sterk hovedakse = $I_y * \sin^2\alpha + I_z * \cos^2\alpha - I_{yz} * \sin 2\alpha$
$W_u$	Motstandsmoment om svak hovedakse = $2 * I_u / \max(\text{abs}(cy * \sin\alpha - cz * \cos\alpha - b * \sin\alpha), \text{abs}(cy * \sin\alpha - cz * \cos\alpha + h * \cos\alpha))$
$W_v$	Motstandsmoment om sterk hovedakse = $2 * I_v / \max(\text{abs}(-cy * \cos\alpha - cz * \sin\alpha + b * \cos\alpha + t * \sin\alpha), \text{abs}(-cy * \cos\alpha - cz * \sin\alpha + h * \sin\alpha + t * \cos\alpha))$
$W_{pu}$	Plastisk motstandsmoment om svak hovedakse beregnes ikke
$W_{pv}$	Plastisk motstandsmoment om sterk hovedakse beregnes ikke
IT	St. Venants torsjonskonstant = $(h + b) * t^3 / 3$

Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = $(h^3 + b^3) * t^3 / 36$
----	--

Plastiske motstandsmomenter beregnes ikke, da neutralaksen ved plastisk bøyning oftest havner i en av flensene.

## T-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
b	Profilets totale bredde
tf(flens)	Flenstykkelse
tw(steg)	Stegtykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

cz	Avstand til tyngdepunkt fra overkant = $(b * tf^2 / 2 + tw * (h - tf) * (h + tf) / 2) / Atot$
Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $2 * (h + b)$
Atot	Total tverrsnittsareal = $b * tf + (h - tf) * tw$
Aliv	Aktivt tverrsnittsareal ved skjær = $h * tw$
G	Egenvekt pr løpemeter = $Atot * 7.85 * 1000$
I <sub>y</sub>	Tregghetsmoment om y-aksen = $b * tf^3 / 12 + tw * (h - tf)^3 / 12 + b * tf * (tf / 2 - cy)^2 + tw * (h - tf) * (cy - (h + tf) / 2)^2$
I <sub>z</sub>	Tregghetsmoment om z-aksen = $tf * b^3 / 12 + (h - tf) * tw^3 / 12$
W <sub>y</sub>	Motstandsmoment om y-aksen i underkant = $I_y / (h - cy)$
W <sub>y2</sub>	Motstandsmoment om y-aksen i overflens = $I_y / cy$
W <sub>z</sub>	Motstandsmoment om z-aksen = $2 * I_z / b$
W <sub>py</sub>	Plastisk motstandsmoment om y-aksen beregnes ikke
W <sub>pz</sub>	Plastisk motstandsmoment om z-aksen beregnes ikke
IT	St. Venants torsjonskonstant = $((b - 0.63 * tf) * tf^3 + (h - tf) * tw^3) / 3$
Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = $tf * b^3 * (cy - tf)^2 / 48$

## U-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
b	Profilets totale bredde
tf(flens)	Flenstykkelse
tw(steg)	Stegtykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

cy	Avstand til tyngdepunkt fra venstre kant = $((h - 2 * tf) * tw^2 / 2 + tf * b^2) / Atot$
cs	Avstand til skjærsenter fra venstre kant = $b * (3 * b * tf) / (6 * b * tf + h * tw)$
Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $(h + 2 * b - tw) * 2$
Atot	Total tverrsnittsareal = $b * tf * 2 + (h - 2 * tf) * tw$
Aliv	Aktivt tverrsnittsareal ved skjær = $h * tw$
G	Egenvekt pr løpemeter = $Atot * 7.85 * 1000$
I <sub>y</sub>	Trehetsmoment om y-aksen = $2 * b * tf^3 / 12 + tw * (h - 2 * tf)^3 / 12 + 2 * b * tf * (h - tf)^2 / 4$
I <sub>z</sub>	Trehetsmoment om z-aksen = $2 * b^3 * tf / 12 + tw^3 * (h - 2 * tf) / 12 + 2 * b * tf * (b / 2 - cy)^2 + tw * (h - 2 * tf) * (cy - tw / 2)^2$
W <sub>y</sub>	Motstandsmoment om y-aksen = $I_y / h * 2$
W <sub>z</sub>	Motstandsmoment om z-aksen = $I_z / (b - cz)$
W <sub>z2</sub>	Motstandsmoment om z-aksen på andre siden = $I_z / cz$
	Hjelpetørrelse $c_{zp} = (Atot / 2 - tw * h) / (2 * tf) + tw$ . Hvis $c_{yp} < tw$ beregnes ikke plastiske motstandsmomenter
W <sub>py</sub>	Plastisk motstandsmoment om y-aksen = $b * tf * (h - tf) + tw * (h - 2 * tf)^2 / 4$
W <sub>pz</sub>	Plastisk motstandsmoment om z-aksen = $tw * (h - 2 * tf) * (c_{yp} - tw / 2) + tf * (c_{yp}^2 + (b - c_{yp})^2)$
IT	St. Venants torsjonskonstant = $(2 * tf^3 * (b - 0.63 * tf) + tw^3 * (h - 2 * tf)) / 3 + 2 * tw / tf * 0.05 * ((tw^2 / 4 + tf^2) / tf)^4$
Iw	Tverrsnittskonstant for hvelving = $tf * b^3 * (h - tf)^2 / 24$ (brukes)

## Hatte-profiler

Følgende tverrsnittsmål benyttes:

h	Profilets totale høyde
bu	Underflensens bredde
bo	Overflensens bredde
tfu(flens)	Underflensens tykkelse
tfo(flens)	Overflensens tykkelse
tw(steg)	Stegtykkelse

Følgende tverrsnittsmål beregnes:

Flate	Utvendig flate, f.eks. for maling = $2 * (h + \max(bu, bo))$
Atot	Total tverrsnittsareal =

	$bu * tfu + bo * tfo + 2 * tw * (h - tfu - tfo)$
Aliv	Netto stegareal = $2 * tw * (h - tfu - tfo)$
	Hjelpstørrelse $s = (\min(bo, bu) - tw)$
	Hjelpstørrelse $a = h - (tfu + tfo) / 2$
G	Egenvekt pr løpemeter = $Atot * 7.85 * 1000$
cz	Vertikal avstand til tyngdepunktet fra overkant = $(bo * tfo^2 / 2 + Aliv * (h + tfo - tfu) / 2 + bu * tfu * (h - tfu / 2)) / Atot$
cs	Vertikal avstand til skjærsenter fra overkant = $cz - ((cz - tfo / 2) * bo^3 * tfo - (h - cz - tfu / 2) * bu^3 * tfu) / (bo^3 * tfo + bu^3 * tfu)$
I <sub>y</sub>	Tregghetsmoment om y-aksen = $bo * tfo^3 / 12 + bu * tfu^3 / 12 + 2 * tw * (h - tfo - tfu)^3 / 12 + bo * tfo * (cz - tfo / 2)^2 + bu * tfu * (h - tfu / 2 - cz)^2 + Aliv * ((h + tfo - tfu) / 2 - cz)^2$
I <sub>z</sub>	Tregghetsmoment om z-aksen = $bo^3 * tfo / 12 + bu^3 * tfu / 12 + 2 * tw^3 * (h - tfo - tfu) / 12 + Aliv * s^2 / 4$
W <sub>y</sub>	Motstandsmoment om y-aksen for underflens = $I_y / (h - cz)$
W <sub>y2</sub>	Motstandsmoment om y-aksen for overflens = $I_y / cz$
W <sub>z</sub>	Motstandsmoment om z-aksen = $I_z / \max(bu, bo) * 2$
	Hjelpstørrelse $cyp = (Atot / 2 - tfo * bo) / tw + tfo$ . Hvis $cyp < tfo$ eller $cyp > h - tfu$ beregnes ikke plastiske motstandsmomenter.
W <sub>py</sub>	Plastisk motstandsmoment om y-aksen = $bo * tfo * (cyp - tfo / 2) + bu * tfu * (h - tfu / 2 - cyp) + tw * (cyp - tfo)^2 + tw * (h - cyp - tfu)^2$
W <sub>pz</sub>	Plastisk motstandsmoment om z-aksen = $tfo * bo^2 / 4 + tfu * bu^2 / 4 + (h - tfo - tfu) * tw * s$
IT	St. Venants torsjonskonstant = $4 * a^2 * (s^2 / (2 * a / tw + bo / tfo + bu / tfu))$
I <sub>w</sub>	Tverrsnittskonstant for hvelving = $h^2 / 48 * (s^2 * h * tw * 2 + bo^3 * tfo + bu^3 * tfu) * (\text{abs}(2 * (s + tw)^2 * tw - h * bo * tfo - h * bu * tfu) / (2 * (s + tw)^2 * tw + h * bo * tfo + h * bu * tfu))^2$

## Generelle profiler

Her gir du inn alle tverrsnittskonstanter direkte. Av naturlige grunner kan programmet ikke kontrollere tverrsnittsklasse og stegkneking for disse.

## Doble L-profiler

Disse bygges opp av to motstilte L-profiler. De antas ikke å kunne overføre skjærkrefter mellom delene, noe som betyr at de tar halvparten av påførte laster hver. I tillegg regnes de som symmetriske om vertikalaksen, slik at programmet ikke kontrollerer kreftene om hovedaksene. Dette betyr også at avstanden mellom de to delene ikke har noen betydning for beregningsresultatet.

## 6.5 Tverrsnittsklasser (kap. 5.5)

Tverrsnittsklasse kontrolleres etter kapittel 5.5.

Komponenters tverrsnitt eller tverrsnittsdeler kan grupperes i fire klasser:

*Tverrsnittsklasse1* er tverrsnitt som kan danne plastiske flyteledd med tilstrekkelig rotasjonskapasitet til at en plastisk analyse kan benyttes

*Tverrsnittsklasse2* er tverrsnitt som kan utvikle dets plastiske momentkapasitet, men som har begrenset rotasjonskapasitet.

*Tverrsnittsklasse3* er tverrsnitt som kan nå flytning i det mest påkjente fiber før lokal knekking inntreffer.

*Tverrsnittsklasse4* er tverrsnitt hvor det må tas hensyn til lokal knekking ved beregning av stivhet og kapasitet.

Grenseverdien for tverrsnittsdelenes slankhet, uttrykt ved forhold mellom bredde og tykkelse, er gitt i tabell 5.2 for tverrsnittsklassene 1, 2 og 3. Tverrsnittsdeler som ikke tilfredsstiller kravene til klasse 3 tilhører klasse 4.

Tverrsnittsklassen for et tverrsnitt settes normalt lik klassen for den tverrsnittsdelen som har høyeste klassifiseringstall.

### 6.5.1 Effektivt tverrsnitt

For tverrsnitt som havner i klasse 4 beregnes et effektivt tverrsnitt i henhold til kapittel 4 i NS-EN 1993-1-5. Denne reduksjonen av tverrsnittet tar hensyn til plateknekkning som gir en viss overkritisk kapasitet. Ved avstivninger med mindre senteravstand enn bjelkehøyden kan det også oppstå endimensjonal knekking. Denne gir ikke noen overkritisk kapasitet, og kan derfor være dimensjonerende. Da slik plassering av avstivninger er sjelden blir ikke dette kontrollert i denne versjonen av programmet.

For hver tverrsnittsdel (del mellom to sammenføyningspunkter) som helt eller delvis er under trykk beregnes et effektivt tverrsnitt:

$$A_{c,eff} = \rho * A_c$$

For innvendige tverrsnittsdeler gjelder

$$\rho = 1.0 \quad \text{for } \lambda'_p \leq 0.5 + \sqrt{(0.085 - 0.055 * \Psi)}$$

$$\rho = (\lambda'_p - 0.055 * (3 + \Psi)) / \lambda'^2_p \leq 1.0$$

$$\text{for } \lambda'_p > 0.5 + \sqrt{(0.085 - 0.055 * \Psi)}$$

Grenseverdien er endret i henhold til rettelsesblad NS-EN 1993-1-5/AC:2009

For utvendige tverrsnittsdeler gjelder

$$\rho = 1.0 \quad \text{for } \lambda'_p \leq 0.748$$

$$\rho = (\lambda'_p - 0.188) / \lambda'^2_p \leq 1.0 \text{ for } \lambda'_p > 0.748$$

$$\lambda'_p = (b' / t) / (28.4 * \epsilon * \sqrt{k_\sigma})$$

$\Psi$  er forholdet mellom største trykkspenning i kant og spenningen i den andre kanten.

$b'$  er tverrsnittsdelens effektive høyde resp. bredde etter tabell 5.2, se ovenfor.

Tabell 4.1 i NS-EN 1993-1-5 viser hvordan  $k_\sigma$  og  $\rho$  beregnes, og hvordan den effektive flensbredden.

For klasse 4 beregnes ett redusert areal for kun normalkraft, som brukes til beregning av normalkraftskapasitet, og to reduserte motstandsmomenter for kun resp. moment, som brukes til beregning av momentkapasitet. For tverrsnitt som ikke er symmetriske beregnes også en tilleggseksentrisitet.

NS-EN 1993 gir adgang til å beregne effektivt tverrsnitt for kombinasjonen av opptredende snittkrefter. Men da kreves at også eksentrisitetene tar hensyn til dette, noe som gir en iterasjonsprosess. Dette blir derfor ikke gjort her.

For I-tverrsnitt hvor steget er i tverrsnittsklasse 3 mens flensene er i tverrsnittsklasse 2 kan tverrsnittet regnes som klasse 2 med redusert stegareal. Kun steghøyden  $20 * \epsilon * t_w$  regnes med på hver side av resp. sammenføyningspunkt og nullspenningspunkt. Punkt 6.2.2.4 i del 1.

For sirkulære rør som ikke tilfredsstiller kravene til tverrsnittsklasse 3 må det benyttes skallteori etter NS-EN 1993-1-6. Dette blir ikke gjort i dette programmet.

## 6.5.2 Shear lag

Dette er en kontroll av trykkraften mellom steg og flens kan overføres, og kan gi opphav til en reduksjon av det effektive tverrsnittet for flensen. Se NS-EN 1993-1-5 kapittel 3. Denne kontrollen blir ikke gjort i denne versjonen.

## 6.5.3 Spesielt for dette programmet gjelder:

For L-tverrsnitt hvor hjørnepunktet har trykk gjelder egne formler, som ikke tillater plastisk dimensjonering. Vi benytter tilsvarende regler for T-tverrsnitt hvor hjørnet har trykk, men ikke for U-tverrsnitt.

Sirkulære rør som havner i klasse 4 kan få en spesiell form for plateknekking (vaffelknekking). Beregning av dette er angitt i NS-EN 1993-1-6. Dette er ikke med i denne versjon av programmet.

## 6.6 Dimensjonering

Ståldimensjonering gjøres i henhold til NS-EN 1993. Programmet dimensjonerer en stålstav med påført normalkraft, torsjonsmoment, bøyende moment om to akser og skjærkraft i to retninger. Dimensjoneringen tar hensyn til knekking om begge akser og vipping. I tillegg kontrollerer programmet stegknekking etter kapittel 5 i NS-EN 1993-1-5.

For L-profiler kan brukeren velge om beregningen skal gjøres i henhold til hovedaksene (U- og V-aksene) eller Y- og Z-aksene.

Brukeren kan selv velge elastisk eller plastisk dimensjonering, så fremt dette er mulig avhengig av tverrsnittsklasser. For generelle profiler og sirkulære rørprofiler regner programmet ikke tverrsnitt i klasse 4, men gir isteden melding om dette. Dette skyldes at et rørprofil er svært ømfintlig både for momenter og lokale påkjenninger. For generelle profiler er det innlysende at det ikke er mulig å kontrollere lokal knekking.

Først beregnes tverrsnittsklasser og ev. reduserte tverrsnitt. Deretter beregnes kapasiteter for normalkraft, torsjon, moment i to retninger og skjærkrefter i to retninger.

Deretter beregnes kapasiteter mhp. stabilitetskontroll. Disse beregnes for knekking om de to hovedaksene, for torsjonsknekking, for vipping og for skjærknekking.

Deretter beregnes interaksjonen mellom snittkreftene. Merk at interaksjon mellom normalkraft og momenter er uforandret fra NS3472. Derimot er

interaksjonen mellom disse og skjærkrefter endret, og skal alltid gjennomføres uansett tverrsnittsklasser.

Til sist beregnes interaksjonen mellom de forskjellige stabilitetskontrollene.

## 6.6.1 Spenningskontroll

### Aksialkraft

#### **Strekkelastede staver, pkt. 6.2.3**

$$n' = N_{Ed}/N_{t,Rd} \leq 1.0$$

$$N_{t,Rd} = (f_y/\gamma_{M0}) A$$

hvor :

$n$  er utnyttelse aksialkraft

$N_{Ed}$  er opptredende aksialkraft

$N_{t,Rd}$  er dimensjonerende aksialkraftkapasitet

$f_y$  er karakteristisk flytespenning

$\gamma_{M0}$  er partialfaktor

$A$  er tverrsnittets totale areal

#### **Trykkbelastede staver, pkt. 6.2.4**

$$n' = N_{Ed}/N_d \leq 1.0$$

$$N_{c,Rd} = (f_y/\gamma_{M0}) * A \quad \text{for tverrsnittsklasse 1, 2 og 3}$$

$$N_{c,Rd} = (f_y/\gamma_{M0}) * A_{eff} \quad \text{for tverrsnittsklasse 4}$$

hvor :

$n$  er utnyttelse aksialkraft

$N_{Ed}$  er opptredende aksialkraft

$N_{c,Rd}$  er dimensjonerende aksialkraftkapasitet (avhengig av tverrsnittsklasse)

$A_{eff}$  beregnes i henhold til pkt. 4.3 i del 5.

### Moment, pkt. 6.2.5

$$m' = M_{Ed}/M_{c,Rd} \leq 1.0$$

$$M_{c,Rd} = (f_y/\gamma_{M0}) * W_{pl} \quad \text{for tverrsnittsklasse 1 og 2}$$

$$M_{c,Rd} = (f_y/\gamma_{M0}) * W_{el,min} \quad \text{for tverrsnittsklasse 3}$$

$$M_{c,Rd} = (f_y/\gamma_{M0}) * W_{eff,min} \quad \text{for tverrsnittsklasse 4}$$

hvor:

$M_{Ed}$  er opptredende moment

$W_{pl}$  er tverrsnittets plastiske tverrsnittsmodul.

$W_{el,min}$  og  $W_{eff,min}$  bestemmes for den fiber som har størst spenning.

### Skjærkraft, pkt. 6.2.6

#### **Plastisk skjærkapasitet**

$$v' = V_{Ed} / V_{pl,Rd} \leq 1.0$$

$$V_{c,Rd} = (1/\sqrt{3}) * (f_y/\gamma_{M0}) * A_v$$

hvor:

For profiler belastet parallelt med steget gjelder

$$A_{vz} = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2r) * t_f \quad \text{for valsede I - profiler, dog } \geq \eta * h_w * t_w$$

$$A_{vz} = A - 2 * b * t_f + (t_w + r) * t_f \quad \text{for valsede U - profiler}$$

$$A_{vz} = A - b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f / 2 \quad \text{for sveiste T - profiler}$$

$$A_{vz} = t_w * (h - t_f / 2) \quad \text{for valsede T - profiler}$$

$$A_{vz} = \eta * \Sigma h_w * t_w \quad \text{for øvrige sveiste profiler}$$

For hulprofiler gjelder

$$A_{vz} = (2/\pi) * A \quad \text{for sirkulære profiler}$$

$$A_{vz} = (h/(h+b)) * A \quad \text{for rektangulære profiler}$$

For profiler belastet parallelt med flensene gjelder

$$A_{vy} = 2 * b * t_f \quad \text{for valsede I - profiler}$$

$$A_{vy} = 2 * b * t_f \quad \text{for valsede U - profiler}$$

$$A_{vy} = A - \Sigma h_w * t_w \quad \text{for sveiste profiler}$$

For hulprofiler gjelder

$$A_{vy} = (2/\pi) * A \quad \text{for sirkulære profiler}$$

$$A_{vy} = (b/(h+b)) * A \quad \text{for rektangulære profiler}$$

## Elastisk skjærkapasitet

$$\tau_{Ed} / (f_y / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})) \leq 1.0$$

$$\tau_{Ed} = V_{Ed} * S / (I * t)$$

S er 1. arealmomentet ( $A * x$ ) om tverrsnittets tyngdepunkt for den del av tverrsnittet som ligger utenfor det punkt som undersøkes.

I er treghetsmomentet (2. arealmomentet) for hele tverrsnittet om sitt tyngdepunkt.

t er tykkelsen i det punkt som undersøkes.

For I-tverrsnitt og H-tverrsnitt (liggende I-tverrsnitt) kan formelen

$$\tau_{Ed} = V_{Ed} / (h_w * t_w) \quad \text{brukes hvis } A_f / A_w \geq 0.6.$$

## Skjærknekking (kap. 5 i del 5)

Denne blir ikke kontrollert for generelle profiler, hvor vi ikke kjenner fordelingen mellom steg og flens, og heller ikke for sirkulære rørprofiler, som jo ikke har noe steg. For øvrige profiler testes dette for **indre flens** og steg.

NS-EN 1993 gir ikke noen anvisninger for skjærknekking av flenser ved åpne tverrsnitt. Vi velger derfor å benytte effektivt flensareal i tverrsnittsklasse 4 ved beregning av skjærkapasitet.

Skjærkapasiteten med hensyn til stegknekking beregnes etter punkt 5.2 i EN-1993-1-5.

Når  $h_w / t_w \leq 72 * \epsilon / \eta$  uten mellomliggende tverravstivninger, eller

når  $h_w / t_w \leq 31 * \epsilon / (\eta * \sqrt{k_\tau})$  med mellomliggende tverravstivninger er skjærknekking ikke aktuelt.

Vi ser bort fra eventuell skjærkapasitet i flensene. Brukeren kan velge mellom stive og veke endestivere, og senteravstand mellom tverravstivere langs bjelken.

Skjærkapasiteten blir da



$$V_{b,Rd} = f_{yw} / (\gamma_{M1} * \sqrt{3}) * \chi_w * t_w * h_w.$$

$$\chi_w = \eta \text{ for } \lambda'_w < 0.83 / \eta$$

$$\chi_w = 0.83 / \lambda'_w \text{ for } 0.83 / \eta \leq \lambda'_w$$

For  $\lambda'_w < 1.08$  og stive endeavstivere gjelder

$$\chi_w = 1.37 / (0.7 + \lambda'_w)$$

$$\eta = 1.2 \text{ for flytegrenser til og med 460}$$

$$\eta = 1.00 \text{ for flytegrenser over 460}$$

For kun endestivere får vi relative slankheten

$$\lambda'_w = 1 / (86.4 * \epsilon) * h_w / t_w.$$

Med mellomliggende tverravstivninger, men ingen langsgående stivere får vi

$$\lambda'_w = 1 / (37.4 * \epsilon * \sqrt{k_\tau}) * h_w / t_w.$$

$$k_\tau = 5.34 + 4.00 * (h_w / a)^2 \quad \text{for } a / h_w \geq 1.0$$

$$k_\tau = 4.00 + 5.34 * (h_w / a)^2 \quad \text{for } a / h_w < 1.0$$

### Bøyningsindusert stegknekking

Ifølge punkt kapittel 8 er bøyningsindusert stegknekking forhindret hvis

$$h_w / t_w \leq k * E / f_{yf} * \sqrt{(A_w / A_{fc})}$$

hvor  $A_w$  er stegets areal,  $A_{fc}$  er arealet av trykkflensen, og  $f_{yf}$  er flensens flytespenning.

k er avhengig av flensens tverrsnittsklasse:

$$k = 0.3 \text{ for tverrsnittsklasse 1}$$

$$k = 0.4 \text{ for tverrsnittsklasse 2}$$

$$k = 0.55 \text{ for tverrsnittsklasse 3 og 4.}$$

### Torsjon (kap. 6.2.7)

I denne versjonen av programmet beregnes St. Venants torsjon. Hvelvingstorsjon (Vlasovs torsjon) kontrolleres ikke. For åpent tverrsnitt beregnes denne etter:

$\tau = T / I_T * t_i$ , hvor  $t_i$  er tykkelsen av aktuell tverrsnittsdel. Merk at tykkere tverrsnitt får høyere torsjonsspenning!. Det er derfor vesentlig å benytte største tykkelse i områder med indre radius, noe programmet gjør.

For lukket tverrsnitt benyttes formelen:

$$\tau = T / (2 * A_m * t_i), \text{ hvor } A_m \text{ står for arealet innenfor materialets senterlinje.}$$

$$\tau / (f_y / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})) \leq 1.0$$

For kombinasjon av torsjon og skjærkrefter, se nedenfor.

### Elastisk spenningskontroll

Avhengig av tverrsnittets form velger programmet hvilke punkter spenningene skal beregnes i. Først beregnes spenningene i disse for hver enkelt kraftkomponent. Deretter beregnes normalspenningen fra normalkraft og momenter i disse punktene, og dette blir benyttet for å finne tverrsnittsklassen.

Totalutnyttelsen benytter von Mises formel for totalspenningen i mest anstrengte punkt, mens utnyttelsen for hver kraftandel bruker mest anstrengte punkt for hver kraftkomponent. Von Mises flytekriterium for en plan spenningstilstand er gitt ved:

$$\sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x * \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)} \leq f_d = f_y / \gamma_M$$

Ved at vi ikke tar med spenninger  $\sigma_y$  i beregningen blir formelen forenklet til

$$\sqrt{(\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)} \leq f_d = f_y / \gamma_M$$

Ved elastisk beregning uten skjærknekking adderes torsjonsspenningen til vonMises-spenningen som skjærkraft i ugunstigste retning.

Dersom  $V / V_{el,Rd} \leq 0.5$ , der  $V_{el,Rd}$  er den elastiske kapasiteten, dimensjoneres tverrsnittet for den største utnyttelsen av normalkraft og moment resp. av skjærkraft..

For  $V / V_{el,Rd} > 0.5$  er kapasitetskravet oppfylt dersom flytespenningen settes til

$$f_y' = f_y * (1 - \rho)$$

$$\rho = (2V_{Ed} / V_{el,Rd} - 1)^2$$

Programmet viser: Utnyttelse for normalspenning (N+My+Mz), Utnyttelse for Mz med redusert flytespenning grunnet skjærkraft Vy og Utnyttelse for My med redusert flytespenning grunnet skjærkraft Vz.

For tverrsnitt hvor skjærknekking kan være aktuelt skal alltid interaksjonsformlene i NS-EN 1993-1-5 kapittel 7 benyttes, se nedenfor.

### Tverrsnittsklasse 4

Her adderer vi utnyttelsene for hver komponent, inklusive moment fra tilleggsaksentrisitet.

$$N_{Ed} / (A_{eff} * f_y / \gamma_{M0}) + (M_{y,Ed} + N_{Ed} * e_{Ny}) / (W_{eff,y,min} * f_y / \gamma_{M0}) + (M_{z,Ed} + N_{Ed} * e_{Nz}) / (W_{eff,z,min} * f_y / \gamma_{M0}) \leq 1.0.$$

### Plastisk spenningskontroll

Ved kombinasjoner av flere kraftkomponenter bruker NS-EN 1993 det nedre grenseteorem for å omlagre spenningene slik at de blir utnyttet mest mulig effektivt.

### Moment og aksialkraft, pkt. 6.2.9

Denne blir benyttet ved beregningen av moment, skjærkraft og aksialkrefter nedenfor.

De reduserte momentkapasiteter er gitt ved

$$M_{N,Rdy} = m_y' * M_{Rd,y}$$

$$M_{N,Rdz} = m_z' * M_{Rd,z}$$

reduksjonsfaktorene  $m_y'$  og  $m_z'$  bestemmes for de ulike tverrsnittsformer som angitt i det følgende.

For **valsede og sveiste I-profiler med like flenser** i tverrsnittsklasse 1 og 2 gjelder:

$$m_y' = (1 - n) / (1 - 0.5a) \text{ og } m_y' \leq 1.0$$

$$m_z' = 1 \text{ for } n \leq a$$

$$m_z' = 1 - ((n - a) / (1 - a))^2 \text{ for } n > a$$

der

$$a = A_w / A = (A - 2b * t_f) / A \text{ og } a \leq 0.5$$

$A_w$  er profilets stegareal mellom flensene.

For usymmetriske I-profiler ligger neutralaksen nærmere den flens som har størst areal. Derfor benyttes  $a = (A - 1.5 * A_{flmax} - 0.5 * A_{flmin}) / A$  ved beregning av  $m_y'$ .

For **T-tverrsnitt** benyttes av samme grunn  $a = (A - 2 * b * t_f) / A$ .

For **valsede rektangulære hulprofiler** i tverrsnittsklasse 1 og 2 med konstant vegtykkelse  $t$  gjelder:

$$m_y' = (1 - n) / (1 - 0.5a_w) \text{ og } m_y' \leq 1.0$$

$$m_z' = (1 - n) / (1 - 0.5a_f) \text{ og } m_z' \leq 1.0$$

der

$$a_w = 1 - 2 \cdot b \cdot t / A \text{ og } a_w \leq 0.5$$

$$a_f = 1 - 2 \cdot h \cdot t / A \text{ og } a_f \leq 0.5$$

Her er  $b$  og  $h$  henholdsvis profilets bredde og høyde.

For **hatteprofiler** benyttes

$$a_w = (A - 1.5 \cdot A_{f_{\max}} - 0.5 \cdot A_{f_{\min}}) / A$$

$$a_f = (b_{\min} - 2 \cdot t_w) \cdot (t_f + t_u) / A \text{ og } a_f \leq 0.5$$

i formlene ovenfor.

**Sveiste rektangulære kassetverrsnitt** i tverrsnittsklasse 1 og 2 kan dimensjoneres etter de samme interaksjonsformler dersom følgende betingelser oppfylles

$$a_w = 1 - 2 \cdot b \cdot t_f / A \text{ og } a_w \leq 0.5$$

$$a_f = 1 - 2 \cdot h \cdot t_w / A \text{ og } a_f \leq 0.5$$

Her er  $t_f$  og  $t_w$  henholdsvis flensens og stegets tykkelse.

For **sirkulære rørprofiler** benyttes

$$M / M_{Nd} = (1 - (N / N_d)^{1.7}) \text{ eller}$$

$$m' = (1 - n^{1.7}).$$

Dette gir tilnærmet samme resultat som formelen fra Per. Kr. Larsens "Dimensjonering av stålkonstruksjoner, side 172:

$$M / M_{Nd} = \cos(\pi / 2 \cdot N / N_d) \text{ eller}$$

$$m' = \cos(\pi / 2 \cdot n).$$

For **U-profiler med like flenser** benyttes

$$m_y' = (1 - n) / (1 - 0.5a) \text{ og } m_y' \leq 1.0$$

der

$$a = A_w / A = (A - 2b \cdot t_f) / A \text{ og } a \leq 0.5$$

$A_w$  er profilets stegareal mellom flensene.

$$m_z' = (1 - n) / (1 - 0.5 \cdot (1 - a)) \text{ og } m_z' \leq 1.0$$

I utskriften vises:

$$m_{ny}' = m_y / m_y'$$

$$m_{nz}' = m_z / m_z'$$

Kravet er at disse er  $\leq 1.0$

### **Biaksialt moment sammen med øvrige krefter.**

Påvisning av kapasitet ved **interaksjon mellom biaksialt moment og øvrige krefter** for tverrsnittsklasse 1 og 2 kan utføres med:

$$(M_y / M_{NVd,y})^\alpha + (M_z / M_{NVd,z})^\beta \leq 1.0.$$

De tverrsnittsavhengige eksponentene  $\alpha$  og  $\beta$  er gitt i tabellen under.

Eksponent	I- og H tverrsnitt	Sirkulære rør	Rektangulære hulprofiler	Rektangulære tverrsnitt
$\alpha$	2	2	$1.66/(1-1.13n^2)$ og $\alpha \leq 6$	$1.73+1.8n^3$
$\beta$	5n og $\beta \geq 1$	2	som $\alpha$	som $\alpha$

Mellomverdiene for hver enkelt kraftkomponent, og de relevante kombinasjonene av krefter blir vist under "Tverrsnittskontroll". Det er å merke seg at NS-EN 1993 ikke operer med begrepet "Utnyttelse" i denne sammenheng. Grunnen er verdiene ikke gir uttrykk for hvor hardt anstrengt tverrsnittet er, kun hvor stort utrymme som er igjen for å øke den sist kontrollerte kraftkomponenten. Vi bruker derfor uttrykket "Kapasitetspåvisning".

## Moment, skjærkraft og aksialkraft (punkt 6.2.10)

### 1.1.1..1.1 Uten skjærknekking

Dersom  $V / V_{pl,Rd} \leq 0.5$ , der  $V_{pl,Rd}$  er den plastiske kapasiteten, dimensjoneres tverrsnittet etter avsnittet over Moment og aksialkraft uten hensyn til V.

For  $V / V_{pl,Rd} > 0.5$  er kapasitetskravet oppfylt dersom flytespenningen settes til

$$f_y' = f_y * (1 - \rho)$$

$$\rho = (2V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2$$

Vi beregner én verdi på  $\rho$  for skjærkraften i hver retning. For reduksjon av normalkraftkapasiteten beregner vi en vektet middelvei:

$$\rho_N = \rho_y * A_{V,y} / \max(A, A_{V,y} + A_{V,z}) + \rho_z * A_{V,z} / \max(A, A_{V,y} + A_{V,z})$$

For moment er det i det generelle tilfellet ikke mulig å avgjøre om det er reduksjonen for skjærkrefter i Y- eller Z-retningen som har størst innvirkning på momentkapasiteten. Vi setter derfor:

$$\rho_{My} = \rho_{Mz} = \max(\rho_y, \rho_z)$$

For I-profiler vet vi at vertikale skjærkrefter kun reduserer stegets kapasitet, og dette har liten innvirkning på momentkapasiteten om vertikalaksen. Vi får derfor

$$\rho_{My} = \max(\rho_y, \rho_N)$$

For firkanttrør får vi på tilsvarende måte:

$$\rho_{My} = \max(\rho_y, \rho_N)$$

$$\rho_{Mz} = \max(\rho_z, \rho_N)$$

For å få samme uttrykk som i formlene nedenfor definerer vi

$$m_{vy}' = M_{Ed} / M_{pl,Rd} / (1 - \rho_{My})$$

Ved aksialkraft brukes

$$m_{vy}' = m_y' * M_{Ed} / M_{pl,Rd} / (1 - \rho_{My})$$

Denne formeln kan brukes for alle tverrsnittsklasser, så lenge skjærknekking ikke er aktuelt.

### 1.1.1..1.2 Med skjærknekking (NS-EN 1993-1-5 kap. 7)

Kravet er at

$$m_{vy}' = \eta_1' + (1 - M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}) * (2 * \eta_3' - 1)^2 \leq 1.0$$

$$\eta_1' = M_{Ed} / M_{pl,Rd}$$

$$\eta_3' = V_{Ed} / V_{bw,Rd}$$

$$V_{bw,Rd} = f_{yw} / (\gamma_{M1} * \sqrt{3}) * \chi_w * t_w * h_w. \text{ (Se ovenfor, under skjærknekking).}$$

Denne kontrollen trenger å gjøres når  $\eta_3' > 0.5$ , og når  $\eta_1' \geq M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}$  (ellers blir uttrykket alltid mindre enn  $\eta_3'$ ).

$M_{f,Rd}$  er plastisk momentkapasitet for et fiktivt tverrsnitt bestående av effektivt areal av flensene.

$M_{pl,Rd}$  er plastisk momentkapasitet for et fiktivt tverrsnitt bestående av effektivt areal av flensene pluss hele steget.

Ved opptredende normalkraft skal  $M_{f,Rd}$  multipliseres med

$$(1 - N_{Ed} * \gamma_{M0} / ((A_{f1} + A_{f2}) * f_{yf}))$$

hvor  $A_{f1}$  og  $A_{f2}$  er arealet for respektive flens.

$M_{pl,Rd}$  skal multipliseres med  $m_y'$  ovenfor. Det er ikke eksplisitt angitt i NS-EN 1993, men vi går ut fra at det gjelder både i beregningen av  $\eta_1'$  og beregningen av utnyttelsen.

### 1.1.1.1.3 Biaksiale moment og skjærkrefter

NS-EN 1993 gir begrenset veiledning for dette. Da skjærkreftene i hovedsak fordeler seg på de tverrsnittsdeler som er lokalisert i kraftens retning vil disse ha skjærkraft i kun én retning. Vi velger derfor å kontrollere formlene ovenfor dels i Z-retningen, dels i Y-retningen. Ved biaksialt moment setter vi  $\eta_1' =$  total utnyttelse for  $N + M_y + M_z$ . Det kontrolleres at denne ikke er mindre enn utnyttelsen for hver av  $N + M_y$  og  $N + M_z$ . Se for øvrig "Moment og aksialkraft, pkt. 6.2.9" på side 68.

## Torsjon og skjærkrefter (Punkt 6.2.7 (9))

Torsjon gir en reduksjon av den plastiske skjærkapasiteten. Når vi ser bort fra Vlasovs torsjon (se ovenfor) blir denne for åpne tverrsnitt:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1 - \tau_{t,Rd} / (1.25 * f_y / \sqrt{3} / \gamma_{M0}))} * V_{pl,Rd}$$

For lukkede tverrsnitt er formeln:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{(1 - \tau_{t,Rd} / (f_y / \sqrt{3} / \gamma_{M0}))} * V_{pl,Rd}$$

Denne reduksjonen blir også benyttet i formlene tverrsnittsklasse 3 uten skjærknekking, hvor den er noe på sikre siden.

## Tommelfingerregler

Moment om akser som går vinkelrett på frie kanter for steg og flenser, slik som moment om svak akse for I-profiler er alltid beheftet med en viss usikkerhet og store deformasjoner ved plastiske beregninger. Vi har, som nevnt ovenfor, valgt ikke å beregne L- og T-profiler plastisk. Derimot har vi ikke lagt noen begrensninger på I-profiler med moment om svak akse. De fleste drevne stålprosjektørene opererer her med egne tommelfingerregler, f.eks. at  $W_{plz} \leq W_z * 1.25$  og  $\sigma_x \leq f_y * \sqrt{(1 - (V_f/V_d)^2)}$ .

Fordi plastisk spenningskontroll gir nokså mange mellomverdier viser vi kun de mest relevante. Utover snittkrefter, kapasiteter og utnyttelse for hver kraftkomponent, vises:

Utnyttelse for begge moment og normalkrefter ( $m_{xyz}'$ ). For elastisk beregning er denne lik summen av utnyttelsene for hver av  $N$ ,  $M_y$  og  $M_z$ . For plastisk beregning viser denne kapasitetspåvisningen for biaksialt moment sammen med øvrige krefter. Den kan være mindre enn utnyttelsene nedenfor.

Utnyttelse for normalkraft og moment om Y ( $m_{ny}'$ ). For elastisk bergning vises ikke denne. For plastisk beregning viser denne kapasitetspåvisningen etter punkt

6.2.9 om Y-aksen. Denne kan være mindre enn utnyttelsen for normalkraft alene, men selvfølgelig ikke mindre enn utnyttelsen for  $M_y$  alene.

Utnyttelse for normalkraft og moment om Z ( $m_{nz}'$ ). For elastisk bergning vises ikke denne. For plastisk beregning viser denne kapasitetspåvisningen etter punkt 6.2.9 om Z-aksen. Denne kan være mindre enn utnyttelsen for normalkraft alene, men selvfølgelig ikke mindre enn utnyttelsen for  $M_z$  alene.

Utnyttelse for skjærkraft i Y-retningen sammen med øvrige krefter ( $m_{vy}'$ ). Dette beregnes etter punkt 6.2.10, med eller uten skjærknekkning. Her benyttes den største av  $m_{xyz}'$  og  $m_{nz}'$  som  $\eta_1$ . Av dette følger at denne ikke kan være mindre enn noen av  $m_{xyz}'$  og  $m_{nz}'$ .

Utnyttelse for skjærkraft i Z-retningen sammen med øvrige krefter ( $m_{vz}'$ ). Dette beregnes etter punkt 6.2.10, med eller uten skjærknekkning. Her benyttes den største av  $m_{xyz}'$  og  $m_{ny}'$  som  $\eta_1$ . Av dette følger at denne ikke kan være mindre enn noen av  $m_{xyz}'$  og  $m_{ny}'$ .

Total utnyttelse ( $U_{tn}$ ) viser den største utnyttelse for samtlige kontroller.

Ved biaksialt moment vises Alfa og Beta fra punkt 6.2.9.

vonMises-spenningen vises alltid. Ved plastisk beregning og ved skjærkrefter kan denne bli større enn  $f_{yd}$ , fordi denne er beregnet ut fra en ideell elastisk tilstand.

## 6.6.2 Stabilitetskontroll, kap. 6.3

For staver skilles det vanligvis mellom følgende stabilitets- (knekkings-) fenomener: Bøyeknekkning, torsjonsknekkning og vipping. Vi har valgt å dele bøyeknekkning i to deler, knekkning om sterk og svak akse også kalt styrt og fri knekkning.

Torsjonsknekkning, og kombinert torsjons- og bøyeknekkning, kan opptre for tverrsnitt som har liten vridstivhet. I interaksjonsformlene brukes enten fri knekkning eller torsjonsknekkning avhengig av hvilken som har størst utnyttelse.

Vipping er et stabilitetsproblem som opptrer for lange, høye bjelker uten sideveis avstivning. Innstabiliteten inntreffer ved at bjelken får en sideveis utbøyning kombinert med en rotasjon om x-aksen. I motsetning til knekkning vil imidlertid vipping kunne opptre uten at bjelken er belastet med aksiallast, i det moment om sterk akse (y-aksen) vil gi en drivende momentkomponent om x-aksen når bjelken deformeres.

Knekkning og vipping kan beregnes etter enten elastisk eller plastisk teori. Ved elastisk beregning brukes alltid tverrsnittsklasse 3 (eller 4) ved beregningene.

Vipping blir ikke kontrollert for L- og T-profiler. Årsaken er at det ikke har vært mulig å finne tilfredsstillende verdier for torsjonskonstanten og hvelvingskonstanten for disse, noe som trengs i vippeberegningen.

Også plateknekkning er et stabilitetsfenomen. Men fordi denne inngår i interaksjonsformlene for spenningskontroll er den beskrevet under spenningskontrollen.

### Bøyeknekkning

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1.0$$

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_y / \gamma_{M1} \quad \text{for tverrsnittsklasse 1, 2 og 3}$$

$$N_{b,Rd} = \chi * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} \quad \text{for tverrsnittsklasse 4}$$

$$\chi = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}) \quad \text{for } \lambda' \geq 0.2$$

$$\phi = 0.5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0.2) + \lambda'^2]$$

$\alpha$  er ekvivalent formfeilsfaktor. Ut fra tverrsnittets form og materiale bestemmes en aktuell knekkurve tabell 6.2. Etter å ha funnet knekkkurven går vi inn i tabell 6.1, og kan da bestemme formfeilfaktoren.

$$\lambda' = (L_{cr} / i) / \lambda_1 \quad \text{for tverrsnittsklasse 1, 2 og 3}$$

$$\lambda' = (L_{cr} / i) * \sqrt{(A_{eff} / A)} / \lambda_1 \quad \text{for tverrsnittsklasse 4}$$

$$i = \sqrt{(I / A)}$$

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{(E / f_y)} = 93.9 * \epsilon$$

$$\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)}$$

Vi beregner også kritisk knekklast

$$N_{cr} = E I (\pi / L_{cr})^2$$

## Torsjonsknekking

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1.0$$

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_y / \gamma_{M1} \quad \text{for tverrsnittsklasse 1, 2 og 3}$$

$$N_{b,Rd} = \chi * A_{eff} * f_y / \gamma_{M1} \quad \text{for tverrsnittsklasse 4}$$

$$\chi = 1 / (\phi + \sqrt{(\phi^2 - \lambda'^2)}) \text{ for } \lambda' \geq 0.2$$

$$\phi = 0.5 * [1 + \alpha * (\lambda_T' - 0.2) + \lambda_T'^2]$$

$\alpha$  er ekvivalent formfeilsfaktor. Denne hentes fra tabellene 6.2. og 6.1 ved bruk av verdiene for z-z.

$$\lambda_T' = \sqrt{(A * f_y / N_{cr})}$$

$$N_{cr} = \min(N_{cr,T}, N_{cr,TF})$$

$N_{cr,T}$  er kritisk knekklast for torsjonsknekking

$N_{cr,TF}$  er kritisk knekklast for torsjons-bøyeknekking

## I-tverrsnitt, massive tverrsnitt, runde rør og firkantrør

Dette er dobbeltsymmetriske tverrsnitt, som får ren torsjonsknekking

$$N_{cr,T} = 1 / i_p^2 [G_k I_T + E_k I_w (\pi / L_{cr})^2]$$

$$\text{Polær treghetsradius } i_p = ((I_y + I_z) / A)^{0.5}$$

Dobbeltsymmetriske tverrsnitt får enten torsjonsknekking eller bøyeknekking, ikke torsjonsbøyeknekking.

## Enkeltsymmetriske I-tverrsnitt, T-tverrsnitt og firkantrør med flenser

Usymmetriske tverrsnitt har en kombinasjon av torsjonsknekking og bøyeknekking vinkelrett på avstanden fra tyngdepunkt til skjærsenter.  $N_{crzv}$  er den minste roten til ligningen

$$(N_{crz} - N_{crzv}) (N_{crv} - N_{crzv}) - N_{crzv}^2 e_z^2 / i_p^2 = 0$$

$$N_{crz} = E_k I_z (\pi / L_{cr})^2$$

$$N_{crv} = 1 / i_p^2 [G_k I_T + E_k I_w (\pi / L_{cr})^2]$$

$e_z$  er avstanden fra tyngdepunkt til skjærsenter.

$$\text{Polær treghetsradius } i_p = ((I_y + I_z) / A + e_z^2)^{0.5}$$

$$N_{cr,TF} = N_{crzv}$$

Enkeltsymmetriske tverrsnitt får enten torsjonsbøyeknekking eller bøyeknekking, ikke torsjonsknekking.

Profiltabeller for standard T-profiler inneholder ikke noen verdier for  $I_T$  og  $I_w$ . Derfor kan ikke torsjonsknekking kontrolleres for disse.

## U-tverrsnitt

Usymmetriske tverrsnitt har en kombinasjon av torsjonsknekking og bøyeknekking vinkelrett på avstanden fra tyngdepunkt til skjærsenter.  $N_{cryv}$  er den minste roten til ligningen

$$(N_{cry} - N_{cryv})(N_{crv} - N_{cryv}) - N_{cryv}^2 e_y^2 / i_p^2 = 0$$

$$N_{cry} = E_k I_y (\pi / L_{cr})^2$$

$$N_{crv} = 1 / i_p^2 [ G_k I_T + E_k I_w (\pi / L_{cr})^2 ]$$

$e_y$  er avstanden fra tyngdepunkt til skjærsenter.

$$\text{Polær treghetsradius } i_p = ((I_y + I_z) / A + e_y^2)^{0.5}$$

$$N_{cr,TF} = N_{cryv}$$

Enkeltsymmetriske tverrsnitt får enten torsjonsbøyeknekking eller bøyeknekking, ikke torsjonsknekking.

## L-tverrsnitt

Usymmetriske tverrsnitt har en kombinasjon av torsjonsknekking og bøyeknekking vinkelrett på avstanden fra tyngdepunkt til skjærsenter.  $N_{cruv}$  er den minste roten til ligningen

$$(N_{cru} - N_{cruv})(N_{crv} - N_{cruv}) - N_{cruv}^2 e_u^2 / i_p^2 = 0$$

$$N_{cru} = E_k I_u (\pi / L_{cr})^2$$

$$N_{crv} = 1 / i_p^2 [ G_k I_T + E_k I_w (\gamma \pi / L_{cr})^2 ]$$

$e_u$  er avstanden fra tyngdepunkt til skjærsenter.

$$\text{Polær treghetsradius } i_p = ((I_u + I_v) / A + e_u^2)^{0.5}$$

$$N_{cr,TF} = N_{cruv}$$

Enkeltsymmetriske tverrsnitt får enten torsjonsbøyeknekking eller bøyeknekking, ikke torsjonsknekking.

Vi har her gjort den forenklingen at vi ser bort fra innvirkningen av knekking rundt den svake hovedaksen.

Profiltabeller for standard L-profiler inneholder ikke noen verdier for  $I_T$  og  $I_w$ . Derfor kan ikke torsjonsknekking kontrolleres for disse.

## Vipping

Alle staver som har minst en trykkflens kontrolleres for vipping. NS-EN 1993 inneholder ikke noen økning av vippekapasiteten for staver med noe strekk.

$$M_{Ed} / M_{b,Rd} \leq 1.0$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} * W_y * f_y / \gamma_{M1}$$

der

$$W_y = W_{pl,y} \quad \text{for klasse 1 og 2}$$

$$W_y = W_{el,y} \quad \text{for klasse 3}$$

$$W_y = W_{eff,y} \quad \text{for klasse 4}$$



I det generelle tilfellet brukes følgende beregning av  $\chi_{LT}$ .

$$\chi_{LT} = 1 / [\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \lambda'_{LT}{}^2)}] \text{ for } \lambda'_{LT} \geq 0.4$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [ 1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} - 0.2) + \lambda'_{LT}{}^2 ]$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{[(W_y * f_y) / M_{cr}]}$$

hvor  $\alpha_{LT}$  er avhengig av knekkurve og formfeilsfaktor i tabellene 6.3 og 6.4

For valsede tvverrsnitt og likeverdige (!) sveiste tvverrsnitt brukes noe gunstigere formler, som har en rekke nasjonale parametre. Vi har fått oppgitt at dette skal forstås som I-formede tvverrsnitt. Også tvverrsnittsgeometrien og valg av knekkurver kan inneholde nasjonale begrensninger.

$$\chi_{LT} = 1 / [\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \beta * \lambda'_{LT}{}^2)}] \text{ for } \lambda'_{LT} \geq 0.4$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [ 1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta * \lambda'_{LT}{}^2 ]$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{[(W_y * f_y) / M_{cr}]}$$

$$\chi_{LT} \leq 1.0$$

$$\chi_{LT} \leq \sqrt{(\lambda'_{LT}{}^2)}$$

$$\lambda'_{LT,0} \leq 0.4$$

$$\beta \geq 0.75$$

Det er da lov å øke vippefaktoren etter følgende

$$\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f \leq 1.0$$

$$f = 1 - 0.5 * (1 - k_c) * (1 - 2.0 * (\lambda'_{LT} - 0.8)^2) \leq 1.0$$

Merk at norsk nasjonalt tillegg angir at

$f = 0.5 * (1 - k_c) * (1 - 2.0 * (\lambda'_{LT} - 0.8)^2) \leq 1.0$ . Dette gir åpenlyst urimelige resultater. Vi har fått bekreftet at dette er en trykkfeil, og vi beholder derfor fomelen ovenfor.

$k_c$  hentes fra tabell 6.6, hvor momentkurvens form kan gi verdier fra 0.6 til 1.0.

Også for  $\chi_{LT,mod}$  gjelder de øvre grensene

$$\chi_{LT,mod} \leq 1.0$$

$$\chi_{LT,mod} \leq \sqrt{(\lambda'_{LT}{}^2)}$$

$M_{cr}$  er det lineariserte vippingsmomentet for staven, og avhenger av innspenningsforholdene, momentvariasjonen langs staven og lastenes angrepspunkt. Denne kan beregnes på flere forskjellige måter, men NS-EN 1993 gir ingen veiledning om dette. Da beregningen er standarduavhengig benytter vi samme formler som i tillegget til NS3472.

$$M_{cr} = C_1 * (\pi / k * L)^2 E * I_z [\sqrt{((k/k_w)^2 * (I_w / I_z) + (k * L / \pi)^2 * (G * I_T / E * I_z + (C_2 * z_g - C_3 * z_j)^2 - (C_2 * z_g - C_3 * z_j))}]$$

$C_1$ , koeffisient for vipping som ivaretar momentkurvens form, gis inn av brukeren.

$C_2$ , koeffisient for vipping som ivaretar lastens plassering vertikalt, gis inn av brukeren.

$C_3$ , koeffisient for vipping som ivaretar bjelkens enkeltsymmetri, gis inn av brukeren.

$z_g$  er avstanden mellom lastangrepspunktets koordinat og skjærsenter. Verdien gis inn av brukeren.

$k \cdot L$  representerer bjelkens vippelengde og avhenger av flensenes innspenning om tverrsnittets svake akse. Vippelengden  $L_t$  gis inn av brukeren, og programmet setter  $k \cdot L = L_t$ .

$k_w$  i formelen ovenfor ivaretar hvelvingsinnspenningen i bjelkens ender. Programmet setter denne til 1.0.

For å gjøre det enklere å finne C-faktorene har vi programmert inn de verdier som er gitt i tillegget til NS3472, punkt B.12.3.4. Her kan du velge mellom grunntilfellene som er vist i tabell B3 og B4. I tillegg benytter programmet  $k$ , forholdet mellom vippelengde og geometrisk lengde, som hentes fra geometridata. For grunntilfellet i B3 benyttes også  $\Psi$ , som hentes fra de karakteristiske momenter som hører inn under beregningen av interaksjonsfaktorer. Programmet itererer på mellomliggende verdier.

Merk at beregningene av C-faktorer forutsetter at det kun er endebetingelsene som påvirker vippelengden. Hvis staven i tillegg er avstivet mot vipping må du selv finne frem relevante C-faktorer.

## Interaksjon mellom knekking og vipping

Ifølge NS-EN 1993 skal dette kontrolleres for staver utsatt for trykk. Strekkstaver kontrolleres for vipping, se ovenfor.

Her adderer vi utnyttelsene for hver komponent, inklusive moment fra tilleggsaksentrisitet i tverrsnittsklasse 4.

$$N_{Ed} / (\chi_Y \cdot A_i \cdot f_y / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (\chi_{LT} \cdot W_{i,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}) \leq 1.0.$$

$$N_{Ed} / (\chi_Z \cdot A_i \cdot f_y / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (\chi_{LT} \cdot W_{i,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}) \leq 1.0.$$

KLASSE	1	2	3
$A_i$	A	A	A
$W_{i,y}$	$W_{PL,y}$	$W_{PL,y}$	$W_{EL,y,M}$
$W_{i,z}$	$W_{PL,z}$	$W_{PL,z}$	$W_{EL,z,M}$
$\Delta M_{y,Ed}$	0	0	0
$\Delta M_{z,Ed}$	0	0	0

De fire interaksjonsfaktorene kan beregnes ut fra flere forskjellige formler, angitt i tillegg A og B. Det nasjonale tillegget velger hvilke formler som skal benyttes. Ifølge norsk nasjonalt tillegg kan begge formlene benyttes.

Staver kan være utsatt for trykk uten å være utsatt for knekking, for eksempel fordi snittkreftene allerede er beregnet etter 2. ordens teori, eller fordi staven er avstivet i hele sin lengde. Da skal formlene ovenfor fortsatt benyttes, men  $\chi = 1.0$ , og  $N_{cr}$  (som inngår i formlene i tilleggene A og B) settes uendelig stor.

Derimot gir ikke NS-EN 1993 noen formler for hvordan man beregner interaksjon mellom vipping og moment om svak akse for staver som ikke har

normalkraft, eller som har en liten strekkraft, slik at noen del av tverrsnittet fortsatt har trykk, og vipping fortsatt kan være aktuelt. Fordi det er åpenbart at moment om svak akse øker utnyttelsen har vi valgt å beregne en modifisert

$\chi_{LTmod}$  slik at

$$\chi_{LTmod} = \chi_{LT} + (1 - \chi_{LT}) * (1 - \sigma_{m+n} / \sigma_m).$$

$\sigma_m$  = Største trykkspenning fra moment om sterk akse.

$\sigma_{m+n}$  = Største trykkspenning fra normalkraft + moment om sterk akse.

Deretter kontrolleres:

$$k_{yy} * (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (\chi_{LTmod} * W_{i,y} * f_y / \gamma_{M1}) + k_{yz} * (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} * f_y / \gamma_{M1}) \leq 1.0.$$

$$k_{zy} * (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (\chi_{LTmod} * W_{i,y} * f_y / \gamma_{M1}) + k_{zz} * (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} * f_y / \gamma_{M1}) \leq 1.0.$$

Interaksjonsfaktorene beregnes på samme måte som for staver utsatt for trykk men ikke knekking, se ovenfor.

Vi gjengir ikke formlene for beregning av interaksjonsfaktorene her. Dog kan noteres at konstanten C1, som inngår i formeln i tillegg A, er identisk med den C1 som vi finner i tabellene B3 og B4 i tillegget til NS3472. I tillegg gjelder at

$$C1 = 1 / k_c^2 \text{ hvor } k_c^2 \text{ er beskrevet ovenfor.}$$

Beregningen tar utgangspunkt i utnyttelsene for knekking og vipping, og benytter i tillegg noen faktorer  $C_{mi,y}$  og  $C_{mi,z}$ , som beskriver momentkurvens form. Disse må være input fra brukeren, men til hjelp har vi laget noen rutiner for å finne dem frem for noen standard momentkurver. Du gir inn endemomenter og største feltmoment for begge retninger. I tillegg skal du gi inn verdien for

$$K' = E * I * \delta_y / (L^2 * M_y)$$

hvor  $\delta_y$  er største nedbøyning og  $M_y$  er største feltmoment, beregnet **uten** hensyn til endemomenter, dvs fra kun laster på feltet. Som hjelp er det laget en rekke taster som generer denne verdien for gitte former på momentkurven. Som enhver dreven statiker umiddelbart kan regne ut, er største mulige verdi for  $K' = 0.125$ .

Også her gjelder at du må gi inn data manuelt hvis du har avstivninger mot knekking eller vipping.

I tillegg skal du gi inn venstre endemoment, største feltmoment og høyre støttemoment for de to retningene. Du skal også velge hvilken formel som skal benyttes. Merk at faktorene først blir beregnet når trykker på tasten for beregning av formlene.

Vi gjengir ikke tilleggene her. Dog kan nevnes at vi bruker formlene for I-tverrsnitt i tillegg B for alle åpne tverrsnitt, og formlene for RHS-tverrsnitt for alle lukkede tverrsnitt. Vi bruker tabell B1 for alle tverrsnitt som ikke kan vippe, enten de er avstivet, ikke har trykk i noen tverrsnittsdeler eller har samme treghetsmoment i alle retninger.

Vi har også lagt inn de bemerkninger som vises nederst i tabellene B.1 og B.3. Riktignok er bemerkningen i B.1 unødvendig, da formel 6.62, hvor  $k_{zy}$  inngår, aldri vil kunne gi større utnyttelse enn formel 6.61 for enakset bøyning om Y.

Vedrørende bemerkningen i tabell B.3 har vi definert sideveis knekking som at knekkkapasiteten er lavere tverrs beaktet moment enn i retning av dette.

Det må nevnes at tabell B.3 inneholder en trykkfeil i den nederste formeln for punktlast. Korrekt formel skal være

$$C_m = 0.90 + 0.1 * \alpha_h * (1 + 2 * \Psi)$$

Denne blir benyttet i programmet. Dette er også korrigert i rettellesbladet.

For branndimensjonering beregnes momentfaktorene  $\beta_{My}$  og  $\beta_{Mz}$ , som ivaretar virkningen av momentvariasjonen langs staven for bøyning om resp. akse.

### 6.6.3 Branndimensjonering

Programmet regner etter NS-EN 1993-1-2, med nasjonalt tillegg, utgitt i oktober 2009. Det nasjonale tillegget inneholder ikke noen endringer i forhold til anbefalte verdier i basisutgaven, som påvirker programmet.

#### Kritisk temperatur (NS-EN 1993-1-2, pkt 4.2.4)

Beregningen av kritisk temperatur tar utgangspunkt i den største utnyttelsen  $\mu_0$  i romtemperatur for de beregnede lastvirkningene i ulykkesgrensetilfellet brann. For trykkstaver skal alltid knekkurve c, benyttes, ellers er beregningen identisk med den som er beskrevet ovenfor. Vi får

$$\Theta_{cr} = 39.19 * \ln(1 / (0.9674 * \mu_0^{3.833}) - 1) + 482 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$\mu_0$  er utnyttelsen ved romtemperatur med knekkurve c og partialfaktorn = 1.0.

For tverrsnittsklasse 4 settes kritisk temperatur til 350 °C uansett.

Det er å merke seg at beregningen av kritisk temperatur er en forenklet beregning. Når spenningskontrollen er dimensjonerende er den nokså nøyaktig, men ved knekking og vipping kan den gi et avvik på mellom 50 og 100 grader i forhold til dimensjonering ved forhøyet temperatur. NS-EN 1993-1-2 angir klart at kritisk temperatur ikke kan benyttes når knekking eller vipping påvirker kapasiteten.

#### Dimensjonering ved forhøyet temperatur

Beregning av utnyttelse tar utgangspunkt i kapittel 4.2. Tabell 3.1 angir reduksjonen av flytegrense og elastisitetsmodul ved høye temperaturer. Denne tabellen er lagt inn i programmet, og mellomliggende verdier blir beregnet ved interpolering.

Vi bruker også en egen partialfaktor,  $\gamma_{M,fi} = 1.0$ .

Videre må vi modifisere beregningen av  $\epsilon$  i tverrsnittsklasser. Her benyttes

$$\epsilon_{fi} = \epsilon * 0.85.$$

Spenningskontroll og skjærkontroll beregnes på samme måte som ved normal temperatur, men med de fastheter og elastisitetsmoduler som gjelder ved forhøyet tempertur. Da NS-EN 1993-1-2 ikke angir noe spesifikt om skjærknekkning, blir også denne kontrollert på tilsvarende måte.

For beregning av knekking og vipping skal vi dels benytte den reduserte flytespenningen, dels den reduserte E-modulen. Det brukes også en egen imperfeksjonsfaktor  $\alpha = 0.65 * \sqrt{(235 / f_y)}$ , uavhengig av knekkurve og vippekurve.

For knekking benyttes følgende reduksjonsfaktorer:

$$\chi_{i,\theta} = 1 / ( \phi + \sqrt{(\phi^2 - \lambda'^2)} ) \text{ for } \lambda' \geq 0.2$$

$$\phi = 0.5 * [ 1 + \alpha * \lambda'_{\theta} + \lambda'^2 ]$$

$$\lambda'_{\theta} = \lambda' * \sqrt{(k_{y,\theta} / k_{E,\theta})}$$

$k_{y,\theta}$  = reduksjonsfaktor for flytegrensen ved forhøyet temperatur

$k_{E,\theta}$  = reduksjonsfaktor for elastisitetsmodul ved forhøyet temperatur

For vipping benyttes:

$$\chi_{LT,\theta} = 1 / [\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \lambda'_{LT,\theta}{}^2)}] \text{ for } \lambda'_{LT} \geq 0.4$$

$$\phi_{LT} = 0.5 [ 1 + \alpha_{LT} * \lambda'_{LT,\theta} + \lambda'_{LT,\theta}{}^2 ]$$

$$\lambda'_{LT,\theta} = \lambda'_{LT} * \sqrt{(k_{y,\theta} / k_{E,\theta})}$$

Interaksjon beregnes etter følgende formler. Merk at  $f_y$  skal forstås som  $k_{y,\theta} * f_y$ .

$$N_{Ed} / (\chi_{Y,\theta} * A_i * f_y / \gamma_{M,FI}) + k_y * (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (W_{i,y} * f_y / \gamma_{M,FI}) + k_z * (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} * f_y / \gamma_{M,FI}) \leq 1.0.$$

$$N_{Ed} / (\chi_{Z,\theta} * A_i * f_y / \gamma_{M,FI}) + k_y * (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (W_{i,y} * f_y / \gamma_{M,FI}) + k_z * (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} * f_y / \gamma_{M,FI}) \leq 1.0.$$

$$N_{Ed} / (\chi_{Z,\theta} * A_i * f_y / \gamma_{M,FI}) + k_{LT} * (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) / (\chi_{LT,\theta} * W_{i,y} * f_y / \gamma_{M,FI}) + k_{zz} * (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) / (W_{i,z} * f_y / \gamma_{M,FI}) \leq 1.0.$$

$$k_y = 1 - \mu_y * n / (\chi_{y,\theta} * \gamma_{M,FI}) \text{ og } k_y \leq 3.0$$

$$\mu_y = \lambda'_{y,\theta} ( 2 * \beta_{My} - 5 ) + 0.44 * \beta_{My} + 0.29 \text{ og } \mu_y \leq 0.8$$

I denne formelen regnes  $\lambda'_y \leq 1.1$ .

$$k_z = 1 - \mu_z * n / (\chi_{z,\theta} * \gamma_{M,FI}) \text{ og } k_z \leq 3.0$$

$$\mu_z = \lambda'_{z,\theta} ( 1.2 * \beta_{Mz} - 3 ) + 0.71 * \beta_{Mz} - 0.29 \text{ og } \mu_z \leq 0.8$$

$$k_{LT} = 1 - \mu_{LT} * ( n / (\chi_{z,\theta} * \gamma_{M,FI}) ) \text{ og } k_{LT} \leq 1.0$$

$$\mu_{LT} = 0.15 * [ \lambda'_{z,\theta} * \beta_{M,LT} - 1 ] \text{ og } \mu_{LT} \leq 0.9$$

$$n = N_{Ed} / (A_i * f_y)$$

Den oppmerksomme leser ser at disse formlene er svært like de formler som NS3472 benyttet til ordinære interaksjonsberegninger. Det er kun noen mindre forskjeller i beregningen av  $\mu$ . Beregningen av disse faktorene blir gjort i henhold til rettelsesbladet NS-EN 1993-1-2/AC:2009.

For ren spenningskontroll gir NS-EN 1993-1-2 mulighet for å øke kapasiteten på grunn av temperaturvariasjonen i henholdsvis Y- og X-retningene. Dette er ikke lagt inn i programmet.

## 6.6.4 Konsentrerte laster

Beregningen følger punkt 6 i NS-EN 1993-1-5. Denne gjelder for I-tverrsnitt, og derfor gjelder tilsvarende i programmet. Ved at beregningen er uavhengig av snittkreftene på tverrsnittet blir ikke interaksjon mellom konsentrerte laster og snittkrefter beregnet.

Geometrien har tre boolske valg, last ved ende, bruk avstivere og tosidig kraft. Disse er relatert til hverandre ved at last ved ende utelukker de to andre valgene. Videre har vi tre geometriske mål, lastbredde ( $s_s$ ), avstand mellom avstivere (a) og avstand til ende (c). Øvrige data som benyttes hentes fra tverrsnittsgeometrien og materialdata. Dette gjelder E,  $f_{f,y} = f_{w,y}$ ,  $\gamma_{M1}$ ,  $t_w$ ,  $b_w$ ,  $t_f$ ,  $b_f$ .

For hver kraft som gis inn har vi en record med inndata og resultater.

$F_f$	Konsentrert last.	Inndata
-------	-------------------	---------

$K_F$	$= 6 + 2 * (b_w / a)^2, 3.5 + 2 * (b_w / a)^2, 2 + 6 * (s_s + c) / b_w \leq 6.0$ ,	avhengig av geometri.
-------	--	-----------------------

$$m_1 = f_{f,y} / f_{w,y} * b_f / t_w.$$

$$m_2 = 0.02 * ( b_w / t_f )^2.$$

$l_0 = 0.5 * K_F * E / f_{w,y} * t_w^2 / b_w \leq s_s + c$ . Kun aktuelt for last ved ende.

$l_y = s_s + 2 * t_f * (1 + \sqrt{(m_1 + m_2)})$ . Ikke aktuelt for last ved ende

$l_y = l_0 + t_f * \sqrt{(m_1 / 2 + (l_0 / t_f)^2 + m_2)}$ . Kun for last ved ende.

$l_y = l_0 + t_f * \sqrt{(m_1 + m_2)}$ . Kun for last ved ende.

Minste verdi av  $l_y$  gjelder.

$F_{cr} = 0.9 * K_F * E * t_w^3 / b_w$ .

$\lambda_{F'} = \sqrt{(f_{w,y} * t_w * l_y / F_{cr})}$ .

Hvis  $\lambda_{F'} \leq 0.5$  gjentas beregningen ovenfor med  $m_2 = 0.0$

$\chi_F = 0.5 / \lambda_{F'} \leq 1.0$ .

$F_d = f_{w,y} / \gamma_{M1} * \chi_F * t_w * l_y$ .

$U_f = F_f / F_d$ .

# 7 Feilsituasjoner

## 7.1 Feilmeldinger som hører til profiltabellene

### Denne tabellen hør til programsystemet. Er du systemansvarlig?

Du har valgt å gjøre profiltabellen editierbar. Du må tenke deg om en gang ekstra, slik at du ikke skaper problemer for andre brukere.

### Du velger å endre data i din profiltabell. Norconsult Informasjonssystemer svarer ikke for tverrsnittskonstantene etter dette.

Du har valgt å gjøre profiltabellen editierbar. Da må du selv garantere for at tverrsnittskonstantene er korrekte.

### Profiltabellen er eldre enn de program du benytter. Søk etter nyere profiltabell.

Programsystemet har oppdaget at profiltabellen har et tidligere versjonsnummer enn programmet. Du bør søke etter den profiltabell som ble levert samtidig med programmet.

### Programmet er eldre enn den profiltabell du benytter. Installer programmet påny.

Programsystemet har oppdaget at profiltabellen har et senere versjonsnummer enn programmet. Du bør installere siste versjon av programmet på nytt.

### Denne tabellen er ikke laget av Norconsult Informasjonssystemer . Norconsult Informasjonssystemer svarer ikke for tverrsnittskonstantene i denne.

Du bruker en profiltabell som du, eller en annen bruker, har gjort endringer i. Da må du selv garantere for at tverrsnittskonstantene er korrekte.

### Programmet finner ingen profiltabell. Ønsker du å søke etter en profiltabell?

Programmet finner ingen profiltabell, verken på angitt plass i Registry eller på samme område som programmet. Hvis du har tabellen et annet sted svarer du Ja og angir hvor den finnes. Ellers bør du installere programmet på nytt, slik at tabellen blir plassert sammen med programmet.

### Du har ingen profiltabell. Du kan beregne med eksisterende profiler, men ikke endre disse.

Du har svart Nei på å søke etter profiltabellen. Da har programmet kun adgang til de profiler som allerede er benyttet i denne kjøringen.

### De profiler du har angitt finnes ikke på nåværende profiltabell. Vil du søke etter en annen profiltabell?

Programmets kontroll viser at du benytter profiler som ikke er identiske med de som ligger på den nåværende profiltabellen. Du må enten søke etter korrekt profiltabell eller bytte profil for denne staven.

## **Det er fortsatt forskjell mellom profiltabell og tverrsnittsverdier. Norconsult Informasjonssystemer svarer ikke for resultatene.**

Du har ikke funnet korrekt profiltabell. Tverrsnittsdata for det profil du har valgt ligger inne i programmet, men det er ikke mulig å kontrollere om verdiene er korrekte.

## **7.2 Feilmeldinger som hører til beregningene**

### **L-profiler blir beregnet med krefter parallelt Y- og Z-aksene. Du må selv kontrollere om beregning parallelt U- og V-aksene gir større utnyttelse.**

Som angitt i teoridelen, se ovenfor, beregnes L-profiler mhp. Y- og Z-aksene. Dette er en påminnelse som kommer hver gang et L-profil blir beregnet.

### **Programmet beregner ikke profiler i tverrsnittsklasse 4.**

Profilen havner i tverrsnittsklasse 4 med de angitte snittkreftene. Dette profilet blir ikke beregnet av programmet i klasse 4.

### **Slankheten er større enn 250**

Knekkingskontrollen har gitt en slankhet større enn 250. Ifølge NS3472 er ikke dette tillatt for trykkstaver. Under Eurokode velger vi fortsatt å gi en advarsel om dette.

### **Ingen profil av valgt profiltipe holder**

Du har valgt å søke etter første profil som gir en utnyttelse mindre enn 1.0, men ingen profiler av denne type oppfyller det kravet. Du må bruke en annen profiltipe.

### **Kapasiteten er overskredet**

Minst en av kontrollene gir en utnyttelse større enn 1.0. Alle verdier er gyldige, men du kan ikke bruke dette profilet med disse kreftene.

### **Tverrsnittsklasse 3 kan kun beregnes elastisk**

Profilen havner i tverrsnittsklasse 3 med de angitte snittkreftene. Beregningen blir derfor gjort etter elastisitetsteori, uansett hva du har valgt.

### **Programmet beregner etter elastisitetsteori for alle torsjonskrefter, L- og T-profiler, samt U-profiler med krefter tvers vertikalaksen.**

Som angitt i teorigrunnet, se "Spesielt for dette programmet gjelder:" på side 64, tillater ikke formelverket beregning etter plastisitetsteori for L- og T-profiler, samt for U-profiler med krefter tvers vertikalaksen. Beregningen blir derfor gjort etter elastisitetsteori, uansett hva du har valgt. Det samme gjelder ved beregning med torsjonskrefter.

### **Programmet beregner ikke vippling for L- og T-profiler.**

Det er ikke funnet tilfredsstillende verdier for torsjonskonstanten og hvelvingskonstanten for L- og T-profiler. Vippling kan derfor ikke kontrolleres for disse.

### **Ingen profiltabell er åpen. Kan ikke søke etter andre tverrsnitt..**

Du har valgt å beregne uten profiltabell. Da er det ikke mulig å søke etter andre tverrsnitt.



**Ingen profiltabell er åpen. Kan ikke finne nødvendig informasjon om tverrsnittet.**

Du har valgt å beregne uten profiltabell. Noe informasjon ligger på denne, blant annet hvorvidt rørprofiler er varm- eller kall-valset. Programmet antar derfor den ugunstigste verdien for dette.

**Større godstykkelse enn EN 1993 tillater.**

Tabell 3.1 i EN 1993 angir hvor stor godstykkelse den enkelte kvalitet kan ha. Ved større godstykkelser må du bruke egendefinerte stålsorter.

**Det er ikke lov å bruke tverrsnittsklasse 4 brannberegning.**

Du kan ikke bruke tverrsnittsklasse 4 i brannberegning når temperaturen er større enn kritisk temperatur, se teorigrunnlaget.

**Du har verken beregnet eller gitt inn Cmi-faktorer.**

Kontrollen av interaksjon mellom knekking og vipping forutsetter at programmet kjenner Cmi-faktorene, se teorigrunnlaget. Du kan velge mellom å la programmet komme med et forslag, eller du kan gi dem inn direkte.

**Normalkraften er større enn knekklasten. C-faktorer kan ikke beregnes.**

Kontrollen av interaksjon mellom knekking og vipping benytter forholdet mellom påført last og Eulerlasten, se teorigrunnlaget. Når dette blir større enn 1 kan ikke beregningene gjennomføres.



# 8 Programhistorikk

## 8.1 Generelt

Dette kapitlet er en logg for programmene som blir beskrevet i denne brukerveiledningen. Etter hvert som programmene blir revidert vil programnavn, revisjonsnummer, dato og hva revisjonen inneholder bli beskrevet her. Hvilke sider som skal byttes ut i denne brukerveiledningen er også nevnt. Fra versjon 6.0.0 foreligger brukerveiledningen på elektronisk format, noe som betyr at hele brukerveiledningen blir levert på ny ved hver revisjon.

## 8.2 Rev. 6.20 September 2009

Revisjon 6.20 av Ståltverrsnitt for Eurocode er et nytt program i familien G-PROG Stål. Fordi programmet har samme brukergrensesnitt som program etter NS3472 starter vi på dette versjonsnumret.

## 8.3 Rev. 6.20.1 September 2010

Revisjon 6.20.1 av Ståltverrsnitt for Eurocode erstatter versjon 6.20 av samme program.

Microsoft har endret skaleringen i Windows 7, slik at tekster i tabeller kan bli vanskelig å lese. Vi har funnet en måte å gå rundt dette.

Profilert med to steg (HUP- og hatte-profiler) fikk for høy utnyttelse for stegknekking. Dette er korrigert.

## 8.4 Rev. 6.21 mars 2011

Revisjon 6.21 av Ståltverrsnitt etter Eurocode erstatter versjon 6.20.1 av samme program.

Lisenssystemet er oppgradert til versjon 11.9.1. Dette er nødvendig for å kunne bruke USB-dongler i lisenskontrollen under Windows 7.

## 8.5 Rev. 7.00 september 2013

Revisjon 7.00 av Ståltverrsnitt for Eurocode erstatter versjon 6.21 av samme program. Også lisenssystemet er oppgradert, slik at det kan benyttes sammen med IP6.

Hele G-PROG er blitt modernisert, både hva gjelder brukergrensesnitt og den underliggende programkoden. Dette har også ført til at programmet ikke kan lese filer som er laget med versjon 6.

## 8.6 Rev. 7.10 desember 2015

Revisjon 7.10 av Ståltverrsnitt for Eurocode erstatter versjon 7.00 av samme program.

I forbindelse med utviklingen av ISY Design for stål er profiltabellen blitt modernisert. Men fordi G-PROG kontrollerer at ikke profilene i eksisterende beregninger blir endret, uten at brukeren er klar over det, må du selv velge hvilken tabell du vil benytte, Se ”Standard profiltabeller” på side 9.

Det er også gjort noen mindre tilpasninger i brukergrensesnittet for konsentrerte laster.

## 8.7 Rev. 7.11 januar 2017

Revisjon 7.11 av Ståltverrsnitt for Eurocode erstatter versjon 7.10 av samme program.

Profiltabellen fra ISY Design er nå også standard profiltabell for G-PROG Stål. Den eldre profiltabellen kan brukes for de kjøringene hvor dette er mer hensiktsmessig.

Beregningen av redusert normalkraftskapasitet fra skjærkrefter er modifisert, slik at den tar hensyn til at reduksjonen ikke skal brukes over hele tverrsnittet.

Det er gjort noen mindre korreksjoner i enkelte beregninger ut fra erfaringene med ISY Design.

Fordi ISY Design Ståltverrsnitt nå er ferdig og erstatter dette programmet kostnadsfritt, blir det ikke gjort ytterligere vedlikehold på G-PROG Ståltverrsnitt for Eurocode.





# 9 Eksempler

## 9.1 I-tverrsnitt med trykkraft.

Måns Cavallin

25.09.2009 13:14:08

Side: 1

Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

## **Måns Cavallin**

*Hultavägen 25**S-260 83 VEJBYSTRAND*

Dato: 25. september 2009

Tid: 13:14:08

Signatur:

Programmet er utviklet av Norconsult Informasjonssystemer as.

Programsystem: G-PROG Stål

Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

Norm: Eurocode NS-EN 1993-1-1, NS-EN 1993-1-5 og NS-EN 1993-2 med Norske nasjonale tillegg (Hvis Pronorm endelig)

Beregning av dimensjonering for ståltvernsnitt

Dokument: D:\Arbeid\GPEU-2010\stalanal\Testing\eksem1.gwl



Måns Cavallin 25.09.2009 13:19:04 Side: 2

Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

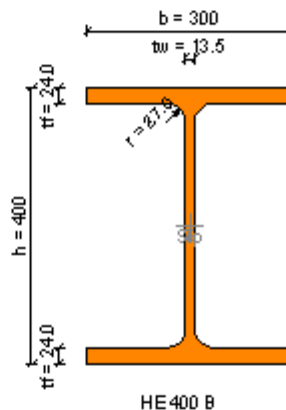
1. Materialdata

1. Materialdata

Stålsort etter EN 1993	Stl	S275	
Stålkvalitet (flytespenning)	$f_y$	275	MPa
Bruddgrense for stålet	$f_u$	430	MPa
Stålets reduserte flytegrense ved tykt gods	$f_{y,red}$	255	MPa
Stålets reduserte bruddgrense ved tykt gods	$f_{u,red}$	410	MPa
Materialfaktor for spenningskontroll	$\gamma_{M0}$	1.05	
Materialfaktor ved stabilitetskontroll	$\gamma_{M1}$	1.05	
Materialfaktor ved kontroll for brudd	$\gamma_{M2}$	1.25	
Stålets Elastisitetsmodul	E	210 000	MPa
Stålets Skjærmodul	G	80 769	MPa
Stålets spesifikke tyngde	Rho	7 850	kg/m <sup>3</sup>
Poissons tall	$\nu_y$	0.30	
Varmeutvidelseskoeffisient	Alfa	1.200e-005	1/K
Skal denne kjøringen beregne brann?	Brann	Nei	

2. Geometri

Betegnelse for profil	HE 400 B		
Spennvidde	L	6 000	mm
Knekk lengde om horisontal akse	$L_{ky}$	6 000	mm
Knekk lengde om vertikal akse	$L_{kz}$	6 000	mm
Vippelengde	$L_t$	6 000	mm
Knekk lengde ved torsjonsknekkning	$L_{kt}$	6 000	mm
Brukes stive endestivene?	Stiv	Nei	
Avstand mellom tverrstivninger	Stiv.cc	0	mm
Profillets totale høyde	h	0.400	m
Profillets totale bredde	b	0.300	m
Flensstykkelse	tf	0.0240	m
Stegtykkelse	tw	0.0135	m
Radius i overgang liv/flens	Rd	0.0270	m
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	1.9300	m <sup>2</sup> /m
Totalt tverrsnittsareal	A <sub>tot</sub>	1.978e-002	m <sup>2</sup>
Aktivt tverrsnittsareal ved skjær	A <sub>liv</sub>	4.752e-003	m <sup>2</sup>
Egenvekt pr løpmetr	G	155.00	kg/m
Tregghetsmoment om horisontal akse	$I_y$	5.768e-004	m <sup>4</sup>
Tregghetsmoment om vertikal akse	$I_z$	1.082e-004	m <sup>4</sup>
Motstandsmoment om horisontal akse	$W_{ly}$	2.880e-003	m <sup>3</sup>
Motstandsmoment om vertikal akse	$W_{lz}$	7.210e-004	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om horisontal akse	$W_{ply}$	3.230e-003	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om vertikal akse	$W_{lpz}$	1.080e-003	m <sup>3</sup>
St. Venants torsjonskonstant	$I_t$	3.570e-006	m <sup>4</sup>
Tverrsnittskonstant for hvelving	$I_w$	3.820e-006	m <sup>6</sup>



3. Lastvir kninger

Tit.	N,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Cm1,y	Cm1,z	C1	C2	C3	z <sub>g</sub>	Beta My	Beta Mz
	kNm			kN	kN	kNm						m		
1	-500.0	200.0	50.0	45.0	100.0	2.0	1.00	0.99	1.13	0.46	0.53	0	1.30	1.40
2	-2 000.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	1.10	1.10
3	-2 000.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.60	0.60	1.88	1.00	0.94	0	1.80	1.80

- N,Ed : Normalkraft (pos. = strekk)
- My,Ed : Moment om horisontal akse
- Mz,Ed : Moment om vertikal akse
- Vy,Ed : Skjærkraft horisontalt
- Vz,Ed : Skjærkraft vertikalt
- T,Ed : Torsjonsmoment
- Cm1,y : Momentfaktor Cm1,y om horisontal akse (tillegg A/B i EN 1993)
- Cm1,z : Momentfaktor Cm1,z om vertikal akse (tillegg A/B i EN 1993)
- C1 : Konstant C1 (kap. 8.12.3.4)
- C2 : Konstant C2 (kap. 8.12.3.4)
- C3 : Konstant C3 (kap. 8.12.3.4)

Måns Cavallin 25.09.2009 13:19:04 Side: 3  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 3. Lastvirkninger

C3 : Konstant C3 (Kap. 6.12.3.4)  
 zj : Avstand fra skjærseier til lastens angrepspunkt  
 BeLMy : Momentfaktor BeLMy om horisontalakse (4.2.3.5 i EN 1993-1-2)  
 BeLMz : Momentfaktor BeLMz om vertikalakse (4.2.3.5 i EN 1993-1-2)

4. Konsentrerte laster

Skal du beregne last ved ende? Ende Nei  
 Står lasten mellom avstivere? Avstivere Ja  
 Viker lasten både ovenfra og nedenfra? Tosidig Ja  
 Lastbredde Ss 450 mm  
 Avstand mellom avstivere a 200 mm

Ft	KF	m1	m2	l0	ly	Fcr	LambdaF	ChiF	Fd	UtnF
kN				mm	mm	kN				kN
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ft : Koseibert kraftpålye kse  
 KF : Faktor KF  
 m1 : Delresitatt m1  
 m2 : Delresitatt m2  
 l0 : Fiktiv endeleagde l0  
 ly : Effektiv leagde ly  
 Fcr : Krittisk kraft Fcr  
 LambdaF : Relativ slakkhet for koseibert last  
 ChiF : Reduksjonsfaktor ChiF  
 Fd : Kapasitet for koseibert last  
 UtnF : Ubytteise for koseibert last

5. Resultater

Tilt.	Utn.y	Utn.z	Utn.LT	Utn.W	Utn.S	vMises	Tv.Kl	Bereg.	Theta or
						MPa			Grad
1	0.70	0.73	0.29	OK	0.63	166	3	Elastisk	xxx
2	0.43	0.64	0.01	OK	0.39	110	1	Plastisk	xxx
3	0.56	0.84	0.06	OK	0.39	188	1	Plastisk	xxx

Utn.y : Ubytteise ved styrt kvekkling  
 Utn.z : Ubytteise ved fri kvekkling  
 Utn.LT : Ubytteise for vipping  
 Utn.W : Platekvekkling for sjeget  
 Utn.S : Spenningsubytteise uten kvekkling eller vipping  
 vMises : Største vonMises-spenning i tverrsnittet  
 Tv.Kl : Tverrsnittsklasse med disse sikkerhets  
 Beregn. : Elastisk eller plastisk beregning  
 Teta or : Krittisk temperatur.

5.1 Tvernsnittskontroll

Tilt.	Tv.Kl	Utn	n'	m'y	m'z	vy'	vz'	t	vMises
									MPa
1	3	0.63	0.10	0.27	0.26	0.03	0.09	0.14	166
2	1	0.39	0.39	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	110
3	1	0.39	0.39	0.06	0.18	0.00	0.00	0.00	188

Tv.Kl : Tverrsnittsklasse med disse sikkerhets  
 Utn : Ubytteise for de dimensjonerende kombinasjoner av sikkerhets  
 n' : Ubytteise for normalkraft  
 m'y : Ubytteise for moment om horisontalakse  
 m'z : Ubytteise for moment om vertikalakse  
 vy' : Ubytteise for skjærkraft horisontalt  
 vz' : Ubytteise for skjærkraft vertikalt  
 t : Ubytteise for torsjon  
 vMises : Største vonMises-spenning i tverrsnittet

Måns Cavallin 25.09.2009 13:19:04 Side: 4  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 5.2 Detaljer til tvernsnittskontroll

5.2 Detaljer til tvernsnittskontroll

Tiit.	NRd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	mxyz	mny'	mnz'	mvy'	mvz'	Alfa	Beta
	kN	kNm	kNm	kN	kN	kNm							
1	5 180	754	189	1 454	1 058	14	0.63	****	****	0.63	0.63	****	****
2	5 180	846	283	****	****	****	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	2.00	1.93
3	5 180	846	283	****	****	****	0.04	0.08	0.18	0.18	0.08	2.00	1.93

NRd : Normalkraftkapasitet  
 My,Rd : Momentkapasitet om Y (sterk akse)  
 Mz,Rd : Momentkapasitet om Z (vak akse)  
 Vy,Rd : Skjeerkriftkapasitet langs Y (parallelt til Z)  
 Vz,Rd : Skjeerkriftkapasitet langs Z (parallelt til Y)  
 T,Rd : Kapasitet for torsjonsmoment (St. Venant)  
 mxyz : Kapasitet på sving etter formel (5.4.1) N + My + Mz, bokset bøyning med normalkraft  
 mny' : Kapasitet på sving ved redusert momentkapasitet om Y fra normalkraft  
 mnz' : Kapasitet på sving ved redusert momentkapasitet om Z fra normalkraft  
 mvy' : Kapasitet på sving m.p. skjeerkrift Y  
 mvz' : Kapasitet på sving m.p. skjeerkrift Z  
 Alfa : Eksposisjonsfaktor Alfa ved blaksalt moment  
 Beta : Eksposisjonsfaktor Beta ved dobbelt moment

5.3 Plateknekkning

Tiit.	IndY	Steg	Vz,Ed	ChiW	Lambdaw'	IndZ	Flens	Vy,Ed	ChiW.y	Lambdaw'y
			kN					kN		
1	OK	Nei	****	****	****	Ikke aktuelt	Nei	****	****	****
2	OK	Nei	****	****	****	Ikke aktuelt	Nei	****	****	****
3	OK	Nei	****	****	****	Ikke aktuelt	Nei	****	****	****

IndY : Bøyingslasterstegknekkning  
 Steg : Plateknekkning for steg etter kontrollert  
 Vz,Ed : Skjeerkriftkapasitet ved stegknekkning  
 ChiW : Knekkingsfaktor ChiW vertikalt  
 Lambdaw' : Relativ sikkerhetsfaktor  
 IndZ : Bøyingslasterstegknekkning  
 Flens : Plateknekkning for flenser kontrollert  
 Vy,Ed : Skjeerkriftkapasitet kontrollert ved flensknekkning  
 ChiW.y : Knekkingsfaktor ChiW kontrollert  
 Lambdaw'y : Relativ sikkerhetsfaktor

5.4 Knekkingskontroll

Tiit.	ny	ChiY	nz	ChiZ	nt	Chi.T	nLT	ChiLT
1	0.10	0.95	0.15	0.64	0.12	0.83	0.28	0.90
2	0.41	0.95	0.60	0.64	0.46	0.83	0.01	0.87
3	0.41	0.95	0.60	0.64	0.46	0.83	0.06	0.95

ny : Kapasitetstyreelse for trykkraft m.p. styrt knekkning  
 ChiY : Reduksjonsfaktor for knekkning om horisontal akse (knekkning vertikalt)  
 nz : Kapasitetstyreelse for trykkraft m.p. til knekkning  
 ChiZ : Reduksjonsfaktor for knekkning om vertikal akse (knekkning horisontalt)  
 nt : Normalkraftstyreelse m.p. torsjonsknekkning  
 Chi.T : Reduksjonsfaktor for torsjonsknekkning  
 nLT : Kapasitetstyreelse for vippling  
 ChiLT : Reduksjonsfaktor for vippling

5.4.1 Knekkning om horisontal akse

Tiit.	KurveY	AlfaY	Lambdaw'	ChiY	Ncr.Y	Nb.Rdy	ny
					kN	kN	
1	a	0.21	0.40	0.95	-33 207.9	-4 929.4	0.10
2	a	0.21	0.40	0.95	-33 207.9	-4 929.4	0.41
3	a	0.21	0.40	0.95	-33 207.9	-4 929.4	0.41

KurveY : Knekkurve om horisontal akse (vertikal knekkning)

Måns Cavallin 25.09.2009 13:19:04 Side: 5  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 5.4.1 Knekkning om horisontal akse

Kurve Y : Knekkkurve om horisontalakse (vertikal knekkning)  
 AlfaY : Ekvivalente formfaktorer ved vertikal knekkning  
 LambdaY : Relativslekkeform om horisontalakse (knekkning vertikalt)  
 ChiY : Reduksjonsfaktor for knekkning om horisontalakse (knekkning vertikalt)  
 Ncr.Y : Kritisk last ved knekkning vertikalt  
 Nb.Rdy : Knekkkapasitet ved vertikal knekkning  
 iy : Kapasitetforbyttelse for trykkraft m.p. styrt knekkning

5.4.2 Knekkning om vertikal akse

Tilf.	KurveZ	AlfaZ	LambdaZ	ChiZ	Ncr.Z	Nb.Rdz	nz
					kN	kN	
1	b	0.34	0.93	0.64	-6 229.4	-3 310.3	0.15
2	b	0.34	0.93	0.64	-6 229.4	-3 310.3	0.60
3	b	0.34	0.93	0.64	-6 229.4	-3 310.3	0.60

Kurve Z : Knekkkurve om vertikalakse (horisontalknekkning)  
 AlfaZ : Ekvivalente formfaktorer ved horisontalknekkning  
 LambdaZ : Relativslekkeform om vertikalakse (knekkning horisontalt)  
 ChiZ : Reduksjonsfaktor for knekkning om vertikalakse (knekkning horisontalt)  
 Ncr.Z : Kritisk last ved knekkning horisontalt  
 Nb.Rdz : Knekkkapasitet ved horisontalknekkning  
 iz : Kapasitetforbyttelse for trykkraft m.p. friknekkning

5.4.3 Torsjonsknekkning

Tilf.	Ncr.T	Nb.Rdt	nt	Lambda.T	Chi.T
	kN	kN			
1	-14676.9	-4 313.4	0.12	0.61	0.83
2	-14676.9	-4 313.4	0.46	0.61	0.83
3	-14676.9	-4 313.4	0.46	0.61	0.83

Ncr.T : Kritisk last ved torsjonsknekkning  
 Nb.Rdt : Kapasitet ved torsjonsknekkning  
 nt : Normaliseringsforbyttelse m.p. torsjonsknekkning  
 Lambda.T : Relativslekkeform ved torsjonsknekkning  
 Chi.T : Reduksjonsfaktor for torsjonsknekkning

5.4.4 Vipping

Tilf.	Mdb	nLT	Mer	KurveLT	AlfaLT	LambdaLT	ChiLT
	kNm						
1	702.0	0.28	2 011	b	0.34	0.63	0.90
2	732.9	0.01	1 779	b	0.34	0.71	0.87
3	846.0	0.06	3 345	b	0.34	0.52	0.95

Mdb : Kapasitet for vipping  
 nLT : Kapasitetforbyttelse for vipping  
 Mer : Det tilsvarende elastiske vippemomentet  
 KurveLT : Knekkkurve for vipping  
 AlfaLT : Formfaktorer for vipping  
 LambdaLT : Relativslekkeform for vipping  
 ChiLT : Reduksjonsfaktor for vipping

5.4.5 Interaksjon N, M og V

Tilf.	Formel	Utr.y	Utr.z	Kyy	Kyz	Kzy	Kzz	m	y	m	z	Cyy	Cyz	Czy	Czz
1	Om etter tillegg A i EN 1993-1-1	0.70	0.73	1.07	1.07	1.04	1.04	1.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Om etter tillegg B i EN 1993-1-1	0.43	0.64	1.08	1.06	0.92	1.77	****	****	****	****	****	****	****	****
3	Om etter tillegg B i EN 1993-1-1	0.56	0.84	0.65	0.64	0.84	1.06	****	****	****	****	****	****	****	****

Formel : Formel for beregning av kombinasjonsfaktorer  
 Utr.y : Forbyttelse ved styrt knekkning  
 Utr.z : Forbyttelse ved fri knekkning  
 Kyy : Faktor kyy (qy ved bruk) i interaksjonsformelen  
 Kyz : Faktor kyz i interaksjonsformelen

Måns Cavallin 25.09.2009 13:19:04 Side: 6  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 5.4.5 Interaksjon N, M og V

5.4.5 Interaksjon N, M og V

Titel	Formel	U <sub>tn,y</sub>	U <sub>tn,z</sub>	K <sub>yy</sub>	K <sub>yz</sub>	K <sub>zy</sub>	K <sub>zz</sub>	m <sub>yy</sub>	m <sub>yz</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>yz</sub>	C <sub>zy</sub>	C <sub>zz</sub>
1	Om ettertillegg A i EN 1993-1-1	0.70	0.73	1.07	1.07	1.04	1.04	1.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Om ettertillegg B i EN 1993-1-1	0.43	0.64	1.08	1.06	0.92	1.77	***	***	***	***	***	***
3	Om ettertillegg B i EN 1993-1-1	0.56	0.84	0.65	0.64	0.84	1.06	***	***	***	***	***	***

Formel : Formel for beregning av interaksjonsfaktorer  
 U<sub>tn,y</sub> : Ubyttefaktore ved styrt knekkning  
 U<sub>tn,z</sub> : Ubyttefaktore ved fri knekkning  
 K<sub>yy</sub> : Faktor K<sub>yy</sub> (ky ved brann) i interaksjonsformlene  
 K<sub>yz</sub> : Faktor K<sub>yz</sub> i interaksjonsformlene  
 K<sub>zy</sub> : Faktor K<sub>zy</sub> i interaksjonsformlene  
 K<sub>zz</sub> : Faktor K<sub>zz</sub> (kz ved brann) i interaksjonsformlene  
 m<sub>yy</sub> : Faktormy i beregningen av kirkonstant i punkt 4.2.3.5 i EN 1993-1-2  
 m<sub>yz</sub> : Faktormy i beregningen av kirkonstant i punkt 4.2.3.5 i EN 1993-1-2  
 C<sub>yy</sub> : Konstant C<sub>yy</sub> i interaksjonsformlene  
 C<sub>yz</sub> : Konstant C<sub>yz</sub> i interaksjonsformlene  
 C<sub>zy</sub> : Konstant C<sub>zy</sub> i interaksjonsformlene  
 C<sub>zz</sub> : Konstant C<sub>zz</sub> i interaksjonsformlene

Måns Cavallin

25.09.2009 13:19:04

Side: i-7

Programmodul: Ståltverrsnitt etter Eurocode versjon 6.20

5.4.5 Interaksjon N, M og V

Innholdsfortegnelse

1.	<u>Materialdata</u>	2
2.	<u>Geometri</u>	2
3.	<u>Lastvirkninger</u>	2
4.	<u>Konsentrerte laster</u>	3
5.	<u>Resultater</u>	3
5.1	Tverrsnittskontroll	3
5.2	Detaljer til tverrsnittskontroll	4
5.3	Plateknekking	4
5.4	Knekkingkontroll	4
5.4.1	Knekking om horisontal akse	4
5.4.2	Knekking om vertikal akse	5
5.4.3	Torsjonsknekking	5
5.4.4	Vipping	5
5.4.5	Interaksjon N, M og V	5

## **9.2 Branndimensjonering.**

Måns Cavallin 25.09.2009 13:28:24  
Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

Side: 1

## **Måns Cavallin**

*Hultavägen 25*

*S-260 83 VEJBYSTRAND*

Dato: 25. september 2009

Tid: 13:28:24

Signatur:

Programmet er utviklet av Norconsult Informasjonssystemer as.

Programsystem: G-PROG Stål

Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

Norm: Eurocode NS-EN 1993-1-1, NS-EN 1993-1-5 og NS-EN 1993-2 med Norske nasjonale tillegg (Hvis Pronorm endelig)

Beregning av dimensjonering for ståltvernsnitt

Dokument: D:\Arbeid\GPEU-2010\stalanal\Testing\eksem2.gwl



Måns Cavallin 25.09.2009 13:28:24 Side: 2

Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

1. Materialdata

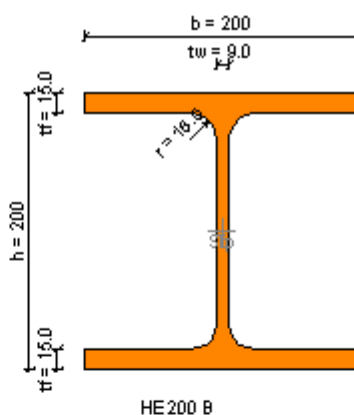
1. Materialdata

Stålsort etter EN 1993	Stl	S420 N/NL	
Stålkvalitet (flytespenning)	$f_y$	420	MPa
Bruddgrense for stålet	$f_u$	520	MPa
Stålets reduserte flytegrense ved tykt gods	$f_{y,red}$	390	MPa
Stålets reduserte bruddgrense ved tykt gods	$f_{u,red}$	520	MPa
Materialfaktor for spenningskontroll	$\gamma_{M0}$	1.05	
Materialfaktor ved stabilitetskontroll	$\gamma_{M1}$	1.05	
Materialfaktor ved kontroll for brudd	$\gamma_{M2}$	1.25	
Stålets Elastisitetsmodul	E	210 000	MPa
Stålets Skjærmodul	G	80 769	MPa
Stålets spesifikke tyngde	Rho	7 850	kg/m <sup>3</sup>
Poissons tall	$\nu_y$	0.30	
Varmeutvidelseskoeffisient	Alfa	1.200e-005	1/K
Skal denne kjøringen beregne brann?	Brann	Ja	
Temperatur for konstruksjonen	t	570	grader C
Materialfaktor ved brannberegning	$\gamma_{M,fi}$	1.00	

Branndimensjonering utføres i henhold til EN-1993-1-2 UTEN nasjonalt tillegg, da dette fortsatt ikke er gitt ut. Beregninger uten nasjonalt tillegg oppfyller ikke byggeforskriftene.

2. Geometri

Betegnelse for profil	HE 200 B		
Spennvidde	L	8 000	mm
Knekk lengde om horisontal akse	$L_{ky}$	8 000	mm
Knekk lengde om vertikal akse	$L_{kz}$	8 000	mm
Vippelengde	$L_t$	8 000	mm
Knekk lengde ved torsjonsknekk	$L_{kt}$	8 000	mm
Brukes stive endestivene?	Stiv	Nei	
Avstand mellom tverrstivninger	Stiv.cc	0	mm
Profilets totale høyde	h	0.200	m
Profilets totale bredde	b	0.200	m
Flensykkelse	tf	0.0150	m
Stegtykkelse	tw	0.0090	m
Radius i overgang liv/flens	Rd	0.0180	m
Utvendig flate, f.eks. for maling	Flate	1.1500	m <sup>2</sup> /m
Totalt tvernsnittsareal	$A_{tot}$	7.808e-003	m <sup>2</sup>
Aktivt tvernsnittsareal ved skjær	$A_{liv}$	1.530e-003	m <sup>2</sup>
Egenvekt pr løp meter	G	61.30	kg/m
Tregghetsmoment om horisontal akse	$I_y$	5.696e-005	m <sup>4</sup>
Tregghetsmoment om vertikal akse	$I_z$	2.003e-005	m <sup>4</sup>
Motstandsmoment om horisontal akse	$W_y$	5.700e-004	m <sup>3</sup>
Motstandsmoment om vertikal akse	$W_z$	2.000e-004	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om horisontal akse	$W_{py}$	6.430e-004	m <sup>3</sup>
Plastisk motstandsmoment om vertikal akse	$W_{pz}$	3.000e-004	m <sup>3</sup>
St. Vénants torsjonskonstant	$I_t$	5.950e-007	m <sup>4</sup>
Tvernsnittskonstant for hvelving	$I_w$	1.710e-007	m <sup>6</sup>



3. Lastvirkninger

Linj.	N, Ed	My, Ed	Mz, Ed	Vy, Ed	Vz, Ed	T, Ed	Cm1, y	Cm1, z	C1	C2	C3	ag	Beta My	Beta Mz
	kNm		kNm	kN	kN	kNm						m		
1	0.0	-51.7	0.0	0.0	-39.0	0.0	0.40	1.00	1.88	1.00	0.94	0	1.65	1.10
2	0.0	51.7	0.0	0.0	39.0	0.0	0.40	1.00	1.88	1.00	0.94	0	1.65	1.10

N,Ed : Normalkraft (pos. = strekk)  
 My,Ed : Moment om horisontal akse  
 Mz,Ed : Moment om vertikal akse  
 Vy,Ed : Skjærkraft i horisontal  
 Vz,Ed : Skjærkraft i vertikal

Måns Cavallin 25.09.2009 13:28:24 Side: 3  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 3. Lastvirkninger

Vz,Ed : Skjeærkraftverdiakt  
 T,Ed : Torsjonsmoment  
 Cm1y : Momentfaktor Cm1y om horisontal akse (tillegg A/B i EN1993)  
 Cm1z : Momentfaktor Cm1z om vertikal akse (tillegg A/B i EN1993)  
 C1 : Konstant C1 (kap. 8.12.3.4)  
 C2 : Konstant C2 (kap. 8.12.3.4)  
 C3 : Konstant C3 (kap. 8.12.3.4)  
 zg : Avstanden fra skjærsener til lastens angrepspunkt  
 BetaMy : Momentfaktor BetaMy om horisontal akse (4.2.3.5 i EN1993-1-2)  
 BetaMz : Momentfaktor BetaMz om vertikal akse (4.2.3.5 i EN1993-1-2)

4. Resultater

Tilf.	Utn.y	Utn.z	Utn.LT	Utn.W	Utn.S	vMises	Tv.Kl	Bereg.	Theta or
						MPa			Grad
1	0.85	0.85	0.85	OK	0.34	91	1	Plastisk	646
2	0.85	0.85	0.85	OK	0.34	91	1	Plastisk	646

Utn.y : Utrytelse ved styrt knekklag  
 Utn.z : Utrytelse ved fri knekklag  
 Utn.LT : Utrytelse for utplog  
 Utn.W : Platteknekklag for sleget  
 Utn.S : Spenningsutrytelse uten knekklag eller utplog  
 vMises : Største vonMises-spennings i tverrsnittet  
 Tv.Kl : Tverrsnittsklasse med disse snittkreftene  
 Beregn. : Elastisk eller plastisk beregning  
 Theta or : Kritisk temperatur

4.1 Tverrsnittskontroll

Tilf.	Tv.Kl	Utn	n'	m'y	m'z	vy'	vz'	t	vMises
									MPa
1	1	0.34	0.00	0.34	0.00	0.00	0.12	0.00	91
2	1	0.34	0.00	0.34	0.00	0.00	0.12	0.00	91

Tv.Kl : Tverrsnittsklasse med disse snittkreftene  
 Utn : Utrytelse for de dimensjonerende kombinasjonene av snittkrefter  
 n' : Utrytelse for normalkraft  
 m'y : Utrytelse for moment om horisontal akse  
 m'z : Utrytelse for moment om vertikal akse  
 vy' : Utrytelse for skjæraft om horisontal akse  
 vz' : Utrytelse for skjæraft om vertikal akse  
 t : Utrytelse for torsjon  
 vMises : Største vonMises-spennings i tverrsnittet

4.2 Detaljer til tverrsnittskontroll

Tilf.	NRd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	mxyz	mny'	mnz'	mvy'	mvz'	Alfa	Beta
	kN	kNm	kNm	kN	kN	kNm							
1	1846	152	71	****	-339	****	0.34	0.34	0.00	0.34	0.34	****	****
2	1846	152	71	****	339	****	0.34	0.34	0.00	0.34	0.34	****	****

NRd : Normalkraftkapasitet  
 My,Rd : Momentkapasitet om Y (sterk akse)  
 Mz,Rd : Momentkapasitet om Z (svak akse)  
 Vy,Rd : Skjeærkraftkapasitet langs Y (parallel til seil)  
 Vz,Rd : Skjeærkraftkapasitet langs Z (parallel til seil)  
 T,Rd : Kapasitet for torsjonsmoment (St. Venant)  
 mxyz : Kapasitetspåslagsfaktor for N + My + Mz, basert på påslagsfaktor for normalkraft  
 mny' : Kapasitetspåslagsfaktor ved redusert momentkapasitet om Y fra normalkraft  
 mnz' : Kapasitetspåslagsfaktor ved redusert momentkapasitet om Z fra normalkraft  
 mvy' : Kapasitetspåslagsfaktor for skjæraft Y  
 mvz' : Kapasitetspåslagsfaktor for skjæraft Z  
 Alfa : Eksponeringsfaktor Alfa ved baksatt moment  
 Beta : Eksponeringsfaktor Beta ved baksatt moment

Måns Cavallin 25.09.2009 13:28:24 Side: 4  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 4.3 Plateknekkning

4.3 Plateknekkning

Tit.	IndY	Steg	Vz,Ed	ChIw	Lambda w'	IndZ	Flens	Vy,Ed	ChIw.y	Lambda w'y
1	OK	Nei	KN	****	****	****	Ikke aktuelt	KN	****	****
2	OK	Nei	****	****	****	****	Ikke aktuelt	****	****	****

IndY : Bøyingsindsertstegknekkning  
 Steg : Plateknekkning for steg etter kontrollert  
 Vz,Ed : Stjærkapasitet vertikalt ved stegknekkning  
 ChIw : Knekkingsfaktor ChIw vertikalt  
 Lambda w' : Relativ slankle tverrkant  
 IndZ : Bøyingsindsertstegknekkning  
 Flens : Plateknekkning for flenser kontrollert  
 Vy,Ed : Stjærkapasitet vertikalt ved flensknekkning  
 ChIw.y : Knekkingsfaktor ChIw vertikalt  
 Lambda w'y : Relativ slankle tverrkant

4.4 Knekkingskontroll

Tit.	ny	ChIY	nz	ChIZ	nt	ChI.T	nLT	ChILT
1	0.00	1.00	0.00	1.00	****	****	0.75	0.40
2	0.00	1.00	0.00	1.00	****	****	0.75	0.40

ny : Kapasitetstydelse for trykkraft m.p. styrt knekkning  
 ChIY : Reduksjonsfaktor for knekkning om horisontalakse (knekkning vertikalt)  
 nz : Kapasitetstydelse for trykkraft m.p. fri knekkning  
 ChIZ : Reduksjonsfaktor for knekkning om vertikalakse (knekkning horisontalt)  
 nt : Normalkraftstydelse m.p. torsjonsknekkning  
 ChI.T : Reduksjonsfaktor for torsjonsknekkning  
 nLT : Kapasitetstydelse for vipping  
 ChILT : Reduksjonsfaktor for vipping

4.4.1 Knekkning om horisontalakse

Tit.	KurveY	AlfaY	LambdaY'	ChIY	Ncr.Y	Nb.Rdy	ny
1	Brann	0.49	1.59	1.00	-732.3	-1 846.3	0.00
2	Brann	0.49	1.59	1.00	-732.3	-1 846.3	0.00

KurveY : Knekkurve om horisontalakse (vertikal knekkning)  
 AlfaY : Ekvivalensformfaktor ved vertikal knekkning  
 LambdaY' : Relativ slankle tverrkant om horisontalakse (knekkning vertikalt)  
 ChIY : Reduksjonsfaktor for knekkning om horisontalakse (knekkning vertikalt)  
 Ncr.Y : Krittisk last ved knekkning vertikalt  
 Nb.Rdy : Knekkapasitet ved vertikal knekkning  
 ny : Kapasitetstydelse for trykkraft m.p. styrt knekkning

4.4.2 Knekkning om vertikalakse

Tit.	KurveZ	AlfaZ	LambdaZ'	ChIZ	Ncr.Z	Nb.Rdz	nz
1	Brann	0.49	2.68	1.00	-257.5	-1 846.3	0.00
2	Brann	0.49	2.68	1.00	-257.5	-1 846.3	0.00

KurveZ : Knekkurve om vertikalakse (horisontal knekkning)  
 AlfaZ : Ekvivalensformfaktor ved horisontal knekkning  
 LambdaZ' : Relativ slankle tverrkant om vertikalakse (knekkning horisontalt)  
 ChIZ : Reduksjonsfaktor for knekkning om vertikalakse (knekkning horisontalt)  
 Ncr.Z : Krittisk last ved knekkning horisontalt  
 Nb.Rdz : Knekkapasitet ved horisontal knekkning  
 nz : Kapasitetstydelse for trykkraft m.p. fri knekkning

Måns Cavallin

25.09.2009 13:28:24

Side: 5

Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20

## 4.4.3 Torsjonsknekking

## 4.4.3 Torsjonsknekking

Titel	Nor.T	Nb.Rdt	nt	Lambda.T	Chi.T
		KN	KN		
1	-2 157.9	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx
2	-2 157.9	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx

Nor.T : Kritisk last ved torsjonsknekking  
 Nb.Rdt : Kapasitet ved torsjonsknekking  
 nt : Normaliseringskoeffisient for torsjonsknekking  
 Lambda.T : Relativ slakkhet ved torsjonsknekking  
 Chi.T : Reduksjonsfaktor for torsjonsknekking

## 4.4.4 Vipping

Titel	Mdb	nLT	Mer	KurveLT	AlfaLT	LambdaLT	ChiLT
	kNm		kNm				
1	88.6	0.75	139	Brann	0.49	1.05	0.40
2	88.6	0.75	139	Brann	0.49	1.05	0.40

Mdb : Kapasitet for vipping  
 nLT : Kapasitetkoeffisient for vipping  
 Mer : Det lineære laststadiet for vipping  
 KurveLT : Kjøkkurve for vipping  
 AlfaLT : Formfaktorer for vipping  
 LambdaLT : Relativ slakkhet for vipping  
 ChiLT : Reduksjonsfaktor for vipping

## 4.4.5 Interaksjon N, M og V

Titel	Formel	U <sub>br,y</sub>	U <sub>br,z</sub>	U <sub>br,LT</sub>	K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>	kLT	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>	m <sub>y,LT</sub>
1	Om etter tillegg B i EN 1993-1-1	0.85	0.85	0.85	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
2	Om etter tillegg B i EN 1993-1-1	0.85	0.85	0.85	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00

Formel : Formel for beregning av koreksjonsfaktorer  
 U<sub>br,y</sub> : Ubytte ved styrt knekking  
 U<sub>br,z</sub> : Ubytte ved flåknkking  
 U<sub>br,LT</sub> : Ubytte for vipping  
 K<sub>y</sub> : Faktor k<sub>y</sub> (k<sub>y</sub> ved brann) i interaksjonsformlene  
 K<sub>z</sub> : Faktor k<sub>z</sub> (k<sub>z</sub> ved brann) i interaksjonsformlene  
 kLT : Koreksjonsfaktor kLT ved kontroll av vipping  
 m<sub>y</sub> : Faktormy i beregning av koreksjonsfaktor i punkt 4.2.3.5 i EN 1993-1-2  
 m<sub>z</sub> : Faktormy i beregning av koreksjonsfaktor i punkt 4.2.3.5 i EN 1993-1-2  
 m<sub>y,LT</sub> : Faktormy i beregning av kLT i punkt 4.2.3.5 i EN 1993-1-2

Måns Cavallin 25.09.2009 13:28:24 Side: i-6  
 Programmodul: Ståltvernsnitt etter Eurocode versjon 6.20  
 4.4.5 Interaksjon N, M og V

Innholdsfortegnelse

1.	<u>Materialdata</u>	2
2.	<u>Geometri</u>	2
3.	<u>Lastvirkninger</u>	2
4.	<u>Resultater</u>	3
4.1	Tvernsnittskontroll	3
4.2	Detaljer til tvernsnittskontroll	3
4.3	Plateknekking	4
4.4	Knekkingskontroll	4
4.4.1	Knekking om horisontal akse	4
4.4.2	Knekking om vertikal akse	4
4.4.3	Torsjonsknekking	5
4.4.4	Vipping	5
4.4.5	Interaksjon N, M og V	5



# 10 Ordforklaringer

## **Aktivt vindu**

Det vindu som har fokus, dvs. tar imot inndata fra tastaturet.

## **Data**

Verdier for parametre eller grupper av parametre, som brukeren gir inn eller programmet beregner.

## **Delvindu**

Et område innenfor et vindu som brukeren kan endre størrelse på, men ikke flytte rundt.

## **Dialogboks**

Et vindu som må avsluttes før det er mulig å komme videre i programmet.

## **Dokument**

En datafil som inneholder en kjøring. Et dokument vises i ett vindu.

## **Funksjoner**

Handlinger brukeren utfører.

## **Hjelpevindu**

Vindu som viser informasjon om de data du gir inn. Vinduet kan låses til valgfri kant.

## **Mal**

I G-PROG Betong og G-PROG Stål er dette en mal for hvordan utskriften skal formatteres.

## **Modalt vindu**

Se dialogboks

## **Statuslinje**

Linje lengst ned i hovedvinduet, som viser status.

## **Verktøylinje**

Lite vindu med verktøytaster. Vinduet kan låses til valgfri kant.

## **Vindu**

En ramme med innhold som brukeren kan flytte rundt og endre størrelse på.









# 11 Indeks

## A

Aksesystem og fortegn for krefter 11  
 Aksesystem og fortegnregler 53  
 Alternativer 26  
 Angre 21  
 Angre og Gjenopprett 7  
 Avslutt 21

## B

Beregning 35  
 Blanke linjer 20  
 Branndimensjonering 10, 78  
 Branndimensjonering, 97  
 Bruk av Registry 7  
 Brukergrensesnittet 6  
 Bunntekst 19

## D

Data 30  
 De profiler du har angitt finnes ikke på nåværende profiltabell. Vil du søke etter en annen profiltabell? 81  
 Denne tabellen er ikke laget av Norconsult Informasjonssystemer . Norconsult Informasjonssystemer svarer ikke for tverrsnittskonstantene i denne. 81  
 Denne tabellen hør til programsystemet. Er du systemansvarlig? 81  
 Det er fortsatt forskjell mellom profiltabell og tverrsnittsverdier. Norconsult Informasjonssystemer svarer ikke for resultatene. 82  
 Dimensjonering 64  
 Dimensjonering ved forhøyet temperatur 78  
 Diverse 16  
 Doble L-profiler 62  
 Dokumentinformasjon 15  
 Dokumentliste 21  
 Du har ingen profiltabell. Du kan beregne med eksisterende profiler men ikke endre disse. 81  
 Du velger å endre data i din profiltabell. Norconsult Informasjonssystemer svarer ikke for tverrsnittskonstantene etter dette. 81

## E

Editer profil 33  
 Egendefinerte profiler 10  
 Elastisk spenningskontroll 67  
 Endre grenser 22  
 Enkeltprofiler 24

## F

Farver 26  
 Feilmeldinger som hører til beregningene 82  
 Feilmeldinger som hører til profiltabellene 81  
 Fil 14  
 Firkant-profiler 58  
 Firmaopplysninger 15  
 Flytespenningsforholdet ? 55  
 Forhåndsvisning 20  
 Fortegnsregler 52  
 Første side 17

## G

GBS data as ii  
 Generelle profiler 62  
 Geometri grafisk 33  
 Gjenopprett 21  
 G-PROG Konseptet iii  
 Grafikk 16

## H

Hatte-profiler 61  
 Hent mal... 17  
 Hent standard 16  
 Hjelp 39  
 Hjelpvindu 26  
 Hjelpvinduet 6  
 Hvordan veiledningen brukes i

## I

Ingen profil av valgt profiltipe holder 82  
 Ingen profiltabell er åpen. Kan ikke finne nødvendig informasjon om tverrsnittet. 83  
 Ingen profiltabell er åpen. Kan ikke søke etter andre tverrsnitt.. 82  
 Inndata 41  
 Inndata for nytt profil 28  
 Innhold utskrift 20  
 I-profiler 56  
 I-tverrsnitt med trykkraft. 89

## K

Kapasiteten er overskredet 82  
 Klipp ut 21  
 Knekking 37  
 Knekking om horisontal akse 51  
 Knekking om vertikal akse 51  
 Knekkingskontroll 51

Kom i gang 5  
Kopier 22  
Kort oversikt iii  
Krefter 33

## L

Lagre mal... 17  
Lagre som 15  
Lagre som ASCII... 29  
Lagre som... 29  
Lagre standard 16  
Lastvirkninger 44, 49  
Les inn ASCII i denne... 29  
Lim inn 22  
L-profiler 59  
L-profiler blir beregnet med krefter parallelt Y- og Z-aksene. Du må selv kontrollere om beregning parallelt U- og V-aksene gir større utnyttelse. 82

## M

Marger 16  
Materialdata 54

## N

Ny profilliste 23  
Nytt oppsveist profil 32  
Nytt profil 23

## O

Oppbygging av vinduet. 13  
Oppbyggingen av brukerveiledningen i  
Oppdeling i  
Oppsveiste profiler 55

## P

Plastisk spenningskontroll 68  
PopUp Meny 32  
PopUp menyer (høyre mustast) 8  
Profil 27  
Profil for profiltabeller 28  
Profilliste 25  
Profiltabellen er eldre enn de program du benytter.  
Søk etter nyere profiltabell. 81  
Profiltabeller 24  
Programmet beregner etter elastisitetsteori for alle torsjonskrefter  
L- og T-profiler, samt U-profiler med krefter tvers vertikalkaksen. 82  
Programmet beregner ikke profiler i tverrsnittsklasse 4. 82  
Programmet beregner ikke vipping for L- og T-profiler. 82  
Programmet er eldre enn den profiltabell du benytter.  
Installer programmet påny. 81

Programmet finner ingen profiltabell. Ønsker du å søke etter en profiltabell? 81  
Programoppfølging ii  
Programvareutvikling ii  
Programvedlikehold ii

## R

Rediger 21  
Rediger for profiltabeller 23  
Rør-profiler 57

## S

Sett inn 22  
Sidenummerering 16  
Siste side 18  
Skrift 19  
Skriv ut 21  
Slankheten er større enn 250 82  
Slett 22  
Slett profil 24  
Spenningskontroll 65  
Spesielt for dette programmet gjelder 64  
Standard profiltabeller 9  
Start av programmet 13  
Statuslinje 25  
Support ii

## T

Tillat editering 23  
Topptekst 18  
T-profiler 60  
Tverrsnittsdata for profiler 41  
Tverrsnittsklasse 3 kan kun beregnes elastisk 82  
Tverrsnittskonstanter 32  
Tverrsnittskontroll 50

## U

U-profiler 60  
Usymmetriske I-profiler 56  
Utklippstavle (Klipp og lim) 8  
Utnyttelse 45, 50  
Utnyttelser 36  
Utskriftsformat 16  
Utskriftsmaler 7

## V

Velg skriver 21  
Verktøylinje 25  
Vindu 38  
Vipping 74  
Vis 24

## Ø

Øke tverrsnitt 10

**Å**

Åpne 14

Åpne ASCII... 29