

---

**G-PROG RAMME Ståldimensjonering**

(Ver. 6.0 Oktober 2008)

# Brukerdokumentasjon Ståldimensjonering

Programsystemet G-PROG Ramme Ståldimensjonering er utarbeidet og eiet 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.nois.no/>

Support           67 57 15 30

© Copyright 1997-2008

**Merk!**

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

# Innholdsfortegnelse

<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
Generelt .....	1
Begrensninger .....	1
<b>2 Revisjoner</b>	<b>3</b>
Versjon 6.0.....	3
Ny funksjonalitet .....	3
Versjon 5.3.....	3
Versjon 5.2.....	3
Versjon 5.0.....	3
Versjon 4.4.....	3
Versjon 4.39.....	3
Ny funksjonalitet .....	3
Versjon 4.36.....	3
Ny funksjonalitet .....	3
Versjon 4.32.....	4
Ny funksjonalitet .....	4
Versjon 4.30.....	4
Ny funksjonalitet .....	4
Versjon 4.20.....	4
Ny funksjonalitet .....	4
Versjon 4.10.....	4
Ny funksjonalitet .....	4
Versjon 4.0.....	4
32-bits versjon .....	4
Versjon 3.34.....	4
Ny funksjonalitet .....	4
Feilretting .....	5
<b>3 Programoppbygning</b>	<b>7</b>
Generelt .....	7
Menyer.....	8
Generelt .....	8
Fil .....	8
Vis .....	8
Inndata i Geometrimodus .....	8
Inndata i Dimensjoneringsmodus .....	8
Beregning .....	13
Resultat .....	14
Valg .....	18
Vindu.....	18
Hjelp .....	18
Grafisk arbeidsområde.....	19
<b>4 Metoder</b>	<b>21</b>
Generelt .....	21
Utføre statistisk analyse.....	21

---

Utføre dimensjonering .....	21
Skrive ut resultater .....	22
<b>5 Teori</b>	<b>23</b>
Generelt.....	23
Aksesystem .....	23
Materialdata .....	23
Generelt .....	23
Flytespenningsforholdet $\epsilon$ .....	24
Fysiske størrelser .....	24
Dimensjonerende materialfasthet .....	24
Tverrsnittsklasser .....	24
Dimensjonering.....	25
Spenningskontroll.....	25
Stabilitetetskontroll, punkt 12.3.....	26
<b>6 Eksempler</b>	<b>33</b>
Eksempel 1.....	33
<b>7 Henvisninger</b>	<b>49</b>
Referanser .....	49
<b>8 Ordforklaringer</b>	<b>50</b>
<b>9 Indeks</b>	<b>51</b>

# 1 Introduksjon

## Generelt

Med programmet G-PROG Ramme Ståldimensjonering kan du dimensjonere kontinuerlige bjelker og rammekonstruksjoner i stål etter NS 3472 3. Utg.

Programmet utfører de fleste kontroller som NS 3472 krever for slike konstruksjoner.

Programmet er en del av G-PROG Ramme og data hentes dels fra statikkberegningen i statikkprogrammet, dels fra egne dialogbokser.

Da Ramme er et program for beregning av plane konstruksjoner, beregnes 2. ordens krefter kun i planet. Programmet kan dels bruke 1. ordens resultater og håndterer instabilitet mhp. Knekking og vipping slik kapittel 5.4 og 5.5 angir, dels bruke 2. ordens resultater og kontrollere vipping og knekking ut av planet etter 5.4 og 5.5. Videre kontrolleres lokal plateknekking etter kapittel 5.6

Denne brukerdokumentasjonen omhandler kun ståldimensjoneringsprogrammet mens Statikkprogrammet er dokumentert for seg [3].

## Begrensninger

- Dimensjonering utføres kun for dobbeltsymmetriske tverrsnitt
- Med hensyn på knekking og vipping ut av konstruksjonsplanet (xy-planet) kan opplagerbetingelser i form av ledd/gaffellagring, fast innspenning og fri ende defineres
- Knutepunkter dimensjoneres ikke
- Lokal knekking ved punktlaster kontrolleres ikke
- Avstivninger dimensjoneres ikke



## 2 Revisjoner

### Versjon 6.0

#### Ny funksjonalitet

- Strekkstag, dvs staver som blir inaktive hvis de utsettes for trykkrefter.

### Versjon 5.3

### Versjon 5.2

### Versjon 5.0

### Versjon 4.4

### Versjon 4.39

#### Ny funksjonalitet

- Diverse mindre justeringer i Ståldimensjonering og statikk.

### Versjon 4.36

#### Ny funksjonalitet

- Oppgradering maler.

## Versjon 4.32

### Ny funksjonalitet

- Ny stålstandard lagt inn 3 utg.
- Diverse mindre justeringer.

## Versjon 4.30

### Ny funksjonalitet

- Ramme betongdimensjonering inkludert

## Versjon 4.20

### Ny funksjonalitet

- Ny forbedret utskriftsfunksjon og utskriftslayout
- Lage egne utskriftsmaler

## Versjon 4.10

### Ny funksjonalitet

- Mindre endringer i brukergrensesnittet

## Versjon 4.0

### 32-bits versjon

- Programmet har fått et nytt brukergrensesnitt.
- Programmet har fått en rekke nye og endrete funksjoner.

## Versjon 3.34

### Ny funksjonalitet

- Visning av sidestagning er implementert.
- Programmet er endret slik at dimensjonering for deformasjoner kun utføres i bruksgrense, mens alle andre dimensjoneringskriterier utføres i bruddgrense.
- Programmet er endret slik at elementers slankhet kun utregnes når elementet er påkjent av trykkrefter. I forrige versjon var det ikke mulig å dimensjonere ekstremt slanke elementer selv om disse var i strekk.



## Feilretting

- Feilen som gjorde at valg av kontinuelig sidestagning medførte programabort er rettet.



# 3 Programoppbygning

## Generelt

Ståldimensjonering er tett integrert med statikkprogrammet i G-PROG Ramme og består visuelt av utvidelser av menyene i hovedvinduet til G-PROG Ramme samt flere dialogbokser som nås fra disse. Videre er et nytt modus "Dimensjoneringsmodus" tilføyd.

Dette kapitlet beskriver alle endringer og tillegg i G-PROG Ramme som har med Ståldimensjonering å gjøre.

### Standardavhengig

For at dimensjonering etter NS 3472 skal være mulig må valget Standardavhengig velges. Dette gjøres i dialogboksen Standarder. Se [3].

### Tverrsnitt / materialelegenskaper

Velg et tverrsnitt / materiale som kan dimensjoneres. Dette gjøres i dialogboksen Tverrsnitt. Se [3].

### Statisk analyse

Utfør statisk analyse i 1. eller 2. Ordens teori på vanlig måte Side 23 gir mer informasjon om dette.

### Dimensjonering

Når den statiske analysen er utført blir resultatmodus automatisk aktivisert og dimensjoneringen kan utføres.

Merk at informasjonsfeltet øverst i vinduet under kategorien Standard viser et norsk flagg som indikerer at dimensjonering etter norsk standard er aktivisert. Se figuren på neste side.

# Menyer

## Generelt

Kapittelet beskriver bare de menyer og dialogbokser som gjelder for ståldimensjonering. For de valg som finnes i G-PROG Ramme Statikk se [3].

## Fil

Dette menyvalget er likt i alle modii. (Korrekt flertallsform av modus.)

## Vis

Dette menyvalget er beskrevet i dokumentasjonen for G-PROG Ramme Statikk.

## Inndata i Geometrimodus

Dette menyvalget er beskrevet i dokumentasjonen for G-PROG Ramme Statikk. Dette gjelder også valget Stålattributt.

## Inndata i Dimensjoneringsmodus

*Redigering av inndata*



## Element

Viser dialogboksen **Element** som brukes for å velge hvilke staver som skal være aktive (dvs. beregnes og vises) i dimensjoneringsfasen.

*Element*

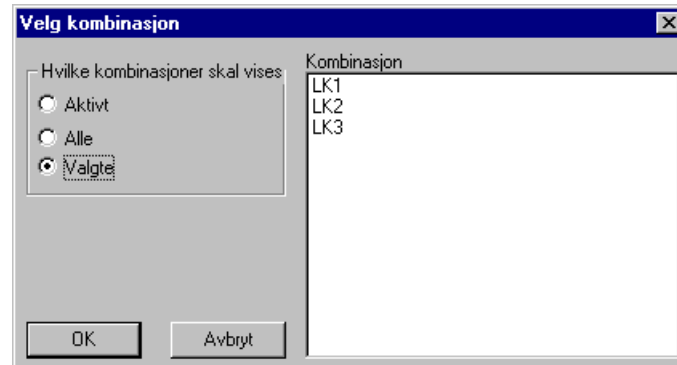


*Dialogboksen Element*

Dialogboks for valg av staver som skal være aktive ved dimensjoneringen. Tips. Bruk mus i kombinasjon med **Shift** eller **Ctrl** for å velge elementene.

### Kombinasjon

Viser dialogboksen **Velg Kombinasjon** som brukes for å velge hvilke kombinasjoner som skal inngå i dimensjoneringen.

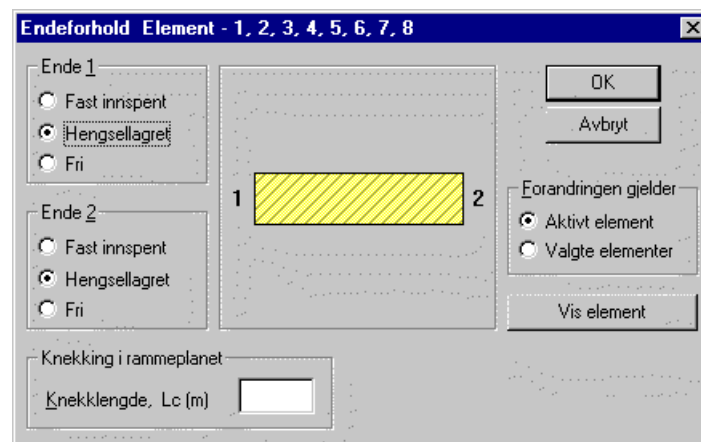


Dialogboksen Kombinasjon

Dialogboksen brukes til å angi hvilken eller hvilke kombinasjoner som skal beregnes og vises. Ved valgene Alle eller Valgte vises den kombinasjon som gir størst utnyttelse.

### Endeforhold

Viser dialogboksen **Endeforhold** hvor du kan gi inn stavens endeforhold og knekk lengde.



Dialogboksen Endeforhold

Dialogboksen brukes til å beskrive elementenes endeforhold og knekk lengder.

- 1. Endeforholdene har betydning for knekking ut av XY-planet og for vipping. Standard endeforhold er hengselagret i begge ender unntatt for utkragede elementer som er frie i den frie enden og innspekte i den andre. Hengselagret betyr at elementet er leddlagret mhp knekking og gaffellagret mhp vipping.
- 2. Knekk lengden er elementets knekk lengde i XY-planet. Denne benyttes kun for dimensjonering av trykte staver når statikken er beregnet med 1. ordens teori.
- 3. Forandringen gjelder enten det element som er markert **som aktivt element** eller alle de element som er markert som **valgte elementer**.

- 4. Hvis data ikke kan brukes på alle valgte elementer kan kun aktivt element velges.

### Vis element

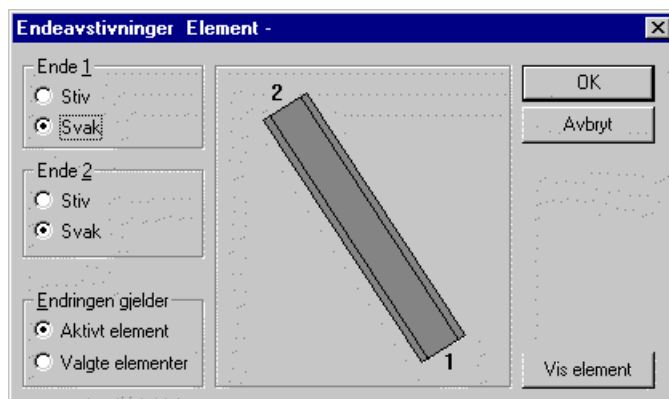
Vis element gir detaljinformasjon (elementlengde, tverrsnitt og material ) for aktivt element.



Dialogboksen Vis element

### Endeavstivninger

Viser dialogboksen **Endeavstivninger** hvor du kan gi inn stavens endeavstivninger.



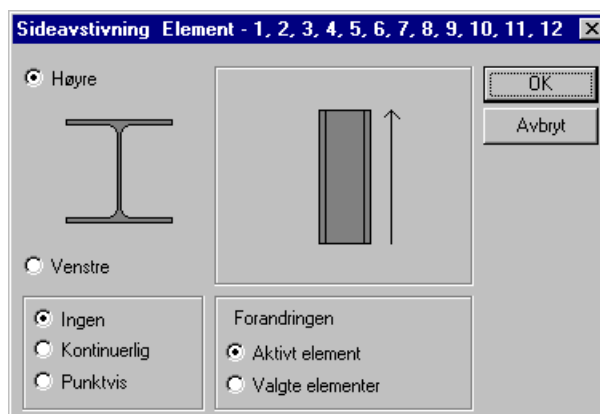
Dialogboksen Endeavstivninger

I dialogboksen Endeavstivninger velger du om elementer har svak eller stiv endeavstivning. Valget påvirker kapasiteten til elementenes steg.

Merk! Gjelder kun for åpne tverrsnitt.

### Sideavstivning

Viser dialogboksen **Sideavstivning** hvor du kan gi inn sideavstivningene langs staven.



Dialogboksen Sideavstivning

Dialogboksen brukes til å beskrive elementenes sideavstivninger. Disse hindrer elementet fra å bøye ut av XY-planet. Du må selv kontrollere at avstivningene er i stand til å ta opp utbøyningskreftene. Avstivning kan defineres for en eller begge sider av tverrsnittet.

### Kontinuerlig avstivning

Kontinuerlig avstivning forutsetter avstivning i hele stavens lengde, og så tett at ingen utbøyning kan skje mellom avstivningene.

Når begge sider er avstivet kan ingen knekking eller vipping skje.

Når en side er avstivet kan ingen knekking skje. Hvis den avstivete siden har trykkspenning i hele lengden kan heller ikke vipping skje, mens ellers blir bundet vipping blir kontrollert.

### Punktvis avstivning

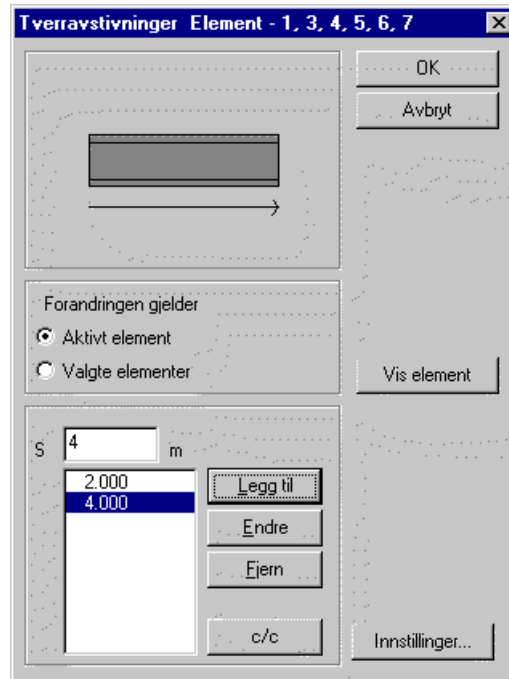
Det kan defineres opp til ti avstivninger per element, med en minste avstand mellom hverandre og til endenodene på  $L/10$ . Avstivningene kan defineres hverfor seg eller med en senteravstand.

Ved punktvis avstivning kan knekking og vipping skje mellom avstivningene. Ved vippingskontrollen tas kun hensyn til avstivninger på trykksiden.

Forandringen gjelder enten det element som er markert **som aktivt element** eller alle de element som er markert som **valgte elementer**. Hvis data ikke kan brukes på alle valgte elementer kan kun aktivt element velges.

### Tverravstivning

Viser dialogboksen **Tverravstivning** hvor du kan gi inn tverravstivningene langs staven.



Dialogboksen Tverravstivning

Dialogboksen brukes til å beskrive elementenes tverravstivninger med livplater. Tverravstivninger kan medføre at slanke livplater får større kapasitet mhp lokal knekking.

Tverravstivninger kan bare defineres for åpne tverrsnitt, og maksimalt kan 10 avstivninger derfineres. Avstivninger kan ikke plasseres nærmere opplegg enn  $L/10$ .

### Lastangrepshøyde

Viser dialogboksen **Lastangrepshøyde** hvor du kan definere hvor i tverrsnittet lasten angriper.



Dialogboksen Lastangrepshøyde

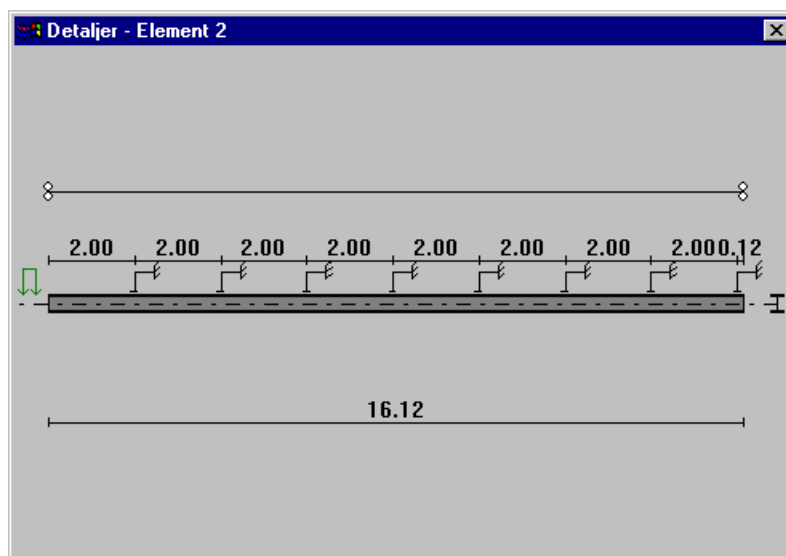
I dialogboksen Lastangrepshøyde kan du definere hvor i tverrsnittet lasten angriper. Dette har betydning i vippingsberegningen.

### Detaljer

Viser vinduet **Detaljer** hvor du får et grafisk bilde over de detaljdata du har gitt inn.



## Detaljer

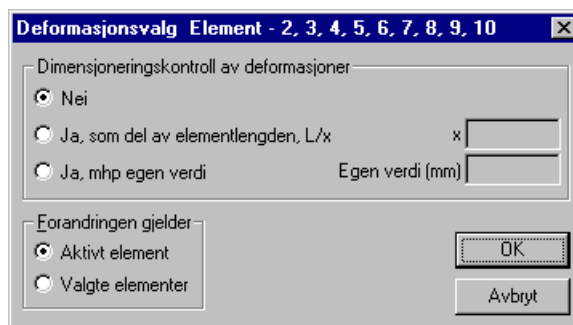


Vinduet *Detaljer*

Vinduet brukes for å gi et grafisk bilde over de detaljer du har gitt inn. Vinduet viser alltid det element som er aktivt.

## Deformasjonsvalg

Viser dialogboksen **Deformasjonsvalg** hvor du bestemmer kriteriene for tillatte deformasjoner.



Dialogboksen *Deformasjonsvalg*

Dialogboksen benyttes for å gi inn kriteriene for tillatte deformasjoner. Du kan velge enten en andel av feltlengden eller en absolutt verdi i mm. Valget her avgjør hvilken utnyttelsesgrad du får i bruksgrensekombinasjonene.

## Beregning

*Beregning*

Beregne...

### Beregne

Aktiviserer dimensjoneringen av valgte elementer. De utvalgte elementene er markert med blå elementnummerering.

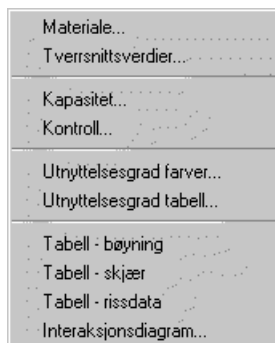
De elementer som ikke er fullt utnyttet, blir markert med grønt, mens de som er fullt utnyttet blir markert med rødt. Det er ellers mulig å brukerstyre denne fargemarkeringen i dialogboksen **Utnyttelsesgrad farver**. Se side 17

Merk at for å utføre dimensjoneringen for alle lastkombinasjoner må du først velge Utvalgte/Alle i listboksen for kombinasjoner. Ellers vil dimensjoneringen kun utføres for valgt lastkombinasjon. For å dimensjonere andre lastkombinasjoner må du da bytte til disse og beregne på ny.

## Resultat

### Resultat

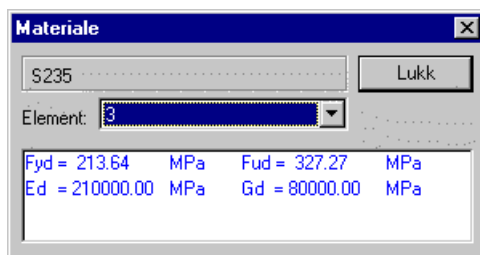
- Materiale
- Tverrsnittsverdier
- Kapasitet
- Kontroll
- Utnyttelsesgrad



### Materiale

Viser dialogboksen **Materiale** som gir informasjon om materialeegenskaper for aktivt element.

### Materialeegenskaper



Dialogboksen Materiale

Viser materialeegenskaper for aktivt element. Vha. listboksen kan du også se materialeegenskapene for andre elementer.

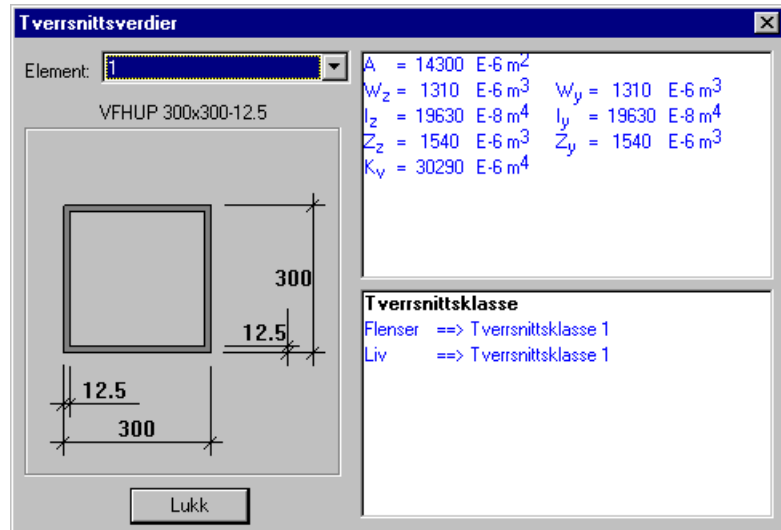
### Informasjon

S235	=	stål fasthetsklasse
Fyd	=	dimensjonerende materialfasthet ( $f_y/\gamma_m$ )
Fud	=	dimensjonerende strekkfasthet ( $f_u/\gamma_m$ )
Ed	=	dimensjonerende E-modul ( $E/\gamma_m$ )
Gd	=	dimensjonerende G-modul ( $G/\gamma_m$ )

### Tverrsnittsverdier

Viser dialogboksen **Tverrsnittsverdier** som gir informasjon om aktivt element.

*Tverrsnittsverdier*



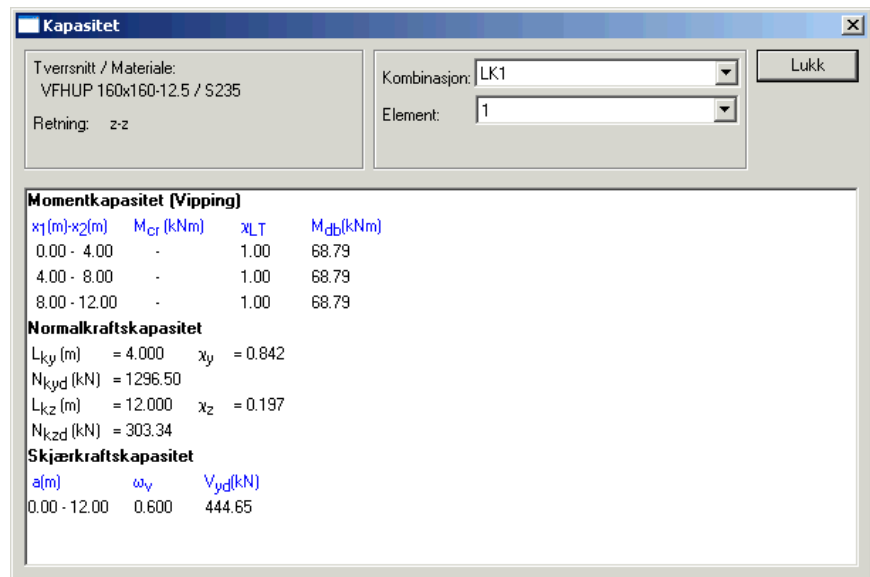
*Dialogboksen Tverrsnittsverdier*

Dialogboksen gir informasjon om aktivt element. Ved hjelp av listboksen kan du også se informasjonen for andre elementer.

**Kapasitet**

Viser dialogboksen **Kapasitet** som gir kapasitet for aktivt element.

*Kapasitet*



*Dialogboksen Kapasitet*

Dialogboksen gir det aktive elements kapasitet med hensyn på instabilitet og flyting mot aktuelle snittkrefter.

Hva som vises er avhengig av tverrsnittstype, belastning samt eventuell sideavstivning og tverravstivning.

**Element**

Hvis du vil kontrollere andre elementer, velg disse i listboksen **Element**

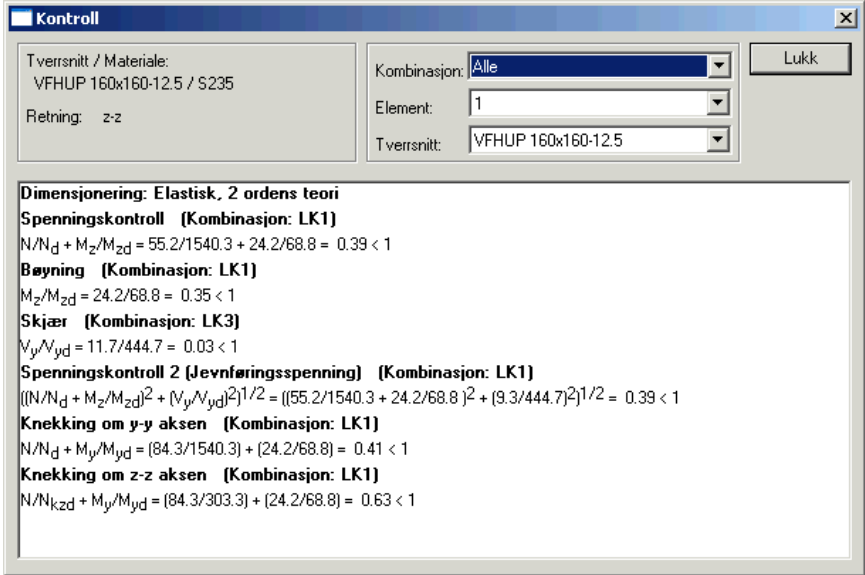
**Kombinasjon**

Hvis du vil kontrollere andre kombinasjoner, velg disse i listboksen **Kombinasjon**

## Kontroll

Viser dialogboksen **Kontroll** som gir alle kontroller som er utført av aktivt element.

### Tverrsnittskontroll



**Kontroll**

Tverrsnitt / Materiale:  
VFHUP 160x160-12.5 / S235

Retning: z-z

Kombinasjon: Alle

Element: 1

Tverrsnitt: VFHUP 160x160-12.5

Lukk

**Dimensjonering: Elastisk, 2 ordens teori**

**Spenningskontroll (Kombinasjon: LK1)**  
 $N/N_d + M_z/M_{zd} = 55.2/1540.3 + 24.2/68.8 = 0.39 < 1$

**Bøyning (Kombinasjon: LK1)**  
 $M_z/M_{zd} = 24.2/68.8 = 0.35 < 1$

**Skjær (Kombinasjon: LK3)**  
 $V_y/V_{yd} = 11.7/444.7 = 0.03 < 1$

**Spenningskontroll 2 (Jevnføringsspenning) (Kombinasjon: LK1)**  
 $((N/N_d + M_z/M_{zd})^2 + (V_y/V_{yd})^2)^{1/2} = ((55.2/1540.3 + 24.2/68.8)^2 + (9.3/444.7)^2)^{1/2} = 0.39 < 1$

**Knekking om y-y akse (Kombinasjon: LK1)**  
 $N/N_d + M_y/M_{yd} = (84.3/1540.3) + (24.2/68.8) = 0.41 < 1$

**Knekking om z-z akse (Kombinasjon: LK1)**  
 $N/N_{kzd} + M_y/M_{yd} = (84.3/303.3) + (24.2/68.8) = 0.63 < 1$

### Dialogboksen Kontroll

Dialogboksen viser alle kontroller som er utført på aktivt element iht NS 3472. Hva som vises i dialogboksen er avhengig av tverrsnittstype, tverrsnittsklasse, belastning samt eventuell sideavstivning og tverravstivning.

## Markering

De kontroller som innebærer at tverrsnittets kapasitet er overskredet blir markert med rødt.

## Element

Hvis du vil kontrollere andre elementer, velg disse i listboksen **Element**.

## Tverrsnitt

Hvis du vil prøve et annet tverrsnitt, f.eks. hvis det opprinnelige ikke holder, velg nytt tverrsnitt i listboksen **Tverrsnitt**.

Merk at en del kontroller, bl.a. vipping, også benytter data fra statikkberegningen, som ikke er endret. Videre vil endrete stivhetsforhold i de fleste tilfeller føre til andre snittkrefter. Dette betyr at endringer av tverrsnittet kun gir veiledende informasjon, og at en korrekt dimensjonering forutsetter at også statikken beregnes etter at tverrsnittet er forandret.

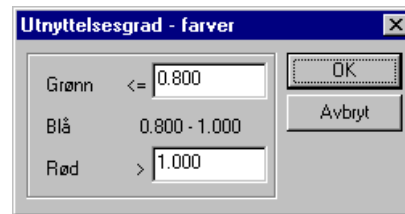
## Kombinasjon

Hvis du vil kontrollere en annen kombinasjon, velg ny kombinasjon i listboksen **Kombinasjon**. Når denne listboksen angir **Alle** betyr det at for hver kontroll blir den ugunstigste kombinasjonen vist. Hvis du ikke har beregnet dimensjoneringen for alle kombinasjoner velger programmet den ugunstigste av de beregnede kombinasjonene.

## Utnyttelsesgrad farver

Viser Dialogboksen **Utnyttelsesgrad farver** for editering av farger i den grafiske visningen av beregningsresultater for dimensjoneringen.

*Farvevalg for visning av resultater*



*Dialogboksen Farvevalg*

Dialogboksen gir mulighet for oppsett av farver for visning av utnyttelse av elementene som er valgt.

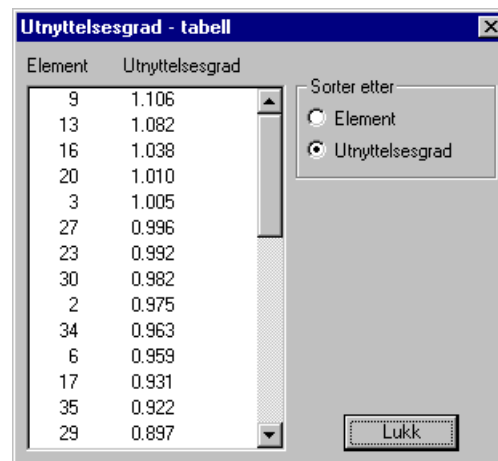
Standard er at elementer som er utnyttet mer enn standarden tillater er markert med rødt, mens andre valgte elementer er markert med grønt.

Ved å gi inn en grenseverdi mindre enn 1 for grønn farve vil utnyttelser over denne verdien men ikke over 1 bli markert med blått.

## Utnyttelsesgrad tabell

Viser dialogboksen **Utnyttelsesgrad tabell** som gir informasjon om utnyttelse av alle valgte elementer.

*Utnyttelsesgrad*



*Dialogboksen Utnyttelsesgrad*

Dialogboksen gir informasjon om utnyttelsesgraden for alle valgte elementer for aktuell lastkombinasjon eller for alle valgte kombinasjoner.

## Tabell-bøyning,-skjær –rissdata og interaksjonsdiagram

- Dialogboksene gjelder kun for dimensjonering av betongtverrsnitt. Se egen brukerdokumentasjon for dette.

## Valg

Valg



Dette menyvalget er beskrevet i dokumentasjonen for G-PROG Ramme Statikk. I dimensjoneringsmodus finnes to ekstra valg som beskrives her.

### Sideavstivning

Når dette valget er aktivisert vises alle sideavstivninger i det grafiske vinduet. Punktvisse avstivninger vises som en liten strek vinkelrett på staven, mens kontinuerlige avstivninger vises som en strek parallelt staven.

### Tverrsnittsbilde

Når dette valget er aktivisert vises et bilde av tverrsnittet i målestokk midt på hver stav.

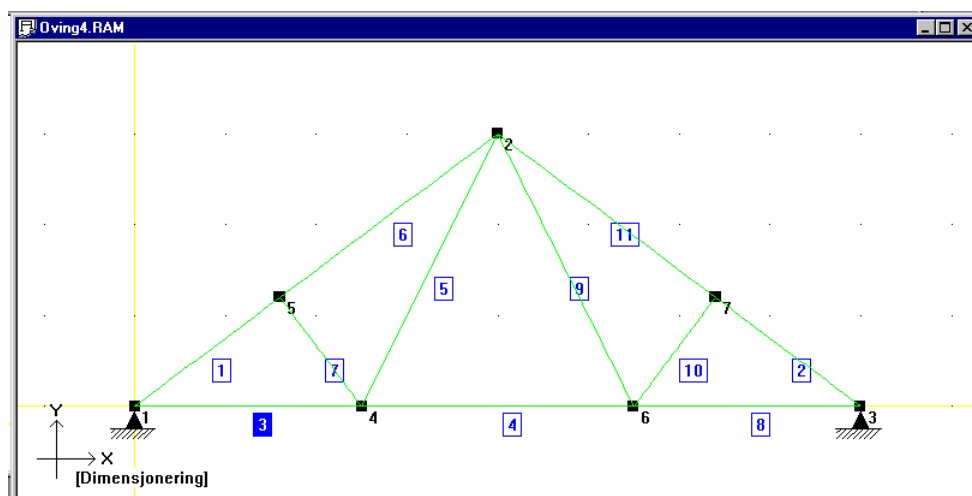
## Vindu

Dette menyvalget er beskrevet i dokumentasjonen for G-PROG Ramme Statikk.

## Hjelp

Dette menyvalget er beskrevet i dokumentasjonen for G-PROG Ramme Statikk.

## Grafisk arbeidsområde



I det grafiske arbeidsområdet kan du velge hvilke staver som skal være **valgte**, og hvilken stav som skal være **aktiv**. Videre kan du få en hurtig overblikk over dimensjoneringsresultatene.

Alle staver hvor elementnummeret er blått er valgt. Ved å klikke på en stav endrer du dens status fra eller til valgt. Ved å trekke en ramme rundt flere staver gjør du alle staver innenfor rammen valgt. Hvis du har staver som ikke kan dimensjoneres kan disse heller ikke velges. Du kan også velge staver under **Inndata/Element**.

Ved å dobbeltklikke på en stav gjør du denne aktiv.

Aktiv stav er den som i utgangspunktet får de endringer som du gir inn under inndata. Men du kan også, i resp. dialogboks, velge at endringene skal gjelde for alle valgte staver.

Valgte staver blir dimensjonert når du velger beregning.





# 4 Metoder

## Generelt

Dette kapitlet gir informasjon om hvordan programmet kan brukes ved gjennomgang av et konkret eksempel.

Utskrift fra eksemplet er gjengitt i kapittel Eksempel 1 på side 33.

## Utføre statistisk analyse

Utfør statistisk analyse slik som beskrevet i [3].

Husk spesielt å velge standardavhengig analyse i dialogboksen **Standarder**.

## Utføre dimensjonering

Etter vellykket statistisk analyse utføres dimensjonering slik:

1. Velg resultatmodus. (Blir automatisk gjort ved statistisk analyse)
2. Sjekk resultater. (Deformasjoner, snittkrefter, spenninger etc.)
3. Velg en lastkombinasjon som du vil dimensjonere for ved å velge den i listboksen **Lastkombinasjoner** øverst til høyre i resultatvinduet. Du kan også velge Utvalgte/Alle, for å dimensjonere flere kombinasjoner samtidig.
4. Velg **Dimensjoneringsmodus**. Merk at elementer som kan dimensjoneres blir markert med blått elementnummer, og at ett av dem er satt aktivt. (Markert med skravert blått.)
5. Gi inn relevant endeavstivning og knekkklengde, i rammeplanet, for aktuelle elementer i dialogboksen **Endeforhold**. Aktiveres fra menyen **Inndata**. Se side 9
6. Gi inn data for avstivning, sideavstigning og eventuelt endre lastangrepspunkt for de elementer som skal dimensjoneres resp dialogboks som aktiveres fra menyen **Inndata**. Se side 10.
7. Sett opp farvevalg i dialogboksen **Utnyttelsesgrad farver** for å få ønsket visuell kontroll. Aktiveres fra menyen **Resultater**. Se side 14.
8. Hvis lastkombinasjonen er en bruksgrense kombinasjon, må du sette opp dimensjoneringskriterium for deformasjoner i dialogboksen **Deformasjonsvalg**. Se side 13.
9. Utfør dimensjonering. Velg **Beregne** på menyen.

10. Du får nå umiddelbar visuell kontroll av resultatet ved at elementer som ikke er fullt utnyttet blir vist med grønt, mens elementer som er fullt utnyttet blir vist med rødt.  
Sjekk også i dialogboksene **Kontroll, Kapasitet** og **Utnyttelsesgrad** for å få full kontroll på om resultater er OK.  
Alle disse dialogboksene aktiveres fra menyen **Resultater**. Se side 14.
11. Hvis noen elementer ikke holder, endre disse eventuet ved å øke tverrsnittet, endre konstruksjonen, endre avstivning e.l. og utfør ny statisk analyse og / eller dimensjonering.
12. Dimensjoner for flere lastkombinasjoner direkte ved å endre lastkombinasjon som beskrevet under pkt. 3) og utfør pkt. 9) - 10) på nytt.

## Skrive ut resultater

Når du er fornøyd med dimensjoneringen kan resultater skrives ut som dokumentasjon.

1. Velg Utskriftsvalg / Dimensjonering fra **Fil-menyen** for oppsett av hva som skal skrives ut. Se G-PROG Ramme Statikk, Brukerveiledning.
2. Skriv ut resultater fra dialogboksen **Skriv ut** som aktiveres fra **Fil-menyen**. Se G-PROG Ramme Statikk, Brukerveiledning.
3. Lagre data. Velg **Lagre** på **Fil-menyen**.

# 5 Teori

## Generelt

Formlene gjelder for beregning av stålkonstruksjoner i henhold til NS3472, 3 utg. sep. 2001. I den grad formlene 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 summetegn. Vi benytter derfor alltid parenteser for disse:

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

## Aksesystem

Stålstandarden (NS3472 3 utgave, september 2001) benytter et annet aksesystem enn programmet G-PROG Ramme. Følgende gjelder for ramme:

z-akse tverrsnittets sterke akse.

y-akse tverrsnittets svake akse.

## Materialdata

### Generelt

Tabellen under viser de nominelle verdier for flytespenning  $f_y$  og strekkfasthet  $f_u$  for de vanligste konstruksjonsstål.

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

Stålsort	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ (63) mm}$	
	$f_y$	$f_u$	$f_y$	$f_u$
S235	235	360	215	340
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	490
S420	420	540	390	520
S460	460	570	430	550

For mer informasjon se NS 3472 tabell 3

Verdiene 235, 275, 355, 420 og 460 MPa for  $f_y$  er lagt inn som ferdige valg, øvrige verdier kan skrives inn under Egetvalg.

## Flytespenningsforholdet $\varepsilon$

Denne verdien blir beregnet av programmet:

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

## Fysiske størrelser

Disse verdiene er lagt inn i programmet og kan ikke endres av brukeren.

Densitet:	$\gamma =$	7.85	kg/dm <sup>3</sup>
Elastisitetsmodul:	$E =$	210000	N/mm <sup>2</sup>
Skjærmodul:	$G =$	80000	N/mm <sup>2</sup>
Tverrkontraksjonstall:	$\nu =$	0.3	
Lengdeutvidelseskoeffisient:	$\alpha =$	0.000012	1/°C

## Dimensjonerende materialfasthet

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

Materialfaktorene skal ta hensyn til usikkerheten til materialfasthet og tverrsnittsgeometri, pkt. 10.4.2

## Tverrsnittsklasser

Tverrsnittsklasse kontrolleres etter pkt. 12.1.

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 7 for tverrsnittsklassene 1, 2 og 3. Tverrsnittsdeler som ikke tilfredstiller kravene til klasse 3 tilhører klasse 4.

Grenseverdiene for slankheten for vinkelprofiler og sirkulære hulprofiler er gitt i tabell 8.

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

## Dimensjonering

Ståldimensjoneringen gjøres i henhold til NS3472 og utføres etter elastisitetsteorien både når det gjelder statikkberegningen og dimensjoneringen.

Programmet kan også dimensjonere etter 2 ordens teori.

Dimensjoneringen tar hensyn til knekking om begge akser og vipping. Torsjon og torsjonsknekkning blir ikke kontrollert. I tillegg kontrollerer programmet stegknekkning etter punktene 12.4.2 og 12.4.4

Dimensjonering deles i to hovedgrupper, spenningskontroll og stabilitetskontroll. Spenningskontrollen ivaretar de enkeltvise spenningskomponenter og kombinasjoner av disse. Stabilitetskontrollen omhandler knekking og vipping.

### Spenningskontroll

#### *Spenningskontroll*

Spenningskontroll utføres etter pkt. 5.1 i NS3472. Her foreligger følgende krav:

$$\begin{aligned} N / N_d + M_z / M_{zd} &\leq 1.0 \\ V_y / V_{yd} &\leq 1.0 \\ \sqrt{((N / N_d + M_z / M_{zd})^2 + (V_y / V_{yd})^2)} &\leq 1.1 \end{aligned}$$

$$N_d = f_y / \gamma_m * A$$

$$M_{zd} = f_y / \gamma_m * W_z$$

$$V_{yd} = f_y / \gamma_m * 1 / \sqrt{3} * A_y$$

$M_Y$  og  $T_Z$  er lik null i inndata fra plan ramme.

### **Aksialkraft, pkt. 12.2.3**

#### **Strekkelastet staver:**

$$N_d = (f_y / \gamma_M) * A$$

$N_d$  er dimensjonerende aksialkraftkapasitet

$f_y$  er karakteristisk flytespenning

$\gamma_M$  er materialfaktor

$A$  er tverrsnittets totale areal

#### **Trykkelastede staver:**

$$N_d = (f_y / \gamma_M) * \beta_A * A$$

$N_d$  er dimensjonerende aksialkraftkapasitet (avhengig av tverrsnittsklasse)

$\beta_A = 1$  for tverrsnittsklasse 1, 2 og 3

$\beta_A = A_{eff} / A$  for tverrsnittsklasse 4

$A_{eff}$  beregnes i henhold til pkt. 12.4.3.1

### **Moment, pkt. 12.2.4**

#### **Elastisk momentkapasitet:**

$$M_d = (f_y / \gamma_M) * W$$

W er tverrsnittets elastiske tverrsnittsmodule.

$W_{eff}$ , dersom tverrsnittsklasse 4 skal W byttes ut med  $W_{eff}$  som er den effektive tverrsnittsmodule beregnet i henhold til pkt. 12.4.3.1.

### **Skjærkraft, pkt. 12.2.5**

**For skjærkraft parallelt med z-aksen (flensen for I-profiler):**

$$V_{dz} = (1/\sqrt{3}) (f_y/\gamma_M) A_{vz}$$

For profiler belastet parallelt med flensene gjelder

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

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

$$A_{vz} = \sum b_f \cdot t_f \quad \text{for sveiste profiler}$$

For hulprofiler gjelder

$$A_v = (2/\pi) \cdot A \quad \text{for sirkulære profiler}$$

$$A_v = (b/(h+b)) \cdot A \quad \text{for rektangulære profiler}$$

**For skjærkraft parallelt med y-aksen (steget for I-profiler):**

$$V_{dy} = (1/\sqrt{3}) \cdot (f_y/\gamma_M) \cdot A_{vy}$$

For profiler belastet parallelt med steget gjelder

$$A_{vy} = h \cdot t_w \quad \text{for valsede I - profiler}$$

$$A_{vy} = 2 \cdot h \cdot t_w \quad \text{for valsede U - profiler}$$

$$A_{vy} = \sum b_w \cdot t_w \quad \text{for sveiste profiler}$$

For hulprofiler gjelder

$$A_v = (2/\pi) \cdot A \quad \text{for sirkulære profiler}$$

$$A_v = (h/(h+b)) \cdot A \quad \text{for rektangulære profiler}$$

## **Stabilitetskontroll, punkt 12.3**

For staver skilles det vanligvis mellom følgende stabilitets- (knekkings-) fenomener: Bøyeknekking, torsjonsknekking og vipping. Vi har valgt å dele bøyeknekking i to deler, knekking om sterk og svak akse også kalt styrt og fri knekking. Siden Ramme ikke inkluderer torsjon, er torsjonsknekking ikke behandlet.

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 knekking vil imidlertid vipping kunne opptre uten at bjelken er belastet med aksiallast, i det moment om sterk akse (z-aksen) vil gi en drivende momentkomponent om x-aksen når bjelken deformeres.

Knekkning og vipping beregnes elastisk.

### **Kontroll av knekking og vipping**

Kontroll av knekking og vipping utføres etter pkt 12.3.4 i NS3472. Dette gjøres på følgende måte.

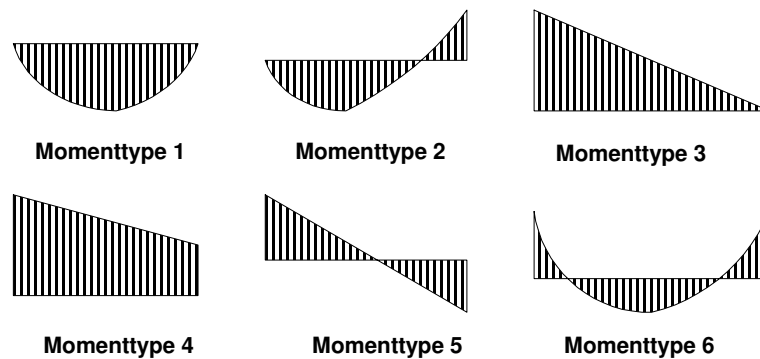
*Knekkning og vipping*

## Beregning av $\Psi$ og vippemoment

Tillegget til NS 3472, pkt. B.12.3.4 angir hvordan vippemomentet  $M_{cr}$  kan beregnes. Da dette er altfor forenklet i en del tilfeller benytter vi isteden beregninger basert på tabeller og diagrammer fra den tyske [1]. Det ideelle vippemomentet beregnes med utgangspunkt i ren statikk og er derfor ikke avhengig av standard.

Beregningene benytter seg av den s.k. nedbøyningsanalogien. Denne går ut på at vippemomentet  $M_{cr}$  for en gitt belastning og gitt form på momentkurven er lik det momentet som for en annen kjent last som gir samme nedbøyning. [2]

I inndata for endeforhold og sideavstivninger kan du velge andre endeopplegg enn gaffellagring og du kan også angi stagnering av over- og underflens, punktvis eller kontinuerlig. Her angir du også om lasten angriper i overkant, tyngdepunkt eller underkant. Vippemomentet beregnes ut fra dette, og ut fra formen på momentkurvene. Disse er delt inn i seks kurvetyper.



Momentkurver

### Ikke avstivet bjelke

#### Momenttypene 1, 2 og 6

Belastningen tilbakeføres til tilfellet med jevnt fordelt last vha. nedbøyningsanalogien. Vippemomentet er her påvirket av lastens angrephøyde. Bæreevnen kan økes ved spenne inn bjelken i ene eller begge endene. Ved momenttype 2 påvirkes vippemomentet også av hvorvidt det er enden med støttemoment som er innspent, og av forholdet mellom støttemoment og feltmoment. Også for momenttype 6 påvirkes beregningen av forholdet mellom støttemoment og feltmoment.

#### Momenttypene 3,4 og 5

Ved bjelker på to opplegg tilbakeføres beregningen til bjelker med rettlinjert momentvariasjon. Bæreevnen kan økes vha. innspenning i den ene eller begge ender.

For utkragere med momenttype 3 beregnes vippemomentet som for en jevnt fordelt last, mens utkragere med momenttype 4 beregnes som en dobbelt så lang bjelke på to opplegg.

### Avstivet bjelke

Momenttype 1.

Følgende alternative avstivninger er mulige:

- Kontinuerlig avstivning av begge kanter. Ingen vipping er mulig.
- Kontinuerlig avstivning i overkant. Ingen vipping er mulig.

- Kontinuerlig avstivning i underkant. Vippemomentet beregnes som bundet vipping, med avstivningene leddet til elementet. Belastningen tilbakeføres til tilfellet med jevnt fordelt last vha. nedbøyningsanalogien. Vippemomentet påvirkes av lastens angrepshøyde. Bæreevnen kan økes ved fast innspenning av endene.
- Punktvis avstivning av overkant. Beregningen utføres mhp. vipping mellom avstivningene. Det blir kontrollert at avstanden mellom avstivningene er liten nok til at momentkurven mellom disse kan approksimeres til en rettlinjet kurve. Kapasiteten blir vist for hvert avsnitt mellom avstivningene. I endeavsnittene kan bæreevnen økes ved å spenne inn endene. Hvis trykksiden er punktvis avstivet og strekksiden kontinuerlig avstivet tas kun hensyn til trykksiden.
- Punktvis avstivning av underkant. Det tas ikke hensyn til dette ved vippingsberegningen.

#### Momenttype 2 og 6.

Følgende alternative avstivninger er mulige:

- Kontinuerlig avstivning av begge kanter. Ingen vipping er mulig.
- Kontinuerlig avstivning i overkant. Beregning av vippemomentet skjer for den del hvor trykkflensen ikke er avstivet. Bæreevnen påvirkes av innspenningsforholdene og lastens angrepshøyde.
- Kontinuerlig avstivning i underkant. Vippemomentet beregnes som bundet vipping, med avstivningene leddet til elementet. Belastningen tilbakeføres til tilfellet med jevnt fordelt last vha. nedbøyningsanalogien. Vippemomentet påvirkes av lastens angrepshøyde. Bæreevnen kan økes ved fast innspenning av endene.
- Punktvis avstivning av overkant. Beregningen utføres mhp. vipping mellom avstivningene. Det blir kun tatt hensyn til de avstivninger som vedrører den trykte delen av flensen. Det blir kontrollert at avstanden mellom avstivningene er liten nok til at momentkurven mellom disse kan approksimeres til en rettlinjet kurve. Kapasiteten blir vist for hvert avsnitt mellom avstivningene. I endeavsnittene kan bæreevnen økes ved å spenne inn endene. Hvis trykksiden er punktvis avstivet og strekksiden kontinuerlig avstivet tas kun hensyn til trykksiden.
- Punktvis avstivning av underkant. Det tas ikke hensyn til dette ved vippingsberegningen.

#### Momenttype 3.

Følgende alternative avstivninger er mulige:

- Kontinuerlig avstivning av begge kanter. Ingen vipping er mulig.
- Kontinuerlig avstivning i overkant. For bjelker på to opplegg beregnes vippemomentet som bundet vipping, med avstivningene leddet til elementet. Belastningen tilbakeføres til tilfellet med jevnt fordelt last vha. nedbøyningsanalogien. For konsollbjelker beregnes vippemomentet etter nedbøyningsanalogien. I begge tilfeller påvirkes vippemomentet av lastens angrepshøyde. Bæreevnen kan økes ved fast innspenning av endene.
- Kontinuerlig avstivning i underkant. Ingen vipping er mulig.
- Punktvis avstivning av overkant. Det tas ikke hensyn til dette ved vippingsberegningen.
- Punktvis avstivning av underkant. Beregningen utføres mhp. vipping mellom avstivningene. Kapasiteten blir vist for hvert avsnitt mellom avstivningene. I endeavsnittene kan bæreevnen økes ved å spenne inn



endene. Hvis trykksiden er punktvis avstivet og strekksiden kontinuerlig avstivet tas kun hensyn til trykksiden.

Momenttype 4.

Følgende alternative avstivninger er mulige:

- Kontinuerlig avstivning av begge kanter. Ingen vipping er mulig.
- Kontinuerlig avstivning i overkant. Vippemomentet beregnes som bundet vipping. Vippemomentet påvirkes av lastens angrepshøyde. Bæreevnen kan økes ved fast innspenning av endene.
- Kontinuerlig avstivning i underkant. Ingen vipping er mulig.
- Punktvis avstivning av overkant. Det tas ikke hensyn til dette ved vippingsberegningen.
- Punktvis avstivning av underkant. Beregningen utføres mhp. vipping mellom avstivningene. Kapasiteten blir vist for hvert avsnitt mellom avstivningene. I endeavsnittene kan bæreevnen økes ved å spenne inn endene. Hvis trykksiden er punktvis avstivet og strekksiden kontinuerlig avstivet tas kun hensyn til trykksiden.

Momenttype 5.

Følgende alternative avstivninger er mulige:

- Kontinuerlig avstivning av begge kanter. Ingen vipping er mulig.
- Kontinuerlig avstivning i overkant eller underkant. Hvis mer enn halvparten av den ikke avstivede flensen er trykt skjer beregning av vippemomentet som bundet vipping. Avstivningene forutsettes leddet til elementet. Ellers approksimeres momentfordelingen til type 2 og vippemomentet i bergens i henhold til dette. I begge tilfeller kan bæreevnen påvirkes av om endene spennes inn.
- Punktvis avstivning av overkant eller underkant. Beregningen utføres mhp. vipping mellom avstivningene. Det blir kun tatt hensyn til de avstivninger som vedrører den trykte delen av flensen. Kapasiteten blir vist for hvert avsnitt mellom avstivningene. I endeavsnittene kan bæreevnen økes ved å spenne inn endene. Hvis trykksiden er punktvis avstivet og strekksiden kontinuerlig avstivet tas kun hensyn til trykksiden.

$$\chi_{LT} = 1 / (\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT} - \lambda'_{LT})^2}) \quad \text{for } \lambda'_{LT} \geq 0,4$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [ 1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} - 0,4) + \lambda'_{LT}{}^2 ]$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{ ( W_z f_y / M_{cr} )}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21 \text{ for valseprofil}$$

$$\alpha_{LT} = 0,49 \text{ for sveiste profil}$$

$W_z$  er det elastiske motstansmomentet, tabell data.

### **Beregning av vippe- og knekk lengder**

Vippelengder beregnes ikke direkte, men inngår i beregningen av vippemomentet, se ovenfor.

Knekk lengden for knekking ut av planet beregnes av programmet ut fra de endebetingelser og sideavstivninger som blir valgt. Den blir vist når du velger kapasitetskontroll.

## Knekking

### Fri knekking om y-aksen ( i planet), pkt 12.3.4.2

$$N_d/N_{kyd} + k_z M_z/M_{zd} \leq 1.0$$

### Styrt knekking om z-aksen ( ut av planet), pkt 12.3.4.2

$$N_d/N_{kzd} + k_z M_z/M_{zd} \leq 1.0$$

$N_d$ ,  $N_{kyd}$  og  $N_{kzd}$  er beregnet i et avsnitt over.

Beregner momentkorreksjonsfaktoren  $k_z$

$$k_z = 1 - \mu_z (N/N_d) / \chi_z \gamma_m \text{ og } k_z \leq 1.5$$

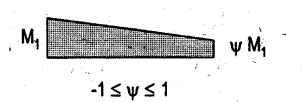


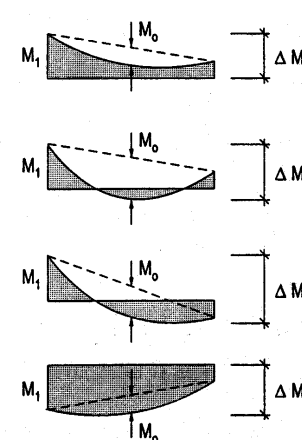
$\chi_z$  er beregnet i et avsnitt over.

$\gamma_m$  er materialfaktoren.

$$\mu_z = \lambda'_z (2\beta_{M,z} - 4) \text{ og } \mu_z \leq 0.9$$

Den ekvivalente momentfaktoren  $\beta_{M,z}$  ivaretar virkningen av momentvariasjon langs staven for bøyning om henholdsvis y- og z-aksen, er gitt i tabell 12.

Tabell 12 – Ekvivalent momentfaktor

Momentdiagram	$\beta_M$ ( $\beta_{LT}$ )
	$\beta_{M,\psi} = 1.8 - 0.7 \psi$
	$\beta_{M,o} = 1.3$
	$\beta_{M,o} = 1.4$
	$\beta_M = \beta_{M,\psi} + \frac{M_o}{\Delta M} (\beta_{M,o} - \beta_{M,\psi})$ <p><math>M_o =  M_{maks} </math> pga tverrlast alene</p> $\Delta M = \begin{cases}  M_{maks}  & \text{dersom momentet har samme fortegn} \\  M_{maks}  +  M_{min}  & \text{dersom momentet endrer fortegn} \end{cases}$

## Vipping

### Fri knekking om y-aksen med vipping, pkt 12.3.4.2

Dersom vipping ikke er forhindret, skal følgende betingelse være oppfylt

$$N_d/N_{kyd} + k_{LT} (M_z/M_{zd}) / \chi_{LT} \leq 1.0$$

$$k_{LT} = 1 - \mu_{LT}(N/N_d) / \chi_y \gamma_m \text{ og } k_{LT} \leq 1.0$$

$$\mu_{LT} = 0,15 (\lambda'_y \beta_{M,LT} - 1) \text{ og } \mu_{LT} \leq 0,9$$

$\chi_{LT}$  er vippingsfaktoren.

$\beta_{M,LT}$  bestemmes også fra tabell 12, se over.

### Stegknekking

Lokal knekking

Hvis vi har tverrsnittsklasse 4 utføres kontroll av lokal knekking etter pkt. 12.4.

Tverrsnittsklasse 4 inngår nå direkte i beregningen av aksialkraftkapasitet pkt 12.2.3 og momentkapasitet pkt 12.2.4

### Bøyningsindusert steg knekking

Ifølge punkt 12.4.2 er bøyningsindusert steg knekking forhindret hvis

$$b_w / t_w \leq k\phi * E / f_{fy} * \sqrt{(A_w / A_{f,c})}$$

hvor  $A_w$  er stegets areal,  $A_{f,c}$  er arealet av trykkflensen, og  $f_{fy}$  er flensens flytespenning.

$k\phi$  er avhengig av flensens tverrsnittsklasse, og kan variere fra 0.3 til 0.55.

### Skjærkapasitet

Skjærkapasiteten med hensyn til stegknekking beregnes etter punkt 12.4.4.2 i NS3472. I dette programmet forutsettes det at staven kun har myke endestivere ved oppleggene. Vi får da den relative slankheten

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

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

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

$$\eta = 1.2 \text{ for flytegrenser til og med 355}$$

$$\eta = 1.05 \text{ for flytegrenser over 355}$$

Når flensens bidrag til skjærkapasiteten neglisjeres får vi

$$V_f \leq V_d = f_{w,y} / (\gamma_{M1} * \sqrt{3}) * \chi_w * t_w * b_w.$$

## 2. ordens dimensjonering.

### Elastisk dimensjonering etter 2 ordens teori

Spenningskontroll som for 1 orden bare nå med de ekstra momenter pga 2 ordens effekter, se avsnitt spenningskontroll.

Knekking om z-aksen ( i planet)

$$N/N_d + (M_z + M_{z, 2 \text{ orden}})/M_{zd} \leq 1.0$$

Knekking om y-y aksens ( ut av planet)

$$N/N_{kyd} + (M_z + M_{z, 2 \text{ orden}})/M_{zd} \leq 1.0$$

Knekking om y-aksens ( ut av planet) med vipping

$$N/N_{kyd} + k_{LT} (M_z + M_{z, 2 \text{ orden}} / M_{zd}) / \chi_{LT} \leq 1.0$$

$$k_{LT} = 1 - \mu_{LT}(N/N_{kyd}) / \chi_y \gamma_m \quad \text{og } k_{LT} \leq 1.0$$

$$\mu_{LT} = 0,15 (\lambda'_y \beta_{M,LT} - 1) \quad \text{og } \mu_{LT} \leq 0,9$$

$\chi_{LT}$  er vippingsfaktoren.

$\beta_{M,LT}$  bestemmes også fra tabell 12, se over.

# 6 Eksempler

## Eksempel 1

Dette kapitlet gjengir eksemplet som er brukt i kapittel 4 på side 21.

Det er tatt ut full utskrift av inndata, utvalgte resultater samt dimensjonering.

Rammeberegning 4.39

1 ( 15 )

Prosjekt: Stål	Dato: 2004-02-19
Utført av: Hervold	Signatur: eh
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra	Firmanavn: <b>NOIS as</b>

---

**SAMMENDRAG**

5 noder  
2 opplegg  
0 fjær  
0 ledd  
4 element  
1 tverrsnitt  
4 laster  
2 lasttilfeller  
1 kombinasjoner

C:\Eksempel Stål.fra

**KONVENSJONER****LOKAL ELEMENTRETNING**

Et elements retning bestemmes av elementets orientering, slik at startnoden er den node hvor elementets vinkel ( $w$ ) med den globale x-aksen er større enn  $-PI/4$  ( $-45^\circ$ ) og mindre enn eller lik  $+3^\circ PI/4$  ( $+135^\circ$ ).

**GLOBALE AKSERETNINGER**

Som globalt koordinatsystem benyttes et vanlig rett vinklet høyre-orientert koordinatsystem, med positiv X-akse rettet mot høyre, positiv Y-akse rettet oppover og positiv Z-retning (rotasjon) rettet mot urviseren.

**LASTRETNINGER**

Ved innlesning av laster benyttes følgende lastretninger:

X, H sammanfaller med den globale x-aksen.

A sammanfaller med elementets lokale retning.

M, R sammanfaller med den globale z-retningen.

Y, V motsatt rettet mot den globale y-aksen.

L rettet vinkelrett mot elementet, rotert  $90^\circ$  med urviseren i forhold til den lokale elementretningen.

Foreskrevne forskyvninger er positive i de globale retningene.

**TEGNFORKLARING**

Deformasjoner/forskyvninger og reaksjoner er positive i globale retninger (dvs. mot høyre, oppover og mot urviseren).

Normalkrefter som gir strekk i elementet er positive, skjærkrefter er positive når de er nedatrettede til høyre foret snitt, moment er positive når de gir strekk i elementets underkant.

**REAKSJONER**

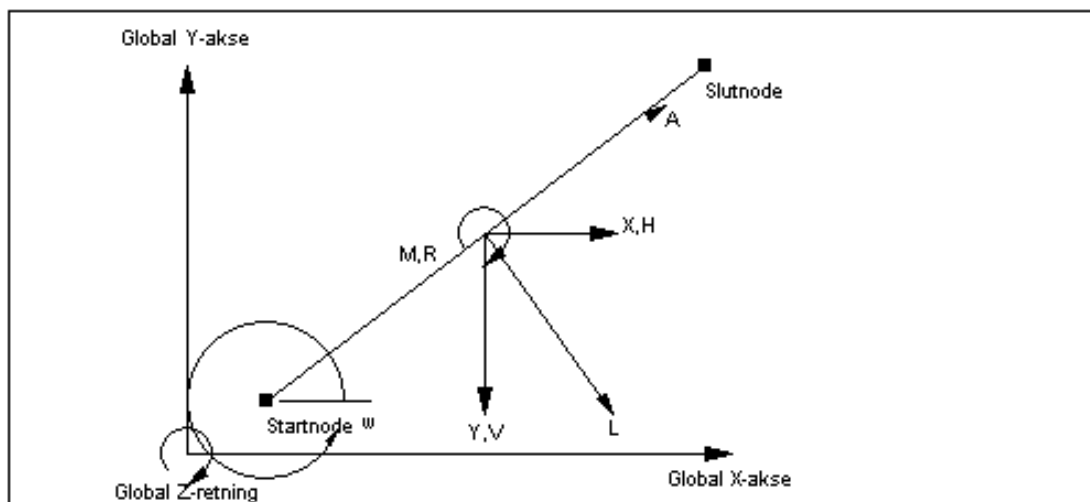
Reaksjoner skal forståes som de ytre krefter som påvirker systemet for at dette skal være i likevekt.

Rammeberegning 4.39  
© GBC Data as

2 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

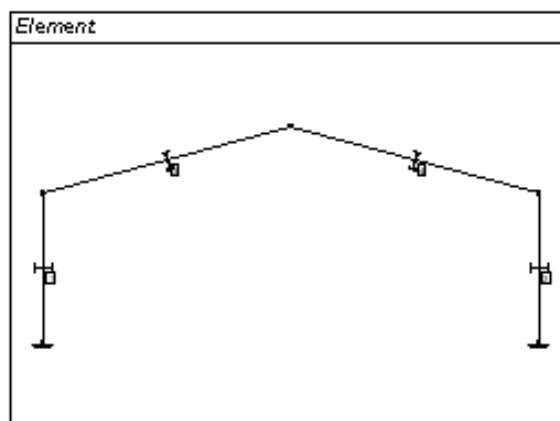
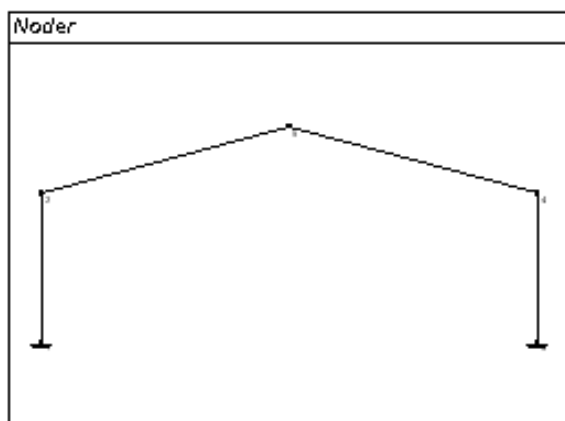


**Noder**

X (m)	Y (m)	X	Y	M	X (m)	Y (m)	X	Y	M	X (m)	Y (m)	X	Y	M	X (m)	Y (m)	X	Y	M	
1	0	0	F	F	F	3	20.000	0	F	F	F	5	10.000	8.700						
2	0	6.000				4	20.000	6.000												

**Element**

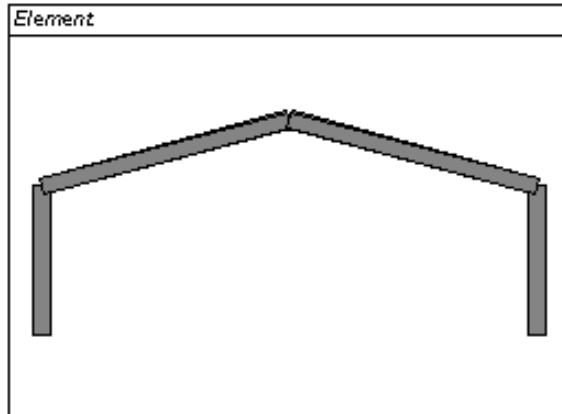
Navn	Node 1	Node 2	Init-	Navn	Node 1	Node 2	Init-	Navn	Node 1	Node 2	Init-
	(L=Ledd)	(L=Ledd)	krum.		(L=Ledd)	(L=Ledd)	krum.		(L=Ledd)	(L=Ledd)	krum.
1	1	2	Nei	3	2	5	Nei				
2	3	4	Nei	4	5	4	Nei				



**Rammeberegning 4.39**  
 GBSdata as

3 ( 15 )

 Prosjekt: Stål  
 Utført av: Hervold  
 Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

 Dato: 2004-02-19  
 Signatur: ch  
 Firmanavn: **NOIS as**
**Tverrsnittsdata**

Navn	Retn.	Areal (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	h (m)	z (m)	E-modul (kN/m <sup>2</sup> )	Kostnad(kr)
HE 700 B / S235	z-z	3.064e-2	2.57e-3	0.700	0.350	2.10e8	

**Tverrsnitt/element**

Element	Tverrsnitt	Retn.	Lengde(m)	Vekt (kg)	Kostnad(kr)
1	HE 700 B / S235	z-z	6.000	1446.000	
2	HE 700 B / S235	z-z	6.000	1446.000	
3	HE 700 B / S235	z-z	10.358	2496.299	
4	HE 700 B / S235	z-z	10.358	2496.299	
Sum			32.716	7884.599	

**Tverrsnittsspesifikasjon**

Tverrsnitt	Lengde(m)	Antall	Vekt (kg)	Kostnad(kr)
HE 700 B / S235	6.000	2	2892.000	
HE 700 B / S235	10.358	2	4992.599	
Sum	32.716	4	7884.599	



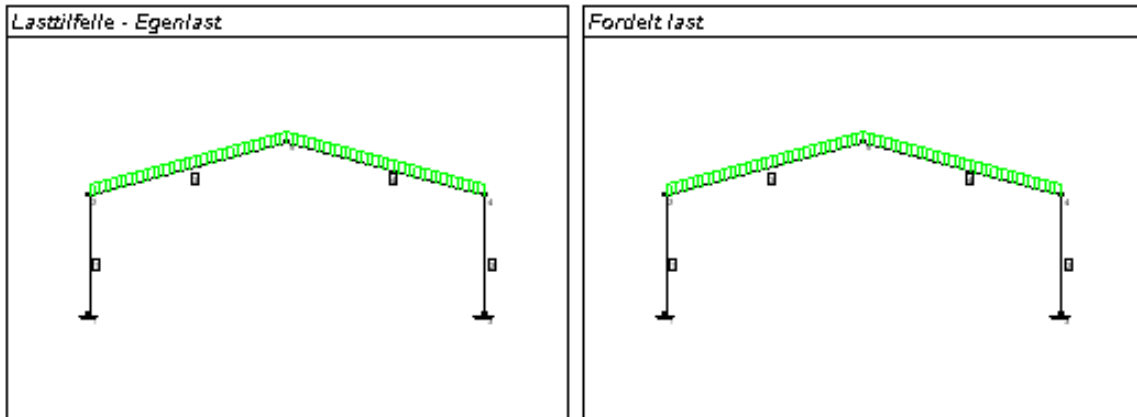
Rammeberegning 4.39  
GSDATA as

4 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

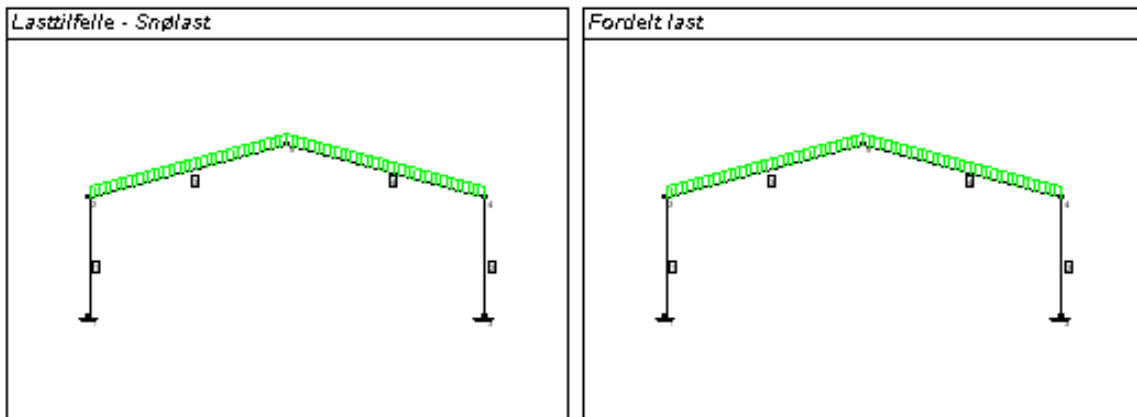
### Lasttilfelle:Egenlast



#### Fordelt last

Element	Retn.	q(kN/m)	L1(m)	L2(m)	Element	Retn.	q(kN/m)	L1(m)	L2(m)
3	Y	6.0	0	0	4	Y	6.0	0	0

### Lasttilfelle:Snølast



#### Fordelt last

Element	Retn.	q(kN/m)	L1(m)	L2(m)	Element	Retn.	q(kN/m)	L1(m)	L2(m)
3	Y	16.0	0	0	4	Y	16.0	0	0

#### Lasttilfelle

Navn	Bet.	Navn	Bet.
Egenlast	B1	Snølast	B2

Rammeberegning 4.39  
 © GSDATA AS

5 ( 15 )

Prosjekt: Stål	Dato: 2004-02-19
Utført av: Hervold	Signatur: ch
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra	Firmanavn: <b>NOIS as</b>

**Kombinasjon**

ID	Navn	Kombinasjon	Grense	Type	Avhengig av
1	LK1	1,2*B1+1,6*B2	Brudd		

**Max pos. moment - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	626.0	-233.4	-339.7	LK1	3	352.2	4.8	-243.0	LK1
2	774.4	233.4	-339.7	LK1	4	352.2	-4.8	-243.0	LK1

**Max neg. moment - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	-774.4	-233.4	-339.7	LK1	3	-774.4	267.2	-313.9	LK1
2	-626.0	233.4	-339.7	LK1	4	-774.4	-267.2	-313.9	LK1

**Max pos. spenninger - 1. orden**

Element	σ MPa	Kombinasjon	Element	σ MPa	Kombinasjon	Element	σ MPa	Kombinasjon
1	94.4	LK1	3	95.3	LK1			
2	94.4	LK1	4	95.3	LK1			

**Likevektskontroll - 1. orden**

Kombinasjon	X-retn.	Y-retn.	X-retn.	Y-retn.
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
LK1	0	-679.5	0	679.5

**Max pos. skjærkraft - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	626.0	-233.4	-339.7	LK1	3	-774.4	267.2	-313.9	LK1
2	-626.0	233.4	-339.7	LK1	4	294.1	60.8	-225.3	LK1

**Min neg. skjærkraft - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	626.0	-233.4	-339.7	LK1	3	294.1	-60.8	-225.3	LK1
2	-626.0	233.4	-339.7	LK1	4	-774.4	-267.2	-313.9	LK1

**Max pos. normalkraft - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	626.0	-233.4	-339.7	LK1	3	294.1	-60.8	-225.3	LK1
2	774.4	233.4	-339.7	LK1	4	294.1	60.8	-225.3	LK1

**Min neg. normalkraft - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	-774.4	-233.4	-339.7	LK1	3	-774.4	267.2	-313.9	LK1
2	-626.0	233.4	-339.7	LK1	4	-774.4	-267.2	-313.9	LK1

**Min neg. spenninger - 1. orden**

Element	σ MPa	Kombinasjon	Element	σ MPa	Kombinasjon	Element	σ MPa	Kombinasjon
1	-116.6	LK1	3	-115.7	LK1			
2	-116.6	LK1	4	-115.7	LK1			

Rammeberegning 4.39  
GSDATA AS

6 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

**Max abs. moment - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	-774.4	-233.4	-339.7	LK1	3	-774.4	267.2	-313.9	LK1
2	774.4	233.4	-339.7	LK1	4	-774.4	-267.2	-313.9	LK1

**Max abs. skjærkraft - 1. orden**

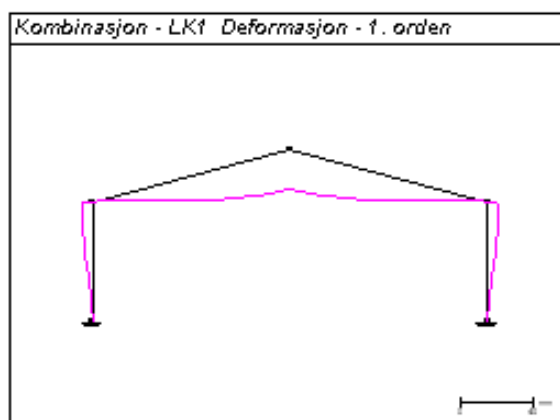
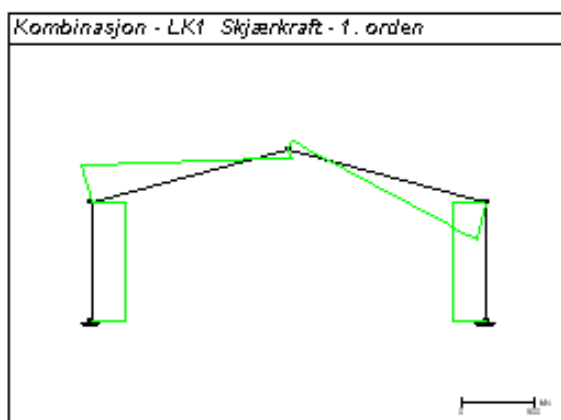
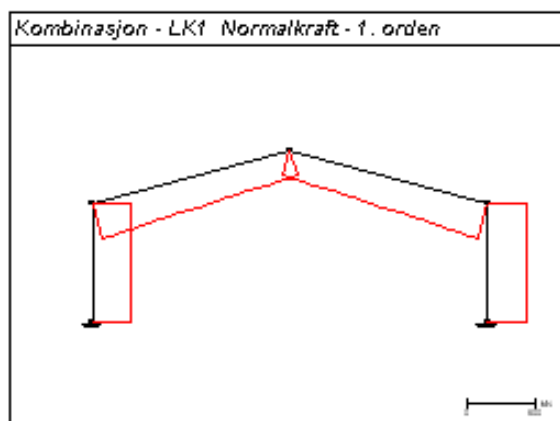
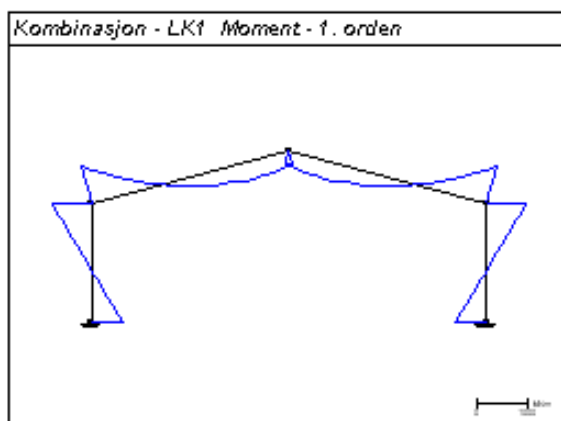
Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	626.0	-233.4	-339.7	LK1	3	-774.4	267.2	-313.9	LK1
2	-626.0	233.4	-339.7	LK1	4	-774.4	-267.2	-313.9	LK1

**Max abs. spenninger - 1. orden**

Element	σ MPa	Kombinasjon	Element	σ MPa	Kombinasjon	Element	σ MPa	Kombinasjon
1	116.6	LK1	3	115.7	LK1			
2	116.6	LK1	4	115.7	LK1			

**Max abs. normalkraft - 1. orden**

Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon	Element	M kNm	V kN	N kN	Kombinasjon
1	626.0	-233.4	-339.7	LK1	3	-774.4	267.2	-313.9	LK1
2	-626.0	233.4	-339.7	LK1	4	-774.4	-267.2	-313.9	LK1



Rammeberegning 4.39  
© GSDATA AS

7 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

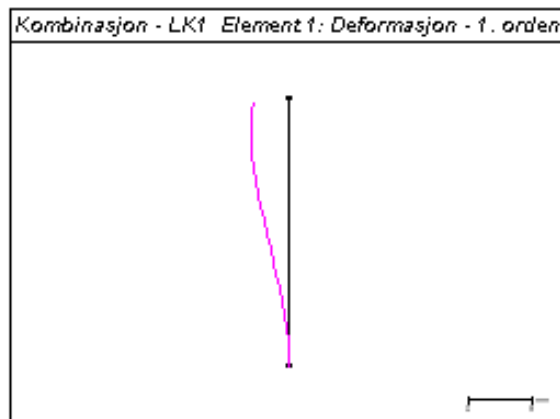
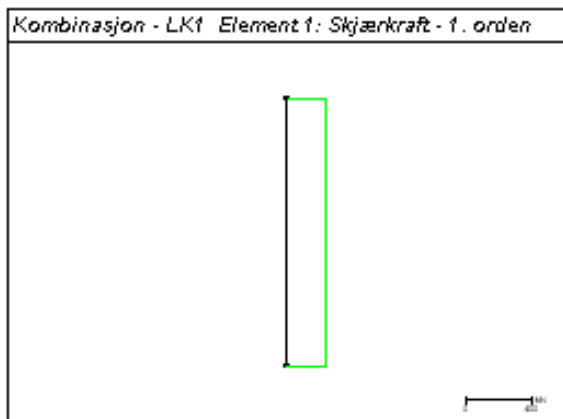
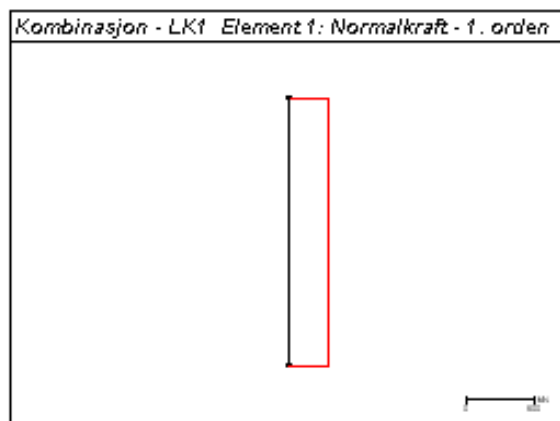
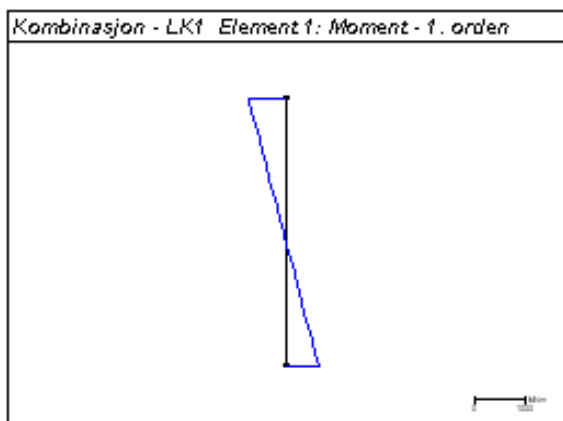
Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

**Nodeforskyvninger - 1. orden Kombinasjon: LK1**

Node	ux (mm)	uy (mm)	fi (rad)	Node	ux (mm)	uy (mm)	fi (rad)	Node	ux (mm)	uy (mm)	fi (rad)
1	0	0	0	3	0	0	0	5	0	-21.653	0
2	-5.311	-0.317	-0.001	4	5.311	-0.317	0.001				

**Oppleggsreaksjoner - 1. orden Kombinasjon: LK1**

Node	Rx (kN)	Ry (kN)	Rm (kNm)	Node	Rx (kN)	Ry (kN)	Rm (kNm)
1	233.4	339.7	-626.0	3	-233.4	339.7	626.0



**Kombinasjon - LK1 Element: 1 Tverrsnittsverdier - 1. orden**

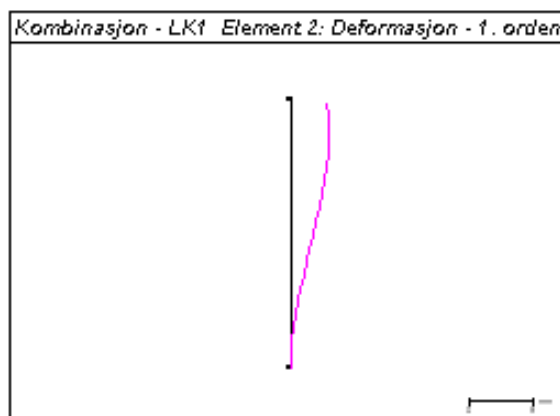
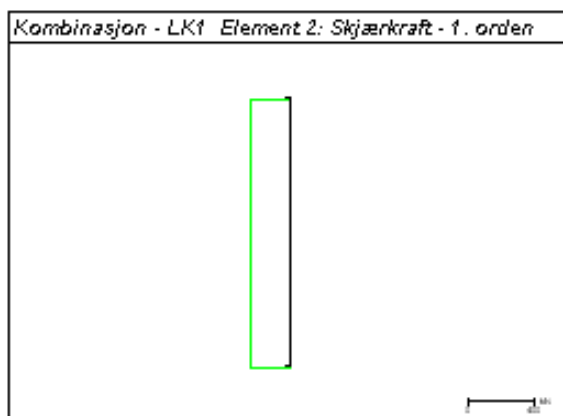
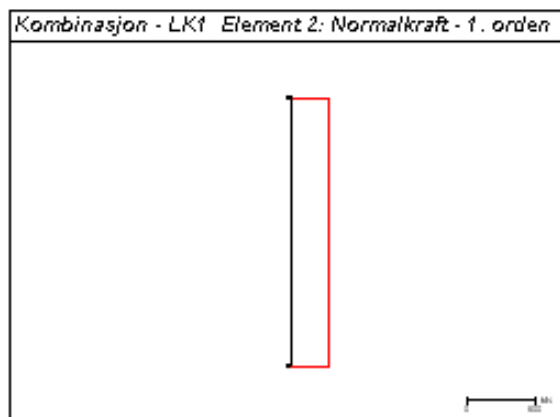
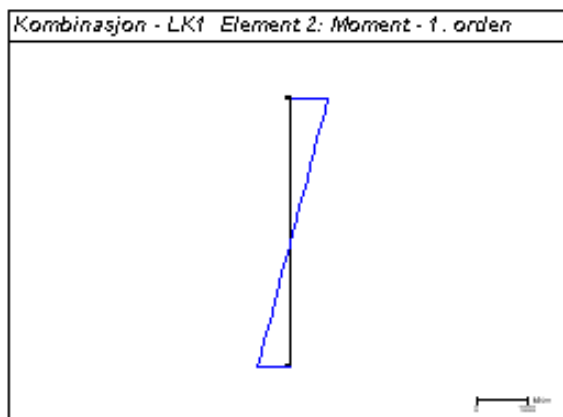
Lengde (m)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)
------------	---------	--------	--------

Rammeberegning 4.39

8 ( 15 )

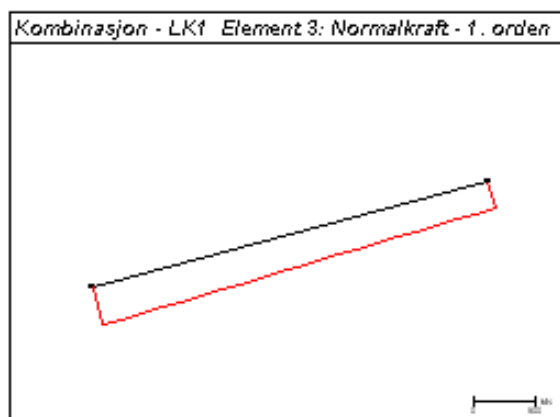
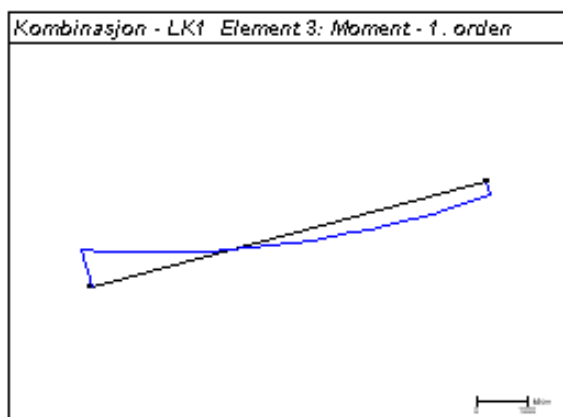
Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: eh  
Firmanavn: **NOIS as**



**Kombinasjon - LK1 Element :2 Tverrsnittsverdier - 1. orden**

Lengde (m)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)
------------	---------	--------	--------



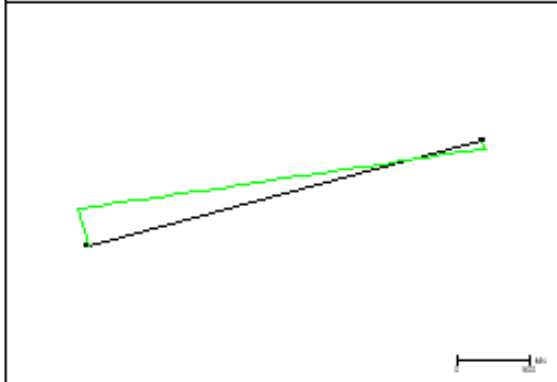
Rammeberegning 4.39  
© GSDATA AS

9 ( 15 )

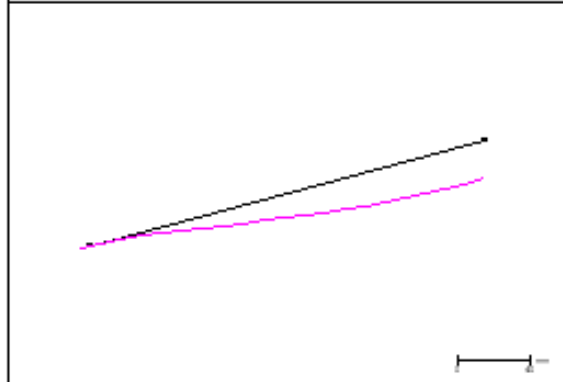
Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

Kombinasjon - LK1 Element 3: Skjærkraft - 1. orden



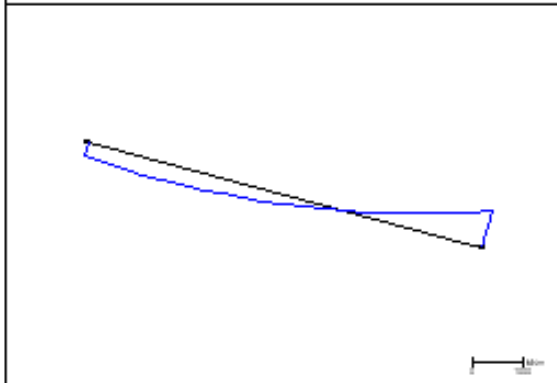
Kombinasjon - LK1 Element 3: Deformasjon - 1. orden



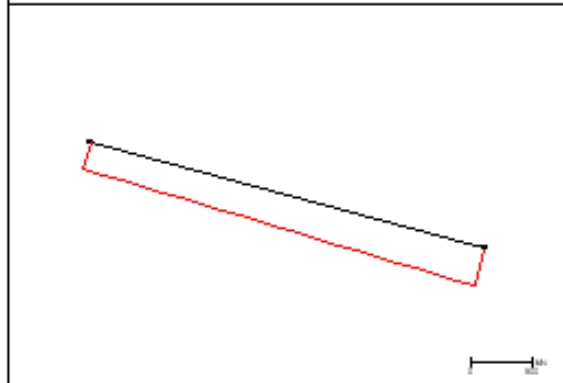
**Kombinasjon - LK1 Element :3 Tverrsnittsverdier - 1. orden**

Lengde (m)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)
------------	---------	--------	--------

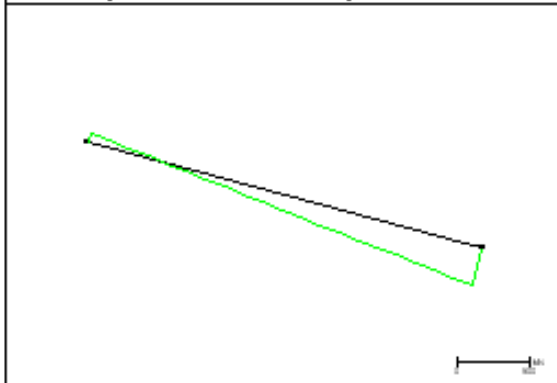
Kombinasjon - LK1 Element 4: Moment - 1. orden



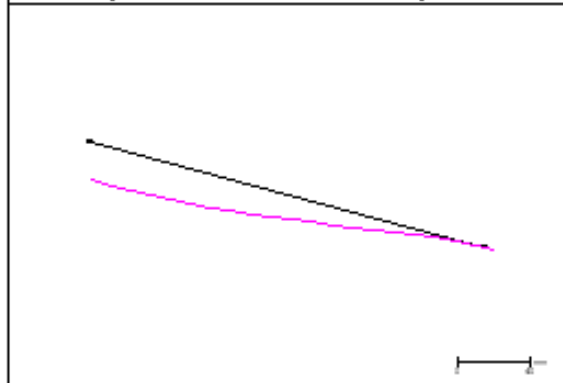
Kombinasjon - LK1 Element 4: Normalkraft - 1. orden



Kombinasjon - LK1 Element 4: Skjærkraft - 1. orden



Kombinasjon - LK1 Element 4: Deformasjon - 1. orden



**Kombinasjon - LK1 Element :4 Tverrsnittsverdier - 1. orden**

Lengde (m)	M (kNm)	V (kN)	N (kN)
------------	---------	--------	--------

Rammeberegning 4.39

10 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

### Element: 1 HE 700 B / S235

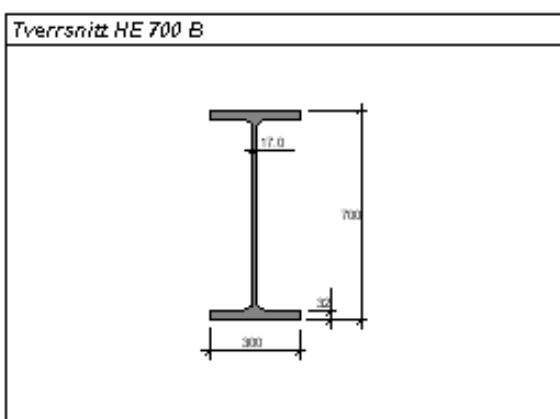
#### Detaljer

Endeforhold	Fast	Hengslet	Lastangreps høyde	Overkant
Sideavstivninger	savnes/Venstre	savnes/Høyre	Knekk lengde	0.00 m

#### Attributt

Gamma m = 1.10 Ingen reduksjon av E-modul

### Kombinasjon: LK1



#### HE 700 B

$A_e = 30640 \text{ E-6 m}^2$   $Z_z = 8320 \text{ E-6 m}^3$   $Z_y = 1440 \text{ E-6 m}^3$   
 $W_z = 7340 \text{ E-6 m}^3$   $W_y = 963 \text{ E-6 m}^3$   $K_v = 8.33 \text{ E-6 m}^4$   $K_w = 16100 \text{ E-9 m}^6$   
 $I_z = 256900 \text{ E-8 m}^4$   $I_y = 14440 \text{ E-8 m}^4$

#### Tverrsnittsklasse

Flenser ==> Tverrsnittsklasse 1 Liv ==> Tverrsnittsklasse 1

#### Kapasitet Element: 1

Momentkapasitet (Vipping)		Normalkraftskapasitet	Skjærkraftskapasitet
$x_1(\text{m})$	$x_2(\text{m})$	$M_{ed}$ (kNm)	$N_{y,d}$ (kN)
0.00	6.00	9900.76	4961.23
1.00	1563.19		6516.09

$L_{ky}(\text{m}) = 4.800$   $\chi_y = 0.758$   $a(\text{m})$   $\omega_y$   $V_{y,d}(\text{kN})$   
 $L_{kz}(\text{m}) = 6.000$   $\chi_z = 0.995$

#### Kontroll Element: 1

Dimensjonering: Elastisk, 1 ordens teori

Spenningskontroll

$N/N_{ed} + M_y/M_{ed} = 339.7/6545.8 + 774.4/1568.1 = 0.55 < 1$

Knekking om y-y akse med vipping

$(N/N_{y,d}) + (M_y/M_{ed}) * k_{LT} / \chi_{LT} = (339.7/4961.2) + (774.4/1568.1) * 0.99 / 1.00 = 0.56 < 1$

Knekking om z-z akse

$N/N_{ed} + k_z(M_y/M_{ed}) = (339.7/6516.1) + 0.99(774.4/1568.1) = 0.54 < 1$

Rammeberegning 4.39  
 GBSdata as

11 ( 15 )

Prosjekt: Stål	Dato: 2004-02-19
Utført av: Hervold	Signatur: ch
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra	Firmanavn: <b>NOIS as</b>

**Kontroll Element: 1**

Skjær

$$V_y/V_{yd} = 233.4/1467.8 = 0.16 < 1$$

Spenningskontroll 2 (Jevnføringsspenning)

$$\left( \frac{N_d}{N_{td}} + \frac{M_d}{M_{td}} \right)^2 + \left( \frac{V_y}{V_{yd}} \right)^2 = \left( \frac{339.7/6545.8 + 774.4/1568.1}{1} \right)^2 + \left( \frac{233.4/1467.8}{1} \right)^2 = 0.57 < 1$$

**Materiale - S235**
 F<sub>yd</sub> = 213.64 MPa F<sub>ud</sub> = 327.27 MPa E<sub>d</sub> = 210000.00 MPa G<sub>d</sub> = 80000.00 MPa
**Element: 2 HE 700 B / S235****Detaljer**

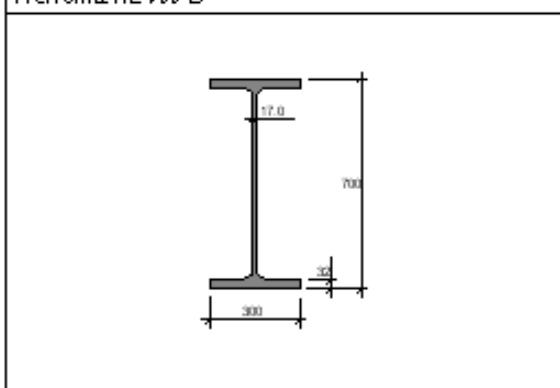
Endeforhold	Fast	Hengslet	Lastangreps høyde	Overkant
Sideavstivninger	savnes	Venstre savnes	Høyre Knekk lengde	0.00 m

**Attributt**

Gamma m = 1.10 Ingen reduksjon av E-modul

**Kombinasjon: LK1**

Tverrsnitt HE 700 B

**HE 700 B**

A = 30640 E-6 m <sup>2</sup>	Z <sub>z</sub> = 8320 E-6 m <sup>3</sup>	Z <sub>y</sub> = 1440 E-6 m <sup>3</sup>
W <sub>z</sub> = 7340 E-6 m <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> = 963 E-6 m <sup>3</sup>	K <sub>v</sub> = 8.33 E-6 m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub> = 256900 E-8 m <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> = 14440 E-8 m <sup>4</sup>	K <sub>w</sub> = 16100 E-9 m <sup>6</sup>

**Tverrsnittsklasse**

Flenser ==&gt; Tverrsnittsklasse 1 Liv ==&gt; Tverrsnittsklasse 1

**Kapasitet Element: 2**

Momentkapasitet (Vipping)	Normalkraftskapasitet	Skjærkraftskapasitet
x <sub>1</sub> (m) x <sub>2</sub> (m) M <sub>ed</sub> (kNm) M <sub>td</sub> (kNm)	L <sub>vy</sub> (m) = 4.800 γ <sub>vy</sub> = 0.758	a(m) ω <sub>v</sub> V <sub>yd</sub> (kN)
0.00 - 6.00 9900.76 1.00 1563.19	N <sub>vyd</sub> (kN) = 4961.23	0.00 - 6.00 0.600 1467.78
	L <sub>yz</sub> (m) = 6.000 γ <sub>yz</sub> = 0.995	



Rammeberegning 4.39  
© GSD as

12 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

### Kapasitet Element: 2

Momentkapasitet (Vipping)      Normalkraftskapasitet      Skjærkraftskapasitet  
 $N_{red}$  (kN) = 6516.09

### Kontroll Element: 2

Dimensjonering: Elastisk, 1 ordens teori

Spenningskontroll

$$N/N_d + M_y/M_{yd} = 339.7/6545.8 + 774.4/1568.1 = 0.55 < 1$$

Knekking om y-y akse med vipping

$$(N/N_{kyd}) + (M_y/M_{yd}) * k_{LT} / \chi_{LT} = (339.7/4961.2) + (774.4/1568.1) * 0.99 / 1.00 = 0.56 < 1$$

Knekking om z-z akse

$$N/N_{zsd} + k_z(M_y/M_{yd}) = (339.7/6516.1) + 0.99(774.4/1568.1) = 0.54 < 1$$

Skjær

$$V_y/V_{yd} = 233.4/1467.8 = 0.16 < 1$$

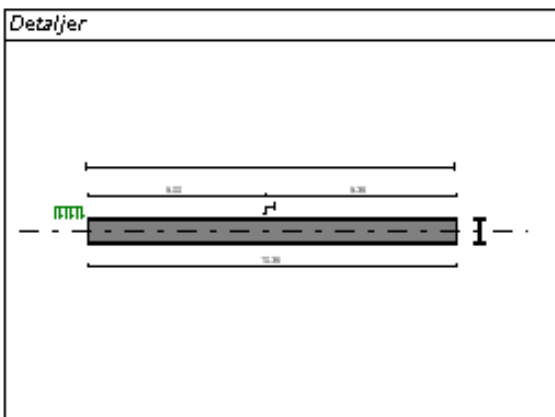
Spenningskontroll 2 (Jevnføringsspenning)

$$((N/N_d + M_y/M_{yd})^2 + (V_y/V_{yd})^2)^{1/2} = ((339.7/6545.8 + 774.4/1568.1)^2 + (233.4/1467.8)^2)^{1/2} = 0.57 < 1$$

### Materiale - S235

F<sub>y</sub>d = 213.64 MPa    F<sub>u</sub>d = 327.27 MPa    E<sub>d</sub> = 210000.00 MPa    G<sub>d</sub> = 80000.00 MPa

### Element: 3 HE 700 B / S235



### Detaljer

Endeforhold    Hengslet    Hengslet    Lastangreps høyde    Overkant  
 Sideavstivninger    savnes    Underkant iflg. figur    Overkant    Kneklengde    0.00 m

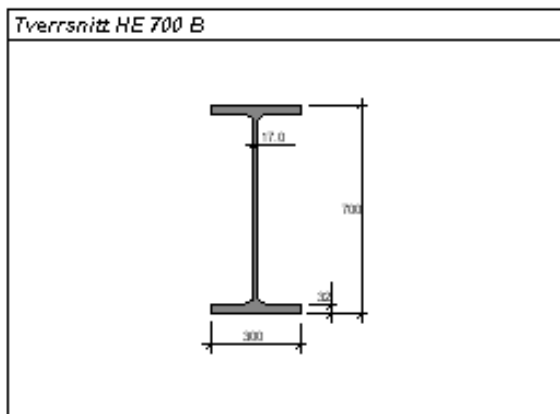
### Attributt

Gamma m = 1.10    Ingen reduksjon av E-modul

Rammeberegning 4.39  
 GBS data as

13 ( 15 )

 Prosjekt: Stål  
 Utført av: Hervold  
 Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

 Dato: 2004-02-19  
 Signatur: ch  
 Firmanavn: **NOIS as**
**Kombinasjon: LK1**

**HE 700 B**

$A_e = 30640 \text{ E-6 m}^2$        $Z_z = 8320 \text{ E-6 m}^3$        $Z_y = 1440 \text{ E-6 m}^3$   
 $W_z = 7340 \text{ E-6 m}^3$        $W_y = 963 \text{ E-6 m}^3$        $K_v = 8.33 \text{ E-6 m}^4$        $K_w = 16100 \text{ E-9 m}^6$   
 $I_z = 256900 \text{ E-8 m}^4$        $I_y = 14440 \text{ E-8 m}^4$

**Tverrsnittsklasse**

Flenser ==&gt; Tverrsnittsklasse 1      Liv ==&gt; Tverrsnittsklasse 1

**Kapasitet Element: 3**

Momentkapasitet (Vipping)		Normalkraftskapasitet	Skjærkraftskapasitet
$x_1(m) - x_2(m)$	$M_{ed} \text{ (kNm)}$ / $\bar{\lambda}_{L1} M_{ed} \text{ (kNm)}$	$N_{k,y} \text{ (m)}$ / $\bar{\lambda}_y = 0.705$	$a(m)$ / $\omega_y V_{yd} \text{ (kN)}$
0.00 - 5.00	4334.60 / 0.93 1460.75	$N_{k,yd} \text{ (kN)} = 4614.90$	0.00 - 10.36 / 0.600 1467.78
5.00 - 10.36	5463.21 / 0.96 1498.84	$N_{k,z} \text{ (m)} = 10.358$ / $\bar{\lambda}_z = 0.958$	
		$N_{k,zd} \text{ (kN)} = 6269.13$	

**Kontroll Element: 3**

Dimensjonering: Elastisk, 1 ordens teori

Spenningskontroll

 $N/N_{ed} + M_y/M_{ed} = 313.9/6545.8 + 774.4/1568.1 = 0.54 < 1$ 

Knekking om y-y akse med vipping

 $(N/N_{k,yd}) + (M_y/M_{ed}) * k_{LT} / \bar{\lambda}_{L1} = (313.9/4614.9) + (774.4/1568.1) * 0.99 / 0.93 = 0.59 < 1$ 

Knekking om z-z akse

 $N/N_{k,zd} + k_{zz}(M_z/M_{ed}) = (313.9/6269.1) + 0.98(774.4/1568.1) = 0.54 < 1$ 

Skjær

 $V_y/V_{yd} = 267.2/1467.8 = 0.18 < 1$ 

Spenningskontroll 2 (Jevnføringsspenning)

 $((N/N_{ed} + M_y/M_{ed})^2 + (V_y/V_{yd})^2)^{1/2} = ((313.9/6545.8 + 774.4/1568.1)^2 + (267.2/1467.8)^2)^{1/2} = 0.57 < 1$ 
**Materiale - S235**
 $F_{yd} = 213.64 \text{ MPa}$        $F_{ud} = 327.27 \text{ MPa}$        $E_d = 210000.00 \text{ MPa}$        $G_d = 80000.00 \text{ MPa}$

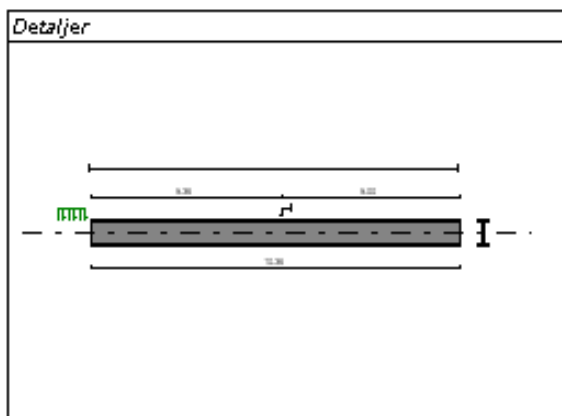
Rammeberegning 4.39

14 ( 15 )

Prosjekt: Stål  
Utført av: Hervold  
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra

Dato: 2004-02-19  
Signatur: ch  
Firmanavn: **NOIS as**

### Element: 4 HE 700 B / S235



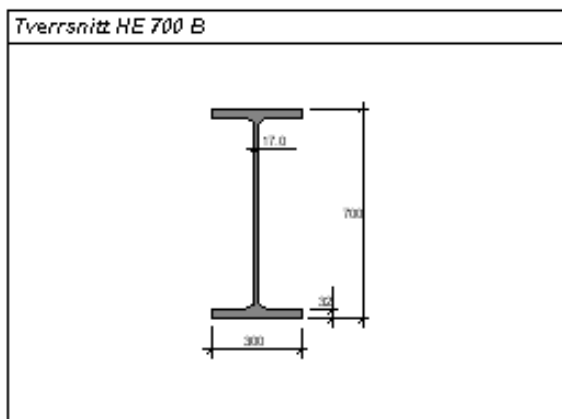
#### Detaljer

Endeforhold	Hengslet	Hengslet	Lastangreps høyde	Overkant
Sideavstivninger	savnes	Underkant iflg. figur	Overkant	Knekk lengde 0.00 m

#### Attributt

Gamma m = 1.10 Ingen reduksjon av E-modul

### Kombinasjon: LK1



#### HE 700 B

$A_e = 30640 \text{ E-6 m}^2$   $Z_x = 8320 \text{ E-6 m}^3$   $Z_y = 1440 \text{ E-6 m}^3$   
 $W_x = 7340 \text{ E-6 m}^3$   $W_y = 963 \text{ E-6 m}^3$   $K_v = 8.33 \text{ E-6 m}^4$   $K_w = 16100 \text{ E-9 m}^6$   
 $I_x = 256900 \text{ E-8 m}^4$   $I_y = 14440 \text{ E-8 m}^4$

#### Tverrsnittsklasse

Flenser ==> Tverrsnittsklasse 1 Liv ==> Tverrsnittsklasse 1

Rammeberegning 4.39  
 GBCdata as

15 ( 15 )

Prosjekt: Stål	Dato: 2004-02-19
Utført av: Hervold	Signatur: ch
Prosjektfil: C:\Eksempel Stål.fra	Firmanavn: <b>NOIS as</b>

**Kapasitet Element: 4**

Momentkapasitet (Vipping)		Normalkraftskapasitet	Skjærkraftskapasitet
$x_1(m)$ - $x_2(m)$	$M_{cr} (kNm)$ $\chi_{LT}$ $M_{Ed} (kNm)$	$L_{ky} (m)$ $\chi_y = 0.705$	$a(m)$ $\omega_v$ $V_{yEd} (kN)$
0.00 - 5.36	5462.06 0.96 1498.81	$N_{kyEd} (kN) = 4613.68$	0.00 - 10.36 0.600 1467.78
5.36 - 10.36	4334.60 0.93 1460.75	$L_{kz} (m) = 10.358$ $\chi_z = 0.958$	
		$N_{kzEd} (kN) = 6269.13$	

**Kontroll Element: 4**

Dimensjonering: Elastisk, 1 ordens teori

Spenningskontroll

$$N/N_{kyEd} + M_y/M_{Ed} = 313.9/4613.7 + 774.4/1568.1 = 0.54 < 1$$

Knekkning om y-y akse med vipping

$$(N/N_{kyEd}) + (M_y/M_{Ed}) * k_{LT} / \chi_{LT} = (313.9/4613.7) + (774.4/1568.1) * 0.99 / 0.93 = 0.59 < 1$$

Knekkning om z-z akse

$$N/N_{kzEd} + k_z(M_y/M_{Ed}) = (313.9/6269.1) + 0.98(774.4/1568.1) = 0.54 < 1$$

Skjær

$$V_y/V_{yEd} = 267.2/1467.8 = 0.18 < 1$$

Spenningskontroll 2 (Jevnføringsspenning)

$$((N/N_{kyEd} + M_y/M_{Ed})^2 + (V_y/V_{yEd})^2)^{1/2} = ((313.9/4613.7 + 774.4/1568.1)^2 + (267.2/1467.8)^2)^{1/2} = 0.57 < 1$$

**Materiale - S235**
 $F_{yEd} = 213.64 \text{ MPa}$ 
 $F_{uEd} = 327.27 \text{ MPa}$ 
 $E_d = 210000.00 \text{ MPa}$ 
 $G_d = 80000.00 \text{ MPa}$

# 7 Henvisninger

## Referanser

- 1) Statik und Stabilität der baukonstruktion, Kristian Petersen
- 2) Dimensionering enligt BSK. K. Lundin, Stålbyggnadsinstitutet, 1990
- 3) G-PROG Ramme Statikk, Brukerveiledning
- 4) STÅLKONSTRUKSJONER - Profiler og formler, TAPIR
- 5) Dimensjonering av stålkonstruksjoner, TAPIR
- 6) NS 3472, 3 utg. september 2001

# 8 Ordforklaringer

## **Valgte elementer**

Elementer som skal dimensjoneres. (Markert med blått innrammet elementnummer)

## **Aktivt element**

Aktivt element for dimensjonering. (Markert med blått innrammet skravert elementnummer)

## **Tverrsnittsklasse**

Begrepet tverrsnittsklasse brukes i NS 3472 pkt. 12.1 til å klassifisere tverrsnittsdeler.

# 9 Indeks

## A

Aktivt element 14–17, 15, 16

## B

Begrensninger 1  
Beregne 13, 21  
Beregning 13  
Beregning av ( og vippemoment 27  
Beregning av vippe- og knekk lengder 29

## D

deformasjonsvalg 13  
Deformasjonsvalg 13  
Detaljer 12, 13  
Dialogbokser 1, 7  
Dimensjonering 1, 7–8, 48, 49

## E

Eksempler 33  
Element 8  
Endeavstivning 21  
Endeavstivninger 10  
Endeforhold 9, 21, 27

## F

Farvevalg 21  
Fil 8, 22

## G

Grafisk arbeidsområde 19

## H

Hjelp 18

## I

Ikke avstivet bjelke 27  
Inndata i Dimensjoneringsmodus 8

Inndata i Geometrimodus 8  
Introduksjon 1

## K

Kapasitet 14–17, 15, 22  
Knekk lengde 21  
Kombinasjon 9  
Kontroll 14–17, 16, 21

## L

Lastangrepshøyde 12  
Lastkombinasjoner 14, 21–22

## M

Markering 16  
Materialdata 23  
Materiale 7, 14  
Menyer 8  
Metoder 21  
Momenttype **Error! Not a valid bookmark in entry on page 27**  
Mus 9

## N

NS 3472 1, 7, 16, 27

## P

Programoppbygning 7

## R

Resultat 14

## S

Sideavstivning 10, 11  
Skriv ut 22  
Skrive ut resultater 22  
Spenningskontroll 23, 25  
Standardavhengig 7, 21  
Standarder 7, 21  
Statisk analyse 7

## T

Teori 7  
Tverravstivning 11, 15  
Tverrsnittsverdier 14  
Tverrsnittsverdier 14

## U

Utføre dimensjonering 21  
Utføre statisk analyse 21  
Utnyttelsesgrad 14–17, 22  
Utnyttelsesgrad farver 17

Utnyttelsesgrad tabell 17  
Utskriftsvalg 22

**V**

Valg 18  
Valgte elementer 17  
Velg kombinasjon 9  
Vindu 18  
Vis 8