Athena

DIMENSION

Plan ramme 3,

Eksempler

November 2007

Indhold

1	Eks	empel 1: Stålramme i halkonstruktion	3
	1.1	Introduktion	. 3
	1.2	Opsætning	. 3
	1.3	Knuder og stænger	. 5
	1.4	Understøtninger	. 6
	1.5	Charnier	. 9
	1.6	Laster	. 9
	1.7	Lastkombinationer	16
	1.8	Tværsnit	17
	1.9	Beregning af deformationer	21
	1.10	Beregning af snitkræfter	24
	1.11	Udskrift	26
2	Eks	empel 2: 3-charniers ramme med udfligede tværsnit	27
	2.1	Introduktion	27
	2.2	Opsætning	27
	2.3	Knuder og stænger	28
	2.4	Understøtninger	28
	2.5	Charnier	28
	2.6	Snelast	28
	2.7	Lastkombination	29
	2.8	Tværsnit	29
	2.9	Beregning af deformation	31
3	Eks	empel 3: Bæreevneeftervisning af træramme	33
	3.1	Introduktion	33
	3.2	Opsætning	34
	3.3	Knuder og stænger	34
	3.4	Understøtninger	35
	3.5	Laster	36
	3.6	Lastkombinationer	40
	3.7	Tværsnit	41
	3.8	Brand	43
	3.9	Beregning af konstruktionen	44
	3.10	Ændring af tværsnit	45
	3.11	Ny beregning af konstruktionen	46

	3.12	Udskrift	48
4	Eks	empel 4: Bæreevneeftervisning af eksempel 1	50
	4.1	Introduktion	50
	4.2	Opstart	50
	4.3	Søjlevirkning	50
	4.4	Undersøgelse af bæreevne	52
	4.5	Nyt tværsnit til diagonaler	52
	4.6	Undersøgelse af bæreevne	52
	4.7	Undersøgelse af bæreevne, idet søjlevirkningen bestemmes vha. den kritiske	
	søjlekr	aft	54
	4.8	Brand	55
	4.9	Udskrift	56
5	Eks	empel 5: Bæreevneeftervisning af betonbjælke	57
	5.1	Introduktion	57
	5.2	Opsætning	58
	5.3	Knuder og stænger	58
	5.4	Understøtninger	60
	5.5	Laster	60
	5.6	Lastkombinationer	65
	5.7	Tværsnit	66
	5.8	Brand	69
	5.9	Beregning af konstruktionen	70
	5.10	Andring at tværsnit	72
	5.11	Ny beregning at konstruktionen	75
	5.12	Plastisk beregning at konstruktion	76
~	5.13	Udskrift	/8
0	EKS a ctadi	emper 6: Beregning al simper understøttet bjærke med forankringslængde	00
U	6 1	Enguer	80
	6.1 6.2	Ansætning	80
	6.3	Knuder og stænger	81
	0.5 6 4	Understøtninger	81
	6.5	I aster	82
	6.6	Lastkombinationer	83
	67	Tværsnit og vederlagslængde	83
	6.8	Beregning af konstruktionen	88

1 Eksempel 1: Stålramme i halkonstruktion

1.1 Introduktion

En stålramme i en halkonstruktion ønskes beregnet. Rammen beregnes efter DS 409 (2.1). Rammen er påvirket af følgende karakteristiske belastninger:

- Egenlast af profiler.
- Egenlast af tagkonstruktion, 2,5 kN/m.
- Egenlast af facade, 1,5 kN/m.
- Snelast.
- Vindlast.
- Kranlast, som kan være placeret over hele hallens bredde 0 $\leq x \leq$ 12540 mm, 170 kN.



Figur 1: Stålramme i eksempel.

Hallens længde er 50 m, og der er en ramme pr. 5 m. Hallen henføres til normal sikkerhedsklasse og normal kontrolklasse. Terrænklassen er II.

Der vælges profiler, så den lodrette 2. ordens deformation fra kranlasten alene er max. 25 mm. Desuden bestemmes 1. ordens snitkræfter i bjælkefod ved maksimal nedadrettet last.

1.2 Opsætning

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det ikke nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på 🛄. Nederste venstre hjørne sættes i (0, 0) og øverste højre hjørne sættes i (12540, 5240), se figur 2.

Nederste venstre hj	jørne:-
X: 0 r	nm I yderpunkte
Y:]0 r	nm <u>A</u> nnuller
Øverste højre hjørne	e: <u>Hj</u> ælp
y. 5240	000

Figur 2: Sæt størrelse af tegnefladen.

Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan tegnefladen formindskes ved at trykke på

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på 🖾. I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.

Gem sagen ved at trykke på 🗐. Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives Eksempel og gemmes, se figur 3.

Gem som		? ×
Ge <u>m</u> i:	Data Denne computer 3.5"-diskette (A:) Ms-dos_6 (C:) Just Ramme3 Data Disk1part02 (D:) (E:)	
, Fil <u>n</u> avn: Filtype:	Eksempel Ramme 3 (*.rm3)	<u>G</u> em Annuller

Figur 3: Gem filen vha. filhåndteringen.

1.3 Knuder og stænger

Tryk på E. Når der peges på tegnefladen med musen, vises koordinater i bunden af skærmen. Peg i nærheden af nederste venstre hjørne (0, 0), og tryk venstre museknap ned. Hold museknappen nede, mens der tegnes en stang seks gridfelter mod højre, til i nærheden af (3000, 0). Slip museknappen og stangen oprettes. Tegn en tilsvarende stang fra (0, 500) til (3000, 500). Disse to stænger udgør bjælkens hoved og fod.

Tegn efterfølgende vertikaler og diagonaler:

- Fra (0, 500) til (500, 0)
- Fra (500, 0) til (500, 500)
- Fra (500, 500) til (1000, 0)
- Fra (1000, 0) til (1000, 500)
- Fra (1000, 500) til (1500, 0)
- Fra (1500, 0) til (1500, 500)
- Fra (1500, 0) til (2000, 500)
- Fra (2000, 500) til (2000, 0)
- Fra (2000, 0) til (2500, 500)
- Fra (2500, 500) til (2500, 0)
- Fra (2500, 0) til (3000, 500).

Nu er bjælken tegnet, se figur 4, og skal herefter strækkes og placeres korrekt. For eksemplets skyld benyttes forskellige funktioner til dette. Tryk på \square . Peg på knude 2, og tryk venstre museknap ned. Hold museknappen nede mens knuden flyttes et gridfelt op til (0, 1000). Flyt knude 14 tilsvarende fra (3000, 500) til (3000, 1000). Bjælkehøjden er nu 1000 mm. Tryk på \square . Tryk på knuderne 1, 2, 13 og 14 med venstre museknap, og knuderne vises med rødt. Tryk herefter på \square . Knuderne flyttes 0 mm i *X* - retning og 4240 mm i *Y* - retning. Vælg **OK** og bjælken er flyttet til den korrekte højde.

Dobbeltklik med venstre museknap på knude 13. Der åbnes et vindue hvor knudens *X*-koordinat kan ændres fra 3000 til 12540. Ved tryk på OK i vinduet, flyttes knuden på tegnefladen. Nu er der ændret på knudens numre pga. den automatiske

knudenummerering fra venstre mod højre. Den knude der tidligere havde nummer 14, har nu nummer 9. Dobbeltklik på knude nummer 9, og ændr *X*-koordinaten fra 3000 til 12540.



Figur 4: Optegnet bjælke.

Slå grid fra ved at trykke på III.

Start oversigt for oprettelse af knuder ved at trykke på 📩. Skriv koordinatsættet (0, 0) i indtastningsfelterne, og opret knuden ved at trykke på 🚬. Opret tilsvarende en knude med koordinatsættet (12540, 0). Luk oversigten.

Tryk på 🦾. Peg på knude 1, hold venstre musetast nede mens der trækkes en stang til knude 3. Tegn tilsvarende en stang fra knude 16 til knude 14. Knuderne 2 og 15 hægtes automatisk på de nye stænger. Konstruktionen er nu optegnet, se figur 5.

Gem sagen ved at trykke på 国.

1.4 Understøtninger

Tryk på 🔄. Dobbeltklik med musen på knude 1, og der åbnes et vindue med knudens data. Under understøtningsforhold afkrydses felter for fastholdt i *X*-retning og *Y*-retning,



Figur 5: Optegnet konstruktion.

se figur 6. Vinduet lukkes med **OK**. Tilsvarende sættes understøtningsforhold for knude 14. Her afkrydses feltet for fastholdt i Y-retning.

ude	
Koordinater: X: 0 Y: 0	m Fastholdt i x-retning m fastholdt i y-retning m fastholdt mod drejning
Laster:	Nr.: Gruppe: Last:
	Opret /Endre Slet

Figur 6: Valg af understøtningsforhold for knude 1.

1.5 Charnier

Højreklik med musen på konstruktionen og vælg punktet Vælg alle stænger. Alle stænger vises nu med rødt. Klik med musen på søjler (1-3 og 16-14) og på bjælkehoved (3-16), så disse stænger fravælges. Tryk på og afkryds for charnier i begge ender. Godkend valg med **OK**.

Tryk **ESC**. Klik med musen på knude 3 og knude 16 så de tegnes røde. Tryk på Sin afkryds for charnier og godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu som vist på figur 7.



Figur 7: Optegnet konstruktion med understøtninger og charnier.

Gem sagen ved at trykke på

1.6 Laster

Der benyttes automatisk naturlastgenerering for opstilling af sne- og vindlast. Kranlast undersøges for lasten placeret midt på bjælken og for lasten placeret 5/12 af bjælkelængden fra facaden (svarende til mellem to vertikaler).

1.6.1 Lastgrupper

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på 🗐. Der skal oprettes en lastgruppe til egenlast og to lastgrupper til nyttelast fra kran. En lastgruppe svarer til et lasttilfælde, hvor alle lasterne i gruppen altid virker samtidigt og med ens partialkoefficienter. Egenlasten af profiler, tagkonstruktion og facader tilknyttes én lastgruppe, idet de altid virker samtidigt og med samme partialkoefficient. De to forskellige placeringer af kranlasten oprettes derimod i forskellige lastgrupper, idet lasten ikke virker i begge placeringer samtidigt.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Første lastgruppe der oprettes er for egenlast. Følgende data defineres, se figur 8:

- Benævnelse: G.
- Lastart: Permanent last.
- Der afkrydses i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

astgruppe:	_					
Beskrivelse:						
Lastart						
 Permanent last Vindlast Øvrige naturlaste 	er		C Nyi C Uly	ttelast Ikkeslast		
Permanent last:						
– Tyngde, Gk: 0,25 * Gk:	1	2.1	2.2	2.3 0,9 1	3.1	3.3
🔽 Inkludérege	nlast					

Figur 8: Data for lastgruppe for egenlast.

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med OK.

Opret desuden følgende 2 lastgrupper for kranlast fra oversigten:

- 1. Benævnelse: *K1*. Beskrivelse: *Kranlast placeret midt på bjælkebjælke*. Lastart: *Nyttelast*.
- 2. Benævnelse: *K2.* Beskrivelse: *Kranlast placeret i 5/12-delspunkt.* Lastart: *Nyttelast.*

Luk lastgruppeoversigten. Lastgrupper for sne og vind oprettes automatisk af naturlastgeneratoren.

1.6.2 Egenlast af tagkonstruktion og facader

Tryk på **D**. Dobbeltklik med venstre musetast på bjælkens hoved (stangen fra knude 3 til knude 16) og et vindue med stangens data åbnes. Tryk på **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for tagkonstruktionen indlæses, se figur 9:

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 2,5 kN/m.
- p2: 2,5 kN/m.
- Lastgruppe: G.

Godkend lasten med OK og luk vinduet med stangens data med OK. Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Tryk **ESC** for at fravælge valgte knuder. Markér de to facader (fra knude 1 til knude 3 og fra knude 16 til knude 14) så de vises med rødt. Tryk på **2**. Heri indlæses last for facader:

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 1,5 kN/m.
- p2: 1,5 kN/m.
- Lastgruppe: G.

Godkend lasten med OK.

Lastnr.: 1	C Punktlast
P1	Linielast: C X - projektion på element (X) G Y - projektion på element (Y) C X - vertikal projektion (V) C Y - horisontal projektion (H) C Vinkelret på element (R) C Aksialt langs element (A)
Størrelse: p1: 2.5 kN/m p2: 2.5 kN/m	Relativ placering: x1: 0 x2: 0
Lastgruppe: G, Permanent last	

Figur 9: Egenlast for tagkonstruktion.

1.6.3 Kranlast

Kranlaster oprettes på bjælkens fod. Dobbeltklik på stangen fra knude 2 til knude 15. På denne stang oprettes kranlasten med to placeringer, ved at oprette to laster med **Opret**.

Kranlast på bjælkens midte, se figur 10:

- Lasttype: Punktlast Y-retning (Y).
- P : 170 kN.
- x1:0,5.
- Lastgruppe: K1.

Godkend lasten med **OK**.

Tilsvarende oprettes kranlast placeret i 5/12-delspunkt:

- Lasttype: Punktlast Y-retning (Y).
- P : 170 kN.
- x1: 0,4167.
- Lastgruppe: K2.

Lastnr.: 1	C Linielast
	Punktlast
	Punktlast
,	C X-retning (X)
P	Y-retning (Y)
1	🖉 🔿 Vinkelret på element (R)
li ř	C Aksialt langs element (A)
■ <u>*</u> ×1	C Moment (M)
Størrelse:	Relativ placering:
P: 170 kN	x1: 0.5
Lastgruppe:	
K1. Nuttelast	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
1	

Figur 10: Kranlast på bjælkens midte.

Godkend lasten med OK.

Luk vinduet med stangdata med OK.

Gem sagen ved at trykke på 📕.

1.6.4 Naturlastfaktorer

Naturlasterne oprettes ved først at sætte en række faktorer. Tryk på 12. Følgende faktorer ændres, se figur 11:

- Terrænkategori: II.
- Fra gavl til last start: 2500 mm.
- Fra gavl til last slut: 7500 mm.
- Længde: 50000 mm.

Bredde og højde hentes fra konstruktionen. For snelast kopieres lastbredden automatisk. Godkend data med **OK**.

Arstidsfaktor, c ² / _{5rc} 1	Geometri:
Basisvindhastighed 24 m/s	Fra gavl til last start: 2500 mm
Terrænkategori:	Fra gavl til last slut: 7500 mm
C I - Fladt, ved hav, sø eller fjord	Længde, t: 50000 mm
C II - Landbrugsland	Manuelt inddateret b og h
C III - Forstad, industri.	Bredde, b: 12540 mm
C IIII - Byområde	Højde, h: 5240 mm
Formfaktorer for indvendig last: Overtryk, c _p , 0,7 Undertryk, c _{pi} 0,5	

Figur 11: Naturlastfaktorer for vind.

Der undersøges her en ramme, der er placeret 5000 mm fra gavlen. Hvis der senere skal undersøges en anden ramme, ændres afstande fra gavl til lasten, og alle naturlastfaktorer opdateres automatisk.

1.6.5 Naturlastgenerering

Naturlasttilfælde opstilles ved at trykke på \textcircled Som tagkonstruktion vælges *Pulttag/Fladt* tag. Der regnes i denne sag med vind på både facader og tagkonstruktion, så der sættes kryds foran *TV*, *FV* og *FH*. Ved at trykke på Udpeg kan stænger udpeges med musen.

- For venstre facade *FV* udpeges stangen fra knude 1 til knude 3.
- For tagflade *TV* udpeges stangen fra knude 3 til knude 16.
- For højre facade *FH* udpeges stangen fra knude 16 til knude 14.

Der afkrydses hvilke vindlast- og snelasttilfælde der skal oprettes. I denne sag oprettes et tilfælde med sne og et med vind. Følgende afkrydses:

- Vind: 0[°] Tryk + undertryk (max. tryk på tagkonstruktion + max. indvendig undertryk), se figur 12.
- Sne: Arrangement (i) (max. snelast på hele tagkonstruktionen).



Figur 12: Vindlasttilfælde.

Godkend valg ved tryk på **OK**. Herved vises der i lastgruppeoversigten, hvilke lasttilfælde der er oprettet, se figur 13. Oversigten lukkes.

۹Ľ.	Benævn.	Туре	Beskrivelse	<u>O</u> pret
	G	Permanent last		
2	K1	Nyttelast	Kranlast placeret midt på bjælke	ALIndre
3	K2	Nyttelast	Kranlast placeret i 5/12-delspunkt	Slet
1	WOOT	Vindlast	Vindlast fra 0°, Tryk på tag + indv. undertryk	
5	S1	Øvr. naturlaster	Snelast, arrangement (i)	

Figur 13: Lastgruppeoversigt.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. Hvis tabeller er tændt med III, kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper**. Ved at markere en lastgruppe i tabellen, vises de tilknyttede laster på tegnefladen, se f.eks. den genererede vindlast i figur 14. Hvis lasterne fylder for meget på tegnefladen, kan de formindskes med SI.

Plan ramme 3 - [C:\Just\Ramme3\Data\Eksempel]	
Eiler Opsætning Oversigt Naturlast Redigér Zoom Beregning Hjælp	X
▶ 🗈 🙆 🛒 🤗 🔐 ↔ 🖧 🖕 ↔ 🥍 🌾 🖾 ×	
	Knuder Stænger Lastgrupper Tværsnit Nr. Benævn. Type 1 G Permanent last 2 K1 Nyttelast 3 K2 Nyttelast 4 W00T Vindlast 5 S1 Øvr. naturlaster
	X: 12502, Y: 2846

Figur 14: Visning af vindlast på tegnefladen.

Vælg faneblad Knuder i tabellen, for igen at se stænger og knuder.

1.7 Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at trykke på \square . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke. For at undersøge hvor meget konstruktionen deformerer sig ved de forskellige variable laster, trykkes **Opret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her kan vælges lastgrupper, der indgår i lastkombinationen. For at opstille en lastkombination, der beregner hvor meget konstruktionen deformerer sig pga. kranlasten placeret midt på bjælken, markeres *K1*, og der trykkes \square , se figur 15. Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen

LAK 1.0: 1,0 · *K1*.

Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles.

LAK:1. 0 💌 Nr.: 1	
Lastorupper i LAK:	Lastorupper:
1 * K1	G K2 VW00T S1

Figur 15: Lastkombination i anvendelse.

For brud, er det interessant at se på lastgrupperne sammensat i lastkombinationer. Vælg faneblad for **Brud** og tryk **Opret**. I LAK 2.1 indregnes alle laster, dog skal kranlasten kun medregnes i én position. Den af de variable laster der vælges først, får den høje partialkoefficient, mens de øvrige multipliceres med $1,0 \cdot \psi$. Først markeres *G*, og inkluderes i lastkombinationen med \checkmark . Derefter inkluderes *K1*, og som den første variable last tilknyttes den koefficienten 1,3. Snelast og vindlast vælges sidst, og følgende lastkombination er opstillet:

LAK 2.1:
$$1,0 \cdot G + 1,3 \cdot K1 + 0,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot W 00T$$
.

Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles.

For at sammenligne med anden placering af kranlast opstilles:

LAK 2.1: $1,0 \cdot G + 1,3 \cdot K^2 + 0,5 \cdot S^1 + 0,5 \cdot W 00T$.

Ved at vælge snelasten før kranlasten, kan følgende kombination opstilles:

LAK 2.1: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot K1 + 0,5 \cdot W 00T$.

Med ovenstående fire kombinationer, lukkes oversigten over lastkombinationer. Gem sagen ved at trykke på 🔜.

1.8 Tværsnit

Stængerne opdeles i 3 grupper, som hver har et tværsnit tilknyttet:

- Søjler/Hoved/Fod HE 200 B
- Vertikaler Rekt. rør 80 × 40 × 5,0 mm
- Diagonaler Ø30

Åbn tværsnitsoversigten ved at trykke på 🔊. Tryk **Opret** for at oprette et nyt tværsnit for *Søjler/Hoved/Fod* med følgende data:

- Beskrivelse: *Søjler/Hoved/Fod.*
- Type: Stål.
- Valg af tværsnit: Fra tværsnitstabel.
- Sikkerhedsklasse: Normal.
- Kontrolklasse: Normal.
- Orientering: Udbøjning om den stærke akse.
- Ved tryk på kan udpeges HE 200 B som valset I-profil fra profiltabellen. Tryk på Vælg profil, og der returneres til tværsnitsdefinitionen, se figur 16.
- Betegnelse: S235.

værsnit				-		
Nummer: 1 Beskrivelse: Søjler/Hov	ved/Fod		Geometri Gruppe:	Vis profil Valsede I-pr	rofiler	
Type: OTræ ⊙Stå	l 0,	Andet	ID: A ·	HE 200 B	10 ^{.3} mm ²	
Valg af tværsnit: C Brugerdefineret C Import fra 'Tværsnit 2' Fra tværsnitstabel	Sikkerhed: C Lav © Normal C Høj	Kontrol: C Skærpet C Normal	l : Udfligning: a1: [a2: [56,96	10 ⁶ mm ⁴	⊒ , [≭] a2*h
Orientering af tværsnit. udb. om stærk akse udb. om svag akse			x1: x2: For bæreev	D vneeftervisning:	×1 *1	×2
Robusthed: Faktor 1,2 på materialep	artialkoefficienter	i brud og ulykke	Betegn	else: S235		<u>H</u> jælp

Figur 16: Definition af tværsnit for Søjler/Hoved/Fod.

Godkend tværsnittet med **OK** og et nyt kan oprettes.

Opret et nyt tværsnit for Vertikaler med følgende data:

- Beskrivelse: Vertikaler.
- Type: Stål.
- Valg af tværsnit: Fra tværsnitstabel.
- Sikkerhedsklasse: Normal.
- Kontrolklasse: Normal.
- Orientering: Udbøjning om den stærke akse.
- Ved tryk på kan udpeges et firkantet rørprofil: 80×40×5,0 mm som varmvalset rektangulært rør fra profiltabellen. Vælg profil, og der returneres til tværsnitsdefinitionen.
- Betegnelse: S275. (For firkantede rørprofiler er S275 standard).

For *Diagonaler* oprettes et nyt tværsnit med følgende data:

- Beskrivelse: *Diagonaler*.
- Type: Stål.
- Valg af tværsnit: Fra tværsnitstabel.
- Sikkerhedsklasse: Normal.
- Kontrolklasse: Normal.
- Orientering: Udbøjning om den stærke akse.
- Ved tryk på kan udpeges et massivt cirkulært rørprofil af dimensionen Ø30 fra profiltabellen. Vælg profil, og der returneres til tværsnitsdefinitionen.
- Betegnelse: S235.

Når ovenstående tre tværsnit er oprettet, kan oversigten lukkes. Stængerne skal herefter opdeles i de tre grupper.

Tryk først **ESC** for at fravælge valgte stænger og knuder. Markér søjler (1-3 og 16-14), hoved (3-16) og fod (2-15) så de tegnes med rødt. Tryk på værsnitsgruppen *Søjler/Hoved/Fod* kan vælges. Tryk **ESC**. Markér de fem vertikaler (4-5, 6-7, 8-9, 11-10 og 13-12), tryk diknyt tværsnit *Vertikaler*.

Tryk ESC. Markér de seks diagonaler (3-4, 5-6, 7-8, 8-11, 10-13 og 12-16), tryk og tilknyt tværsnit *Diagonaler*.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stængernes inertimomenter på skærmen. Et passende størrelsesforhold kan sættes ved tryk på 🛃 eller 🕄. Det tværsnit der er valgt i tabellen, vises med rød kontur på tegnefladen, se figur 17.



Figur 17: Visning af tværsnit.

Tryk F10. Alternativt kan faneblad **3D** vælges i tabellen og der trykkes herefter på *3D*. Herefter optegnes en 3D tegning af konstruktionen, se figur 17A. Konstruktionen kan der roteres med musen og flyttes vandret og lodret med musen. Der kan zoomes med F5 og F6. Der kan desuden flyttes ind og ud vinkelret på skærmen med F2 og F3.



Figur 17A: Visning af tværsnit i 3D

Billedet med 3D konstruktionen lukkes ved tryk på

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder.

Gem sagen ved at trykke på 폐

1.9 Beregning af deformationer

Nu kan sagen beregnes. Der kan vælges om beregningen skal foretages 1. eller 2. orden. I anvendelse er det interessant at se på deformationer med 2. ordens tillæg.

Tryk på knap for 2. ordens beregning . Der foretages et datatjek for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter snitkraftkurver, deformationer og reaktioner beregnes for denne kombination. Vælg *Deformationer* og markér den første lastkombination $1 \cdot K1$. På skærmen vises nu den deformerede konstruktion, se figur 18.



Figur 18: Beregnede deformationer for anvendelseslastkombination.

På oversigten kan deformationerne ses, men uden værdier. For kranlasten er det interessant at få vist en værdi midt på bjælken, hvor lasten angriber. Vælg funktion for indsæt punkt . Peg med musen på bjælkens fod, på den udeformerede konstruktion vist i baggrunden, og tryk på venstre museknap. En oversigt vises, hvor der kan markeres værdier, som skal indsættes på oversigtstegninger. Tryk på knappen **Snitoversigt** i nederste venstre hjørne, og vælg **Opret**.

Et punkt oprettes, se figur 19:

- Beskrivelse: Deformation fra kran.
- Relativ placering: 0,5.

Beskrivelse:	Deformation fra kran	
Relativ placering:		0,5
<u>O</u> K	Annuller	<u>H</u> jælp

Figur 19: Oprettelse af punkt.

Tryk **OK** og der oprettes et punkt midt på bjælken i lastkombination $1 \cdot K1$.

Luk snitoversigten, og i listen med viste snit på oversigten er der nu nederst tilføjet *Deformation fra kran*, se figur 20. Sæt kryds foran denne, og der kan nu i højre side afkrydses, hvilke oversigter punktet skal vises på. Sæt kryds ved *Deformationsoversigt*. Luk vinduet.

Kræfter/Deformationer	C Barroavna
Max. trækkraft Max. trykkraft Max. positiv tværkraft Max. negativ tværkraft Max. negativ trærkraft Max. negativ moment Max. negativ x-flytning Max. negativ y-flytning Max. negativ y-flytning Max. negativ y-flytning Max. negativ y-flytning	Vises på: Normalkraftoversigt Tværkraftoversigt Momentoversigt Deformationsoversigt

Figur 20: Viste snit på oversigt.

Alternativt kan punktet også beregnes ved afkrydsning af Max. negativ y-flytning.

På oversigten vises nu en værdi for deformationen, hvor kranlasten angriber. Deformationen overskrider de tilladte 25 mm, se figur 21. Et af de tre tværsnit skal derfor forøges. Luk resultatvinduet.

I tabellen i højre side af skærmen vælges faneblad **Tværsnit**. Der vælges, at tværsnittet for *Søjler/Hoved/Fod* skal forøges. Markér dette i tabellen med et museklik og tryk **Enter**.



Figur 21: Deformation midt på fod.

Et vindue med tværsnittet åbnes. Tryk på og stålprofiltabellen åbnes. I tabellen markeres et valset I-profil - HE 220 B, og vinduet lukkes ved at trykke **Vælg profil**. Tværsnittet godkendes med **OK**, og søjler, hoved og fod har nu fået et større inertimoment.

En ny 2. ordens beregning udføres med \square . Ved at vælge deformationer for lastkombination 1 · *K1* ses, at deformationen nu er reduceret til de tilladte 25 mm.

Luk resultatvinduet.

Gem sagen ved at trykke på 国.

1.10 Beregning af snitkræfter

Der skal nu findes 1. ordens snitkræfter i bjælkefoden for den maksimale nedadrettede last.

Udfør en 1. ordens beregning med III. Nu åbnes resultatvinduet. For at se snitkræfter i en bestemt stang skal i være valgt. Markér den første brudkombination (LAK 2.1:

 $1 \cdot G + 1, 3 \cdot K1 + 0, 5 \cdot S1 + 0, 5 \cdot W007$). Klik på bjælkefoden med musen. Et vindue åbnes, hvor snitkræfter vises for stangen i den valgte kombination. I tabellen under kurverne er det maksimale moment angivet med +M for x = 0,5, se figur 22.



Figur 22: 1. ordens resultater for bjælkefod.

Luk vinduet med snitkræfter for stangen. Markér den næste brudkombination (LAK 2.1: $1 \cdot G + 1, 3 \cdot K2 + 0, 5 \cdot S1 + 0, 5 \cdot W007$). Klik igen på bjælkefoden med musen. Det maksimale moment opstår igen hvor kranen angriber. Sammenlignet med de andre kombinationer ses det, at der i denne lastkombination opstår både maksimal træk, forskydning og moment. Luk vinduet med snitkræfter for stangen.

Tryk på Markér brudkombinationen med de maksimale snitkræfter (LAK 2.1: $1 \cdot G + 1, 3 \cdot K2 + 0, 5 \cdot S1 + 0, 5 \cdot W007$). Klik på bjælkefoden med musen, for at få skrevet de maksimale snitkræfter på oversigten. Sæt kryds i *Max. positivt moment*. Afkryds at punktet skal vises på *Normalkraftoversigt*, *Tværkraftoversigt* og *Momentoversigt*. Luk vinduet.

For denne lastkombination er der nu indsat værdier i det punkt, hvor det maksimale moment forekommer. Hvis kurverne er for store eller små til oversigten, kan størrelsen sættes med 🕮 eller 🕰.

1.11 Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent trykkes på \textcircled . Vælg faneblad **Brud**. Heri afkrydses den midterste lastkombination (LAK 2.1: $1 \cdot G + 1,3 \cdot K2 + 0,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot W00T$). Afkryds under grafiske oversigter *Normalkraftkurve*, *Tværkraftkurve* og *Momentkurve*. Under *Sideopsætning* vælges *3 oversigter pr. side*, se figur 23. Herved sikres, at alle tre oversigter udskrives på samme side.

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
nddata Anvendelse Brud	Ulykke Stål
Lastkombinationer:	
✓ 1 × G + 1,3 × K2 + 0,5 × S1	+ 0,5 * W00T Indstil printer
L 1 "G + 1,5 " 51 + 0,5 " KI	±0,5 ° ₩001 <u>V</u> is udskrift
Momentkurve Re Datalister: E-Moduler Lis	saktioner på snitkraftoversigter ster med snitkræfter og def.
Sideopsætning:	
C Èn oversigt pr. side	
C To oversigter pr. side	
Tre oversigter pr. side	

Figur 23: Definition af udskrift.

Tryk *Sidehoved og -fod.* Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der endnu ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives på standardprinteren, kan en anden vælges ved at trykke på *Indstil printer*. Tryk *Udskriv*.

2 Eksempel 2: 3-charniers ramme med udfligede tværsnit

2.1 Introduktion

En 3-charniers ramme med udfligede tværsnit undersøges i dette eksempel for deformationer fra snelast. Rammen beregnes efter DS 409 (2.1).



Figur 24: 3-charniers ramme i eksempel.

Udfligning foretages på halvdelen af hvert element. Der benyttes IPE 300 til alle stænger, hvori der indsættes ekstra krop, så højden på profilet øges fra 300 til 600 mm langs udfligningen.

Rammer er placeret pr. 8 m. Hallen henføres til normal sikkerhedsklasse og normal kontrolklasse.

2.2 Opsætning

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det ikke nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på II. Nederste venstre hjørne sættes i (0, 0) og øverste højre hjørne sættes i (11400, 5100). Godkend med OK, og tegnefladens målsætning ændres.

Maskestørrelsen ændres ved at trykke på 🖾, og sættes til 300 for begge akser. Gem sagen ved at trykke på 🖬.

Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives Udfligning og gemmes.

2.3 Knuder og stænger

Alle stænger og knuder tegnes i grid. For at kunne knytte samme tværsnit til alle stænger, er det nødvendigt at tegne alle stænger med startpunkt i rammehjørne. Tryk på . Når der peges på tegnefladen med musen, vises koordinater i bunden af skærmen. Peg i nærheden af nederste venstre rammehjørnes placering (0, 3600), og tryk venstre museknap ned. Hold museknappen nede, mens der trækkes en stang til (0, 0). Slip museknappen og stangen oprettes. Tegn tilsvarende følgende tre stænger:

- Fra (0, 3600) til (5700, 5100)
- Fra (11400, 3600) til (5700, 5100)
- Fra (11400, 3600) til (11400, 0).

2.4 Understøtninger

Tryk på $\boxed{\mathbf{N}}$. Klik med musen på knude 1 og knude 4, så de vises med rødt. Tryk på $\stackrel{\text{de}}{=}$, og angiv at de to knuder skal fastholdes i *X*-retning og i *Y*-retning. Godkend med **OK**, og understøtningerne vises på tegnefladen.

2.5 Charnier

Dobbeltklik med musen på knude 3. Der kan nu angives, at knuden udgør et charnier. Godkend med **OK**. Konstruktionen er nu defineret som vist på figur 25.

2.6 Snelast

Der benyttes automatisk lastgenerering for opstilling af snelast.

Tryk på ਈ. Vælg faneblad **Sne**. Her angives afstand fra gavl til last start på 4000 mm og en afstand fra gavl til last slut på 12000 mm. Godkend med **OK**.

Snelasttilfældet opstilles ved tryk på E. Som tagkonstruktion vælges *Sadeltag*. Der sættes kun last på tagflader, så der markeres foran *TV* og *TH* for venstre og højre tagflade. Ved at trykke på **Udpeg**, kan stænger udpeges med musen. For venstre tagflade udpeges stang fra knude 2 til knude 3. For højre tagflade udpeges stang fra knude 5 til knude 3. Vælg faneblad med **Snelast**. *Arrangement (i)* markeres. Godkend valg med **OK**. Nu vises i lastgruppeoversigten, at snelasten er oprettet. Luk lastgruppeoversigten.



Figur 25: Defineret konstruktion.

Hvis tabeller er tændt med III, kan der i højre side af skærmen vælges tabel med lastgrupper, og snelasten vises på tegnefladen.

2.7 Lastkombination

Snelasten kan indsættes i en anvendelseskombination ved tryk på . Vælg at oprette en lastkombination ved at vælge fanebladet **Anvendelse** og trykke **Opret**. Markér snelasten *S1*, og inkludér den i lastkombinationen med . Nu er følgende lastkombination opstillet:

LAK 1.0: 1,0 · *S1.*

Godkend kombinationen med **OK**, og luk oversigten.

2.8 Tværsnit

Til alle stængerne tilknyttes det samme tværsnit. Tryk på 🕅, og opret et nyt tværsnit med følgende data:

- Beskrivelse: Ramme
- Type: Stål
- Valg af tværsnit: Fra tværsnitstabel
- Sikkerhedsklasse: Normal
- Kontrolklasse: Normal
- Orientering: Udbøjning om den stærke akse.
- Betegnelse: S235.

Ved tryk på kan udpeges IPE 300 som valset I-profil fra tabellen. Tryk på **Vælg profil**, og der returneres til tværsnitsdefinitionen. For udfligning angives følgende parametre:

- *a*1:2
- a₂: 1
- *x*₁: 0
- *x*₂: 0,5

Med ovenstående data er der defineret et profil, hvor højden i startpunktet er 600 mm. Herfra udfliges profilet, så det fra på midten og på resten af profilet er 300 mm. Tværsnitsdefinitionen er vist i figur 26.

Nummer: I' Beskrivelse: Ramme			Gruppe:	Valsede I-	profiler	
Type: OTræ ⊙Stå	il O	Andet	ID: A :	IPE 300 5,382	10 ³ mm²	
Valg af tværsnit: C Brugerdefineret C Import fra 'Tværsnit 2' Fra tværsnitstabel	Sikkerhed: C Lav C Normal C Høj	Kontrol: C Skærpet Normal	l : Udfligning: a1: a2:	83,57	10 ⁶ mm ⁴	ža2×h
Orientering af tværsnit: udb. om stærk akse udb. om svag akse			x1: x2: For bereev			x2 [*]
Robusthed:	<u>.</u>		For bæreev Betegni	neeftervisning else: S23	5 💌	

Figur 26: Tværsnitsdefinition.

Godkend tværsnit med OK, og luk oversigten.

Tryk på 🔄. Der klikkes på alle stænger, så de vises med rødt. For at tilknytte tværsnit, trykkes på 🔟, og i listen med tværsnit vælges profilet. Godkend valget med **OK**.

Hvis tabeller er tændt med \square , kan der i højre side af skærmen vælges *tabel med tværsnit*, og profilernes inertimomenter optegnes på tegnefladen, se figur 27. En passende størrelse kan sættes med \square eller \square .



Figur 27: Visning af tværsnit.

Gem sagen med 📕.

2.9 Beregning af deformation

Tryk på **1** for 2. ordens beregning, og resultatvinduet åbnes.

Øverst til venstre kan der vælges, at deformationer vises. En passende størrelse kan sættes med 🗟 eller 🕰.

På oversigten kan deformationerne ses, men uden værdier. Det er her interessant at få vist deformation i kip. Vælg M. Peg med musen på den ene tagflade, på den

udeformerede konstruktion vist i baggrunden, og tryk på venstre museknap. En oversigt vises, hvor der kan markeres værdier, som skal indsættes på oversigtstegninger. Tryk på knappen for snitoversigt i nederste venstre hjørne, og vælg **Opret**.

Et punkt oprettes som:

- Beskrivelse: *Kip*.
- Relativ placering: 1.

Tryk **OK** og der oprettes et punkt på enden af stangen.

Luk snitoversigten, og i listen med viste snit på oversigten er der nu nederst tilføjet Kip. Sæt kryds foran denne, og der kan nu i højre side afkrydses, hvilke oversigter punktet skal vises på. Sæt kryds foran *Deformationsoversigt*. Luk vinduet.

På oversigten vises nu en værdi for deformationen i kip, se figur 28.



Figur 28: Deformation i kip.

3 Eksempel 3: Bæreevneeftervisning af træramme

3.1 Introduktion

Der opstilles en træramme med en søjle og en drager. Trærammen beregnes efter DS 409 (2.1). Drageren er udfliget over hele dens længde, mens søjlen er udfliget ca. over den øverste halvdel. Der regnes med tilnærmede centerlinier, så søjlen kan defineres som én stang. Der placeres rammer pr. 5 meter i en 30 meter lang konstruktion. Der regnes på en ramme midt i konstruktionen.



Figur 29: Træramme i eksempel.

Rammen skal kunne optage følgende belastninger:

- Egenlast.
- Last fra tagkonstruktion, 5,1 kN/m.
- Last fra facade, 2,25 kN/m.
- Snelast.
- Vindlast mod facaden med maksimal nedadrettet last på tagfladen. Formfaktoren for indvendigt undertryk sættes til c = -0,25. Terrænklassen er II.

Der findes forslag til dimensioner i træklasse L30, så følgende overholdes:

- 1. Den lodrette deformation i drageren fra snelast må maksimalt være 1/400 af dragerens længde.
- 2. Ingen brud i rammen.
- 3. Skal kunne regnes som BD30.

3.2 Opsætning

Plan ramme startes op med modulet Trækonstruktioner 3 tilknyttet ved at vælge *Med bæreevneeftervisning af træ* under opstart.

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det ikke nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Slå grid fra ved at trykke på III. Gem sagen med III. Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelTrae** og gemmes.

3.3 Knuder og stænger

Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på 📩. Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på 🚬.

- (0, 0)
- (7800, 2400)
- (0, 4300)

Luk oversigten.

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på 🛄. Tryk på knappen I yderpunkter, hvorved øverste højre hjørne sættes til (7800, 4300). Godkend med **OK**.

Vælg 🖾 så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknap ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2. Træk tilsvarende en stang fra knude 2 til knude 3.

Tryk **b** for at kunne vælge stænger. Dobbeltklik med musen stangen fra knude 1 til knude2. Indtast søjlevirkning, idet der vælges søjlevirkning i plan vha. knæklængde, idet knæklængden sættes til 1,4, som vist i figur 30.

Tilsvarende gøres for stangen mellem knude 2 og knude 3 idet knæklængden sættes til 0,8.

De angivne værdier for knæklængden er kun medtaget for illustrationens skyld, idet de korrekte knæklængder ikke er beregnet/vurderet.

Gem sag med 🖳

ang	
Fra knude nr.: 1 Til knude nr.: 2	Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: O Ikke I plan vha. knæklængde O I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde
 Charnier i venstre ende Charnier i højre ende 	Knæklængde i plan: 1.4 Knæklængde vinkelret på plan: 1
Laster på stang	2 Nr.: Gruppe: Last: 1 G p1=2,25kN/m, p2=2,25kN/m, x1=0 x2=0 2 W00T p1=3,15kN/m, p2=3,15kN/m, x1=0 x2=0
	Opret Ændre Slet
Tværsnit: Træ - Søjle - 140x600	Anvendelsesklasse (for træ):
	<u> </u>

Figur 30: Søjlevirkning for søjle.

3.4 Understøtninger

Tryk if for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 1 og knude 3, så de markeres med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuderne fastholdes i *x*- og i *y*-retning. Godkend med **OK**. Konstruktionen er nu defineret som vist i figur 31.

Gem sag med 国.

Plan ramme 3 - [C:\Just\Ramme3\Data\EksempelTrae]	
Eiler Opsætning Oversigt Naturlast Bedigér Zoom Bæreevne Beregning Hjælp	_ <u>_</u> _ <u>_</u> _
🗅 🖙 🖬 🚑 🖵 책 🖽 🏢 🍳 🍳 Զ 🔗 💕 🖺 📴 🧇	
▶ 🗈 🖻 🎞 📍 🖷 🕅 🌧 🖨 ∔ 🗠 🥍 🥢 🖾 🗙	
	Knuder Stænger Lastgrupper Tværsnit
<u>(.</u>	Nr. X[mm] Y[mm] x y d C
and the second s	2 0 4300 · · · ·
and the second se	0 1000 2100 1 1
a second s	
- And	
	<u> </u>
	X: 7056, Y: 2140

Figur 31: Defineret konstruktion.

3.5 Laster

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på 🔟. Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: G.
- Lastart: *Permanent last*.
- Der afkrydses i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**. Luk lastgruppeoversigten.

Der benyttes automatisk naturlastgenerering for opstilling af sne- og vindlast. Lastgrupper for sne og vind oprettes derved automatisk af naturlastgeneratoren.

Tryk på **b** for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 2 til knude 3, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.
Laster for tagkonstruktionen indlæses:

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 5,1 kN/m.
- p2: 5,1 kN/m.
- Lastgruppe: G.

Godkend lasten med **OK** og luk vinduet med stangens data med **OK**. Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Dobbeltklik på søjlen, og lasten fra facaden kan oprettes tilsvarende:

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 2,25 kN/m.
- p2: 2,25 kN/m.
- Lastgruppe: G.

Godkend lasten med OK og luk vinduet med stangens data med OK. Gem sag med 🔜.

Hvis tabeller er tændt med III, kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper**. Lasterne defineret i lastgruppe *G* vises på tegnefladen, se figur 32.

Vælg faneblad **Knuder** i højre side af skærmen. Naturlasterne oprettes ved først at sætte en række faktorer med **1**. Følgende faktorer ændres på fanebladet **Vind**, se figur 33:

- Terrænkategori: II.
- Formfaktor for indvendigt undertryk: -0,25.
- Fra gavl til last start: 12500 mm.
- Fra gavl til last slut: 17500 mm.
- Længde: 30000 mm.

Bredde og højde hentes fra konstruktionen. Godkend data med **OK**.

Hvilke tilfælde der skal opstilles, vælges under E. Som tagkonstruktion vælges *Pulttag/fladt tag.* Der regnes i denne sag med vind på både facade og tagkonstruktion, så der sættes kryds foran *TV* og *FV*. Ved at klikke på **Udpeg** kan stænger udpeges med musen.

Plan ramme 3 - [C:\Uust\Ramme3\Data\EksempelTrae]	
Eiler Opsætning Oversigt Naturlast Bedigér Zoom Bæreevne Beregning Hjælp	-B×
🗅 🖙 🖬 🎒 🎵 詳 註 🏢 🍳 🔍 📯 🔗 👹 🖫 🚱	
▶ D @ 耳 ? # ~ ☆ ₽ ↓ ~ % / / / / ∅ ×	
	Knuder Stænger Lästgrupper Tværsnit Nr. Benævn. Type 1 G Permanent last
+ ereplast for hele konstruktionen	
+ egenlast for hele konstruktionen	
	A. 0304, 1. 204

Figur 32: Visning af egenlast.

Vind Sne	
Faktorer: Årstidsfaktor, c ² / _{års} 1 Basisvindhastighed 24 m/s Terrænkategori: C I - Fladt, ved hav, sø eller fjord C II - Landbrugsland C III - Forstad, industri. C IIII - Byområde Formfaktorer for indvendig last:	Geometri: Fra gavl til last start: 12500 mm Fra gavl til last slut: 17500 mm Længde, I: 30000 mm Manuelt inddateret b og h Bredde, b: 7800 mm Højde, h: 4300 mm
Overtryk, c _{pi} 0,7 Undertryk, c _{pi} 0,25	

Figur 33: Naturlastfaktorer for vind.

- For venstre facade FV udpeges stangen fra knude 1 til knude 2.
- For tagflade *TV* udpeges stangen fra knude 2 til knude 3.

Der afkrydses hvilke vindlast- og snelasttilfælde der skal oprettes. I denne sag oprettes et tilfælde med sne og et med vind. Følgende afkrydses:

- Vind: 0° Tryk + undertryk (max. tryk på tagkonstruktion + max. indvendigt undertryk).
- Sne: Arrangement (i) (max. snelast på hele tagkonstruktionen).

Godkend valg ved tryk på **OK**. Herved vises lastgruppeoversigten, hvor lastgrupperne *W*00*T* og *S1* er tilføjet. Oversigten lukkes.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. I højre side af skærmen vælges faneblad **Lastgrupper**. Ved at markere en lastgruppe i tabellen, vises de tilknyttede laster på tegnefladen. På figur 34 og 35 ses de automatisk genererede vind- og snelaster.



Figur 34: Automatisk genereret vindlast.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder.

🌈 Plan ramme 3 - [C:\Just\Ramme3\Data\EksempelTrae]	
🕒 Filer Opsætning Oversigt Naturlast Redigér Zoom Bæreevne Beregning Hjælp	_ 뭔 ×
🗅 🛥 🗉 🖨 🖾 🖽 🌐 🔍 🍳 🔍 🔗 🎯 🖪 📴 🧇	
★ ━ 🖻 🗑 🖫 🕈 # ☆ 🌧 🖨 🖕 ⊷ 🦅 🖉 🗙	
	Knuder Stænger Lastgrupper Tværsnit
	Nr. Benævn. Type
	1 G Permanent last
	2 W00T Vindlast
	3 51 Øvr. naturlaster
and the second se	

Figur 35: Automatisk genereret snelast.

3.6 Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke. For at undersøge deformation fra snelast, trykkes **Opret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her kan vælges lastgrupper, der indgår i lastkombinationen. *S1* markeres, og der trykkes **C** at undersøge der trykkes trykk

LAK 1.0: 1,0 · *S1*.

Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. For brud, er det interessant at se på lastgrupperne sammensat i lastkombinationer. Vælg faneblad **Brud** og tryk **Opret**. Den af de variable laster der vælges først, får den høje partialkoefficient, mens de øvrige multipliceres med ψ . Først markeres *G*, og inkluderes i lastkombinationen med \checkmark . Derefter inkluderes *S1*, og som den første variable last tilknyttes koefficienten 1,5. Som sidste lastgruppe tilføjes *W*00*T*.

LAK 2.1: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot W00T$.

Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. Vælg faneblad **Ulykke** og opret følgende kombination:

LAK 3.3: $1,0 \cdot G + 0,25 \cdot W00T$.

Med ovenstående tre kombinationer, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med 国.

3.7 Tværsnit

Åbn tværsnitsoversigten med 🔟. Opret et nyt tværsnit for søjlen med følgende data:

- Beskrivelse: Søjle.
- Type: Træ.
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*.
- Sikkerhedsklasse: Normal.
- Kontrolklasse: Normal.
- Systemfaktor: 1,0.
- Træklasse: L30.
- Orientering: Udbøjning om den stærke akse.
- Ved tryk på kan limtræsprofilet 140x500 vælges fra profiltabellen. Markér det ønskede profil, og tryk **Vælg profil**, hvorved der returneres til tværsnitsdefinitionen.
- Udfligning: a1 = 0.5, a2 = 1, x1 = 0.6, x2 = 0.
- Udfliget på *underside*.

Herved oprettes et tværsnit med højden 300 mm over 60% af længden, hvorefter det udfliges til en højde på 500 mm, se figur 36. Godkend tværsnittet med **OK**.

Opret tilsvarende et nyt tværsnit for drageren med følgende data:

- Beskrivelse: Drager.
- Type: *Træ*.
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*.
- Sikkerhedsklasse: Normal.
- Kontrolklasse: Normal.
- Systemfaktor: 1,0.
- Træklasse: L30.
- Orientering: Udbøjning om den stærke akse.
- Ved tryk på kan limtræsprofilet 140x500 vælges fra profiltabellen. Markér det ønskede profil, og tryk Vælg profil, hvorved der returneres til tværsnitsdefinitionen.

T YGET STITL	X
Nummer: 1 Beskrivelse: Søjle Type: Søjle Træ Stål Valg af tværsnit: Lav Import fra 'T værsnit 2' Normal Fra tværsnitstabel Høj Orientering af tværsnit: Træklasse: udb. om stærk akse L30 Systemfaktor: 1.00	Geometri Vis profil Gruppe: Rekt. limtræ ID: 140x500 A: 70,00 10^3 mm^2 I: 1458 10^6 mm^4 Udfligning: a1: 0.5 a2: 1 11^2 mm^2 x1: 0.6 x_2^+ v2: 0 11^2 mm^2 Udfliget på: 0^{-1} mm^2 Overside Underside Stangen kan kun optage træk- og trykkræfter Stangen kan kun optage trækkræfter

Figur 36: Tværsnitsdefinition for søjle.

- Udfligning: $a_1 = 1$, $a_2 = 0.5$, $x_1 = 0$, $x_2 = 0$.
- Udfliget på *underside*.

Godkend tværsnittet med **OK** og luk tværsnitsoversigten.

Dobbeltklik med venstre musetast på søjlen, så oversigten over søjlens data åbnes. Tværsnittet sættes til *Søjle*. Luk oversigten med **OK**.

Sæt tilsvarende tværsnittet for drageren til Drager.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stængernes inertimomenter på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen, vises med rød kontur på tegnefladen, se figur 37.

Tryk F10. Alternativt kan faneblad **3D** vælges i tabellen og der trykkes herefter på *3D*. Herefter optegnes en 3D tegning af konstruktionen, se figur 37A. Konstruktionen kan roteres med musen og flyttes vandret og lodret med pilene. Der kan zoomes med F5 og F6. Der kan desuden flyttes ind og ud vinkelret på skærmen med F2 og F3.







Figur 37A: Visning af tværsnit i 3D

Billedet med 3D konstruktionen lukkes ved tryk på 🔀

Vælg faneblad Knuder i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med 📕

3.8 Brand

Brandvarigheden i brandkombinationen sættes med **S**. Sæt varigheden til 30 minutter. Det vælges ikke at reducere tværsnit i snitkraft- og deformationsberegning. Godkend med **OK**.

3.9 Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på is for 2. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater beregnes for denne kombination. Vælg *Kræfter/deformationer* og *Deformationer* og markér den første anvendelseskombination 1.0. På skærmen vises nu den deformerede konstruktion med deformationer, men uden værdier. Vælg funktion for indsæt punkt *Meller*. Peg med musen på drageren, på den udeformerede konstruktion som er vist stiplet, og tryk på venstre museknap. En oversigt vises, hvor der kan markeres værdier, som skal indsættes på oversigtstegninger. Vælg *Max. negativ y-flytning* og *Vises på deformationsoversigt*. Når oversigten lukkes, indsættes den maksimale *y*-flytning på 19 mm på oversigten, se figur 38. Der accepteres en deformation på 8028/400 = 20 mm, så flytningerne er acceptable.

For at undersøge brudkombinationen vælges *Udnyttelse træ* samt lastkombination 2.1. Udnyttelse for træk, tryk og forskydning samt søjlevirkning vises som oversigter, hvor konstruktionen er farvet grøn eller gul, hvis udnyttelsen er mindre end 100 %, eller rød, hvis der er brud.



Figur 38: Deformation af konstruktionen for anvendelseslastkombination.

For træk og tryk samt søjlevirkning ses det, at der opstår brud i konstruktionen. Vælg sog klik med venstre musetast på drageren. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen for drageren, se figur 38. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. træk er 110,2 %, udnyttelsen mht. tryk er 109,0 % og udnyttelsen mht. søjlevirkning er 110,2 %. Luk vinduet.

Vælg lastkombination 3.3, og det ses, at der her ikke opstår brud i søjlen fra træk- og trykspændinger, forskydningsspændinger samt søjlevirkning, se figur 40.

Luk resultatvinduet.

3.10 Ændring af tværsnit

For at øge styrken af konstruktionen, ændres udfligningen af søjlen, så der nu udfliges over 85% af søjlens længde, og der herved fås et stærkere rammehjørne.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Klik med musen på tværsnit nummer 1, og tryk herefter på **Return**. Nu åbnes et vindue med data for tværsnittet. Ændr udfligningsparameteren x_1 fra 0,6 til 0,15, og godkend ændringen med **OK**.



Figur 39: Udnyttelse af drageren for brudlastkombination.

Gem sag med 📕.

3.11 Ny beregning af konstruktionen

Tryk på 📴 for en ny 2. ordens beregning.

Udnyttelse træ vælges, og det ses nu, at der ikke længere opstår brud i konstruktionen. Hverken lastkombination 2.1 eller lastkombination 3.3 giver en rød markering af stængerne, hverken i træk, tryk eller forskydning.

For at sætte resultater på oversigten vælges M.



Figur 40: Udnyttelseskurver for brandlastkombination.

Vælg lastkombination 2.1, klik på drageren med venstre musetast og et vindue åbnes. Som resultat vælges *Bæreevne træ* og *Max. Udnyttelse* afkrydses. Det vælges, at resultater skal vises for træk, tryk og forskydning samt søjlevirkning, se figur 41. Luk vinduet.

Nu er de maksimale udnyttelser sat på drageren for lastkombination 2.1. Figur 42 viser den maksimale trækudnyttelse i lastkombination 2.1 for drageren.

Resultat:	
C Kræfter/Deformationer	 Vises for: ✓ Trækspændinger ✓ Trykspændinger ✓ Forskydning ✓ Søjlevirkning

Figur 41: Indsættelse af snit i drageren for lastkombination 2.1.

💋 Resultat for 2.orde	ns beregning		
5 QQQQ	8		
Oversigt:	Udnyttelse træ:	LAK Laster	
C Kræfter/deformationer	Trækspændinger Trukspænding	1.0 1*S1 21 1*C 15*C1.05*W/00T	
		3.3 1 * G + 0,25 * W00T	
 Udnyttelse 	C Søjlevirkning		
► 50% 80% 100 2 1	0%	0,9876 3	

Figur 42: Udnyttelseskurve for trækspændinger for lastkombination 2.1.

3.12 Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent, vælges 🕌. Vælg faneblad **Anvendelse** og afkryds lastkombinationen samt *Deformationer* under *Grafiske oversigter*. Vælg faneblad

Træ og afkryds *Max. udnyttelser* i undersøgte tværsnit. Herved opstilles en oversigt med de største udnyttelser i konstruktionen i brud og brand.

Tryk **Sidehoved og -fod**. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives på standardprinteren, kan en anden vælges med Indstil printer. Tryk Udskriv.

4 Eksempel 4: Bæreevneeftervisning af eksempel 1

4.1 Introduktion

Sagen fra *Eksempel 1* ønskes nu bæreevneeftervist for 2. ordens snitkræfter. Ved opstart af Plan ramme 3 vælges derfor at køre programmet med *bæreevneeftervisning af stål*.

4.2 Opstart

Åbn Eksempel 1 med Z. Sagen er gemt som **Eksempel.rm3**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet <u>Filer.G</u>em som. Sagen navngives EksempelStaal.rm3.

4.3 Søjlevirkning

Tryk if for at kunne vælge stænger. Dobbeltklik med musen stangen fra knude 3 til knude 16. Indtast søjlevirkning, idet der vælges søjlevirkning i plan vha. knæklængde, idet knæklængden sættes til 0,5 og det maksimale slankhedsforhold sættes til 200, som vist i figur 43.

Luk vinduet.

Klik med musen på alle stængerne med undtagelse af stangen fra knude 3 til knude 16, så de markeres med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Søjlevirkning** fra funktionslisten. Indtast søjlevirkning, idet der vælges søjlevirkning i plan vha. knæklængde, idet knæklængden sættes til 1,0 og det maksimale slankhedsforhold sættes til 200, som vist i figur 44.

Luk vinduet.

De angivne værdier for knæklængden er kun medtaget for illustrationens skyld, idet de korrekte knæklængder ikke er beregnet/vurderet.

Gem sag med 🖳

Stang	×
Fra knude nr.: 3 Til knude nr.: 16 Charnier i venstre ende	Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: © I kke © I plan vha. knæklængde © I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde Knæklængde i plan: 0,5 Max. slankhedsforhold (for stål): 200
Laster på stang	Nr.: Gruppe: Last: 1 G p1=2,5kN/m, p2=2,5kN/m, x1=0 x2=0 2 W00T p1=1,761kN/m, p2=1,761kN/m, x1=0 x2=0,9164 3 W00T p1=1,761kN/m, p2=1,761kN/m, x1=0,0836 x2=0,5821 4 W00T p1=2,466kN/m, p2=2,466kN/m, x1=0,4179 x2=0 5 S1 p1=3.6kN/m. p2=3.6kN/m. x1=0 x2=0
Tværsnit: Stål - Søjler/Hoved/Fod - H	Opret Ændre Slet E 220 B Image: Single state sta
	<u> </u>

Figur 43: Søjlevirkning for Hoved.

Sølievirkning undersøges:	
C Ikke	
I plan vha, knæklængde	
C I plan/vinkelret på plan vha.	knæklængde
1	-
Knæklængde i plan:	Knæklængde vinkelret på plan:
	200
May slapkbedsforbold (for stål):	
Max. slankhedsforhold (for stål):	

Figur 44: Søjlevirkning for øvrige stænger.

4.4 Undersøgelse af bæreevne

Udfør en 2. ordens beregning med **D**.

Udnyttelsen i konstruktionen vises ved valg af *Udnyttelse* under *Oversigt* og *Udnyttelse stål*. Udnyttelsen og søjlevirkningen vises som oversigter, hvor konstruktionen er farvet grøn eller gul, hvis udnyttelsen eller søjlevirkningen er mindre end 100%, eller rød, hvis der er brud.

I anvendelseskombinationer undersøges der for foldning i tværsnittet. Det ses, at der ikke opstår foldning i LAK 1.0, idet hele konstruktionen er farvet grøn. I alle tre brudkombinationer farves de diagonale trækstænger røde, dvs. der er benyttet et tværsnit med et for lille areal.

4.5 Nyt tværsnit til diagonaler

Luk resultatvinduet. I tabellen i højre side af skærmen vælges faneblad **Tværsnit**. Tværsnittet for Diagonaler ønskes forøget. Markér dette i tabellen med et museklik og tryk **Enter**. Et vindue med tværsnittet åbnes. Tryk på sog stålprofiltabellen åbnes. I tabellen vælges i stedet et svært gevindrør, Ø125, og vinduet lukkes ved at trykke **Vælg profil**. Tværsnittet godkendes med **OK**, og diagonaler har nu fået en større styrke.

4.6 Undersøgelse af bæreevne

Udfør en ny 2. ordens beregning med **D**.

Ved at bladre igennem brudkombinationer for udnyttelse ses det, at i ingen af brudkombinationerne farves konstruktionen rød. Den største udnyttelse findes hvor kranlasten angriber bjælkens fod i lastkombination 2.1: $1,0 \cdot G + 1,3 \cdot K2 + 0,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot W00T$. Ved at klikke på stangen, åbnes et vindue, hvor udnyttelserne er opstillede. Her ses det, at bjælkens fod er udnyttet 98%. Luk vinduet.

Ved at vælge kan resultatet indsættes på oversigten. Der klikkes med musen på bjælkens fod og et vindue åbnes. Som resultat vælges *Bæreevne*, og *Max. udnyttelse* samt tværsnitsudnyttelse afvinges. Luk vinduet, og resultat vises på oversigten, se figur 45.

Ved at bladre igennem brudkombinationer for søjlevirkning ses det tilsvarende, at i ingen af brudkombinationerne farves konstruktionen rød. Den største søjlevirkning findes hvor på midten af bjælkens hoved i lastkombination 2.1: $1,0 \cdot G + 1,3 \cdot K1 + 0,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot W00T$. Ved at klikke på stangen, åbnes et vindue, hvor udnyttelserne er opstillede. Her ses det, at bjælkens hoved for søjlevirkning er udnyttet 91%. Luk vinduet.

Ved at vælge kan resultatet indsættes på oversigten. Der klikkes med musen på bjælkens hoved og et vindue åbnes. Som resultat vælges *Bæreevne*, og *Max. udnyttelse* samt *søjlevirkning* afvinges. Luk vinduet, og resultat vises på oversigten, se figur 46.



Figur 45: Udnyttelseskurve med maksimal udnyttelse af bjælkefod.



Figur 46: Søjlevirkningskurve med maksimal søjlevirkning af bjælkehoved.

4.7 Undersøgelse af bæreevne, idet søjlevirkningen bestemmes vha. den kritiske søjlekraft

Såfremt søjlevirkningen ønskes bestemt vha. den kritisk søjlekraft, foretages i stedet en 2. ordens beregning med bestemmelse af den kritiske søjlekraft for alle stængerne.

Dette gøres ved at trykke på 🏼 til højre for 🔩

Denne beregning tager meget lang tid og foreslås først gennemført når konstruktionen er rimelig optimeret.

Metoden for bestemmelse af den kritiske søjlekraft er beskrevet i brugermanualen, afsnit 14 og kan betrages som en rimelig god tilnærmelse for enkeltstående søjle, mens det for rammer og sammensatte stænger kun er tale om en tilnærmet metode.

Ved at bladre igennem brudkombinationer for søjlevirkning ses, at i ingen af brudkombinationerne farves konstruktionen rød. Det ses at søjlevirkningen på midten af bjælkens hoved i lastkombination 2.1: $1,0 \cdot G + 1,3 \cdot K1 + 0,5 \cdot S1 + 0,5 \cdot W00T$ nu er udnyttet 72 % (se figur 47) i stedet for de 91 % ved den tidligere beregning.



Figur 47: Søjlevirkningskurve bestemt vha. kritisk søjlekraft med maksimal søjlevirkning af bjælkehoved.

4.8 Brand

Luk resultatvinduet.

Konstruktionen kan undersøges for opstillede brandkombinationer. Vælg \square for opstilling af en brandkombination. Vælg faneblad for **Ulykke**, og tryk på **Opret**. Opstil en LAK 3.3 med 1,0·*G*+0,5·*K2*+0,5·*S1*+0,25·*W*00*T*. Godkend kombinationen og luk oversigten.

Brandpåvirkning sættes med 🖾. Brandtiden vælges til 30 minutter, og der afvinges at *E*-modulet skal reduceres i snitkraft- og deformationsberegning. Foreløbig knyttes der ikke isoleringer til konstruktionen, og vinduet lukkes. Udfør en ny 2. ordens beregning med 🔽.

Bæreevnen er langt fra i orden i brandkombinationen, se figur 48. Herfra er der to muligheder. Enten skal dimensionerne øges eller der skal brandisoleres.

Resultat for 2.ordens 1	beregning		- O ×
5 QQQQ &	8		
Oversigt:	Udnyttelse stål:	LAK Laster	
C Kræfter/deformationer	C Tværsnitsklasse	2.1 1 * G + 1,3 * K2 + 0,5 * S1 + 0,5 * W00T	
		2.1 1 * G + 1,5 * S1 + 0,5 * K1 + 0,5 * W00T	
Udnyttelse	C	3.3 1 ° G + 0,5 ° K2 + 0,5 ° S1 + 0,25 ° W001	•
		I	
60% 80% 100	%		
3	5 7	9 11 13	16
2		8 10 12	15
	*	0 10 12	
		11	
		14	

Figur 48: Udnyttelse af tværsnit i brandkombinationen.

Med kan der vælges imellem forskellige brandisoleringstyper. Hvis den ønskede brandisoleringstype ikke findes i programmet, kan der i det medfølgende konfigurationsprogram indlæses flere isoleringer.

I dette eksempel er der ikke undersøgt hvilke typer, der kan give en tilstrækkelige isolering.

4.9 Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent, vælges 🕮.

Vælg faneblad **Brud** og afving den midterste lastkombination.

Vælg faneblad **Stål** og afving *Udnyttelser* under *Grafiske oversigter*. Herved opstilles en oversigt med de største udnyttelser i konstruktionen i den valgte brudkombination.

Tryk **Sidehoved og -fod**. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der endnu ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives standardprinteren, kan en anden vælges med **Indstil printer**. Tryk **Udskriv**.

5 Eksempel 5: Bæreevneeftervisning af betonbjælke

5.1 Introduktion

Der opstilles en 10 meter lang in situ støbt betonbjælke, som er indspændt i den ene ende. Betonbjælken er simpel understøttet 2,5, 5, 8 og 10 meter fra den indspændte ende. Betonbjælken beregnes efter DS 409 (2.1).

Der placeres bjælker pr. 5 meter i en 30 meter lang konstruktion. Der regnes på en bjælke midt i konstruktionen.



Figur 49: Betonbjælke i eksempel.

Bjælken skal kunne optage følgende belastninger:

- Egenlast.
- Last fra tagkonstruktion, 50 kN/m, som regnes bunden og som langtidslast.
- Nyttelast 50 kN/m, hvoraf halvdelen regnes bunden. Nyttelasten regnes som korttidslast.
- Ulykkeslast på 50 kN i den fri ende.
- Snelast, som regnes bunden og som korttidslast.
- Vindlast med maksimal nedadrettet last på tagfladen. Formfaktoren for indvendigt undertryk sættes til c = -0,25. Terrænklassen er II.

Der findes forslag til dimensioner for en armeret betonbjælke med en karakteristisk styrke på 25 MPa i normal sikkerhedsklasse, normal kontrolklasse og i moderat miljøklasse.

- 1. Den lodrette langtidsdeformation af bjælken må maksimalt være 5 mm.
- 2. Den lodrette korttidsdeformation af bjælken må maksimalt være 5 mm.
- 3. Den maksimale revnevidde må maksimalt være 0,4 mm, jf. de vejledende værdier i DS 411 Tabel V 6.3.3.

- 4. Ingen brud i bjælken i brud og ulykke.
- 5. Ingen brud i bjælke i brand på alle sider af bjælken, hvor der regnes med BS60.
- 6. Bjælken beregnes kun elastisk, idet programmet ikke kan regne plastisk.

5.2 Opsætning

Plan ramme startes op med modulet Betonkonstruktioner 5 eller Kontinuerlige Betonbjælker 5 tilknyttet ved at vælge *Med bæreevneeftervisning af beton* eller *Kontinuerlig Betonbjælke* under opstart.

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det ikke nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Grid skal være slået til. Hvis de er slået fra, kan de slås til ved at trykke på 🖽.

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på 🛄. Nederste venstre hjørne sættes i (0, -1000) og øverste højre hjørne sættes i (10000, 1000).

Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan tegnefladen formindskes ved at trykke på

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på 🖾. I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Gem sagen med **I**. Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelBeton** og gemmes.

5.3 Knuder og stænger

Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på 1. Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på

- (0, 0)
- (10000, 0)

Luk oversigten.

Vælg 🖾 så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknap ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2.

Tryk for at kunne vælge stænger. Klik med musen på stangen fra knude 1 til knude 2, så denne bliver rød. Herefter vælges Indsæt knuder/flydeled enten ved trykke på eller ved at højre klikke med musen og vælge Indsæt Knuder/flydeled. Herefter vælges at indsætte knuder jævnt fordelt med i alt 3 stk. Der vælges samtidig at indsætte et flydeled for en evt. senere plastisk beregning. Se figur 50. Godkend med **OK**

Antal knuder: 3	 Fordeles jævnt 	
Antal knuder: 3	Belativ afstand andives	
Antal knuder: 3		
	Antal knuder: 3	

Figur 50: Indsæt jævnt fordelte knuder.

Nu er der indsat 3 knuder med en placering 2,5, 5 og 7,5 meter fra Knude 1. Klik på Knude 4 med musen, så denne bliver rød. Herefter vælges Flyt Knude enten ved at trykke på eller ved at højre klikke med musen og vælge Flyt Knuder. Der vælges at flytte knuden (500, 0). Godkend med **OK.** Knude 4 er nu i (8000, 0).

Der ønskes også at indsætte et flydeled ved starten af stangen ved indspændingen. Der vælges Indsæt knuder enten ved trykke på 🔊 eller ved at højre klikke med musen og vælge Indsæt Knuder/flydeled. Herefter vælges at indsætte knuder idet der vælges relativ afstand angives. Der vælges at indsætte en knude i starten af stangen (relativ placeing = 0). Der indsættes flydeled i knuden. Se figur 50A. Godkend med **OK**

sæt knuder	
ordeling af knuder:	
Fordeles jævnt	
Relativ afstand angives	
Antal knuder:	1
Deletion effetenced free street til fersete hu	
nelativ arstand fra start til første kr	nude.)
Relativ afstand mellem knuder:	10

Figur 50A: Indsæt knuder med relativ afstand.

Gem sag med 国.

5.4 Understøtninger

Tryk for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 3, knude 4, så knuderne 3, 4 og 5 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuderne fastholdes i *y*-retning. Godkend med **OK**.

Klik med musen på knuderne 1, 3, 4 og 5, så kun knude 1 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuden fastholdes i *x og y*-retning og mod *drejning*. Godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu defineret som vist i figur 51.

Gem sag med 🖳





5.5 Laster

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på 🔟. Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: G.
- Lastart: *Permanent last*.
- Andel bunden last: 100 %.

• Der afkrydses i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med OK.

Tryk igen **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: N.
- Lastart: Nyttelast.
- Andel bunden last: 50 %.
- Varighed: Korttidslast.

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.

Tryk igen **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: U.
- Lastart: Ulykkeslast.

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med OK.

Luk lastgruppeoversigten.

Der benyttes automatisk naturlastgenerering for opstilling af sne- og vindlast. Lastgrupper for sne og vind oprettes derved automatisk af naturlastgeneratoren.

Tryk på **b** for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 1 til knude 6, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for tagkonstruktionen indlæses:

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 50 kN/m.
- p2: 50 kN/m.
- Lastgruppe: G.

Godkend lasten med OK

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Laster for nyttelast indlæses tilsvarende:

Vælg **Opret** under *Laster på stang*

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 50 kN/m.

- p2: 50 kN/m.
- Lastgruppe: N.

Godkend lasten med **OK**

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med nyttelast.

Luk vinduet med stangens data med **OK**.

Dobbeltklik med venstre musetast på knude 6, og et vindue med knudens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Ulykkeslasten indlæses:

- Lasttype: *Knudelast Y retning.*
- P: 50 kN.
- Lastgruppe: U.

Godkend lasten med **OK**

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med ulykkeslast.

Luk vinduet med knudens data med **OK**.

Gem sag med 国.

Hvis tabeller er tændt med \blacksquare , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper** og vælge G Permanent last. Lasterne defineret i lastgruppe *G* vises på tegnefladen, se figur 52.

Tilsvarende vises lastgruppe N og U på tegnefladen, ved at vælge N Nyttelast og U Ulykkeslast.

Vælg faneblad **Knuder** i højre side af skærmen. Naturlasterne oprettes ved først at sætte en række faktorer med **E**. Følgende faktorer ændres på fanebladet **Vind**, se figur 53:

- Terrænkategori: II.
- Formfaktor for indvendigt undertryk: -0,25.
- Fra gavl til last start: 12500 mm.
- Fra gavl til last slut: 17500 mm.
- Længde: 30000 mm.

Bredde og højde hentes fra konstruktionen. Godkend data med **OK**.

Hvilke tilfælde der skal opstilles, vælges under **H**. Som tagkonstruktion vælges *Pulttag/fladt tag.* Der regnes i denne sag med vind på tagkonstruktionen, så der sættes

kryds foran *TV*. Ved at klikke på **Udpeg** kan stænger udpeges med musen.



Figur 52: Visning af egenlast.

Naturlastfaktorer	
Vind Sne Faktorer: Årstidsfaktor, c 2/ars 1 Årstidsfaktor, c 2/ars 24 m/s Basisvindhastighed 24 m/s Terrænkategori: 1 - Fladt, ved hav, sø eller fjord II - Eladt, ved hav, sø eller fjord III - Landbrugsland III - Forstad, industri. IIII - Byområde Formfaktorer for indvendig last: 0.7 Undertryk, c pi -0.25	Geometri: Fra gavl til last start: 12500 mm Fra gavl til last slut: 17500 mm Længde, l: 30000 mm Manuelt inddateret b og h Bredde, b: 10000 mm Højde, h: 0 mm Højde, h: 0 mm
	<u>0</u> K <u>Annuller</u> <u>H</u> jælp

Figur 53: Naturlastfaktorer for vind.

• For tagflade *TV* udpeges stangen fra knude 1 til knude 6.

Der afkrydses hvilke vindlast- og snelasttilfælde der skal oprettes. I denne sag oprettes et tilfælde med sne og et med vind. Følgende afkrydses:

• Vind: 0° Tryk + undertryk (max. tryk på tagkonstruktion + max. indvendigt

undertryk).

• Sne: Arrangement (i) (max. snelast på hele tagkonstruktionen).

Godkend valg ved tryk på **OK**. Herved vises lastgruppeoversigten, hvor lastgrupperne W00T og S1 er tilføjet.

Vind- og snelaster oprettes automatisk som bunden korttidslast. Andelen af den bundne last for vind- og snelast samt varigheden for snelasten kan ændres (hvilket der dog ikke er behov for i det eksempel), ved at ændre lastgruppen fra lastgruppeoversigten.

Oversigten lukkes.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. I højre side af skærmen vælges faneblad **Lastgrupper**. Ved at markere en lastgruppe i tabellen, vises de tilknyttede laster på tegnefladen. På figur 54 og 55 ses de automatisk genererede vind- og snelaster, efter at disse er forstørret nogle gange med 🕰.

Vælg faneblad Knuder i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sagen med 🔜.



Figur 54: Automatisk genereret vindlast.

	lan	ram	me 3	- [\	N:\J	USTN	Ram	me3	\Eks	emp	oel\E	ksen	pelE	leto	n]														
₽	Filer	Ops	ætnin	g C	versi	gt N	laturla	ist I	Redig	ér ä	Zoom	Ber	egning	, Нj	ælp														- 8 ×
D	⊳		6	₽		Ħ		•	Q	Q.	Q.		۲																
₹		1	ð	₩	P	₽	8	<u>A</u> mm	<u>, ap</u>		¥_	80-	*/	ġį	}	3 :	×												
Ð	а. С	92	2	10	10	ii.	19	35	- 20	1	73.	1	Ξ.	<u>.</u>	35	42	11	22		1	12	39	20	3	- 22	Kn	uder Stær	nger Lastgrupper	Tværsnit
4		33	10	101		83	88	:22	35		11		85	85	38	38		85		13	10	38	33	80		Nr.	Benævn.	Туре	
9		x 0	-		22	~		422	x 0	32	55	22	\sim		472	10	22	15	82	×	33					1	G	Permanent last	
																										2	N	Nyttelast	
	8	20	i T		- i	TTT	1 II		TT 1		TT	Ť	гіт	T T		m	T		TTT	T	TTT.	TIT	T		- 22	3	U	Ulykkeslast	
		27				↓↓↓			• • •					• • •					+++		$\downarrow \downarrow \downarrow$		ŧ.			4	WOOT	Vindlast	
																										5	S1	Øvr. naturlaster	
	1	191	Ť.	33		30	10	-22	03	1	52	62	30	10	•22	01	8	52	82	30	1.5	12	Î.	10	10				
	3			-12	85	\otimes		83		\mathcal{S}	23	85	2	8	-00		\mathcal{S}	65	88	2	19	-			- 25				
	63	125	8	8	12		12	100	12		82	12		22	<u> 199</u>		2	192	12	10	31	\$8 ⁰	125	17	33				
					- 52	22		-28						- 32	-22			3. .				- 25							
																			X: 4	351,	Y: 16	27							10

Figur 55: Automatisk genereret snelast.

5.6 Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge \square . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke. For at undersøge deformationerne, trykkes **Opret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her kan vælges lastgrupper, der indgår i lastkombinationen. *G* markeres, og der trykkes \square . Tilsvarende tilføjes *N*, *W*00*T* og *S1*. Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen:

LAK 1.0:
$$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot N + 1,0 \cdot W00T + 1,0 \cdot S1$$
.

Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. For brud, er det interessant at se på lastgrupperne sammensat i lastkombinationer. Vælg faneblad **Brud** og tryk **Opret**. Den af de variable laster der vælges først, får den høje partialkoefficient, mens de øvrige multipliceres med ψ . Først markeres *G*, og inkluderes i lastkombinationen med \checkmark . Derefter inkluderes *N*, og som den første variable last tilknyttes koefficienten 1,3. Som næstsidste og sidste lastgruppe tilføjes *W*00*T* og *S1*.

LAK 2.1:
$$1,0 \cdot G + 1,3 \cdot N + 0,5 \cdot W00T + 0,5 \cdot S1$$
.

Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. Vælg faneblad **Ulykke** og opret følgendende kombinationer:

og

LAK 3.1: $1,0 \cdot G + 0,5 \cdot N + 1,0 \cdot U$.

LAK 3.3: $1,0 \cdot G + 0,5 \cdot N + 0,25 \cdot W00T$.

Med ovenstående fire kombinationer, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med 📕.

5.7 Tværsnit

Åbn tværsnitsoversigten med 🔟. Opret et nyt rektangulært tværsnit for betonbjælken med følgende data:

- Beskrivelse: Betonbjælke.
- Type: Beton.
- ID: 1.
- Cot theta: 2,5.
- Cot alpha: 0,0. (Lodrette bøjler)
- Trykarmering: Medtages ikke i deformations-/bæreevneberegning.

Se figur 56, hvor der trykkes Opret rektangulær tværsnit.

Herefter trykkes Ændre forudsætninger, dimension og armering.

Herefter trykkes Forudsætninger og tværsnittets forudsætninger angives til følgende:

- Sikkerhedsklasse: Normal.
- · Kontrolklasse: Normal.

- Miljøklasse: *Moderat.*Styrke, fck: *25 MPa.*Max. kornstørrelse: *32 mm.*
- Dæklag: Afledes automatisk
- Insitu støbt

Se figur 57. Herefter godkendes forudsætningerne ved at trykke OK.

Tværsnit	× X
Nummer: 1 Beskrivelse: BetonBjælke	Geometri Vis profil Profiltype: Ikke defineret
Type: C Træ C Stål @ Beton C Andet	ID: 11
Miljøklasse: Sikkerhed: Kontrol: C Passiv C Lav Moderat C Normal Skærpi C Aggressiv Moderat Normal C Ekstra aggressiv Høj Lempel Dæklag (inkl. tolerance): Cot Theta: Cot Alpha: C mm 25 0	et Opret: Rektangulær profil Import fra Søjler 5 Pladeprofil T- profil
Trykarmering medtages i deformations-/bæreevnebereg. Beton: Styrke, fck: 25 m MPa Densitet: Max. kornstørrelse: 32 m Letkonstruktionsbeton	
 Sikringsrum Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykk 	e <u>D</u> K <u>A</u> nnuller <u>H</u> jælp

Forudsætninger			×
Sikkerhedsklasse: C Lav Normal C Høj Beton: Styrke, fck: Max. kornstørrelse: Letkonstruktionst Densitet: I Insitu støbt beton	Kontrolklasse: Skærpet Kormal Lempet Skærpet MPa Seton Seton Kg/m ²	Miljøklasse: C Passiv Moderat Aggressiv C Ekstra aggressiv Dæklag (inkl. tolerance): Afledes automatisk mm	
Sikringsrum Der regnes med t Faktor 1,2 på mat	rækspændinger i ua terialekoefficienter i b	rmeret beton prud og ulykke (3,1 og 3,3)	
	<u>0</u> K	<u>Annuller</u> <u>H</u> jælp	

Figur 56: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Figur 57: Forudsætninger.

Næste skridt er at definere tværsnittet, se figur 58. Når der vælges en armeringstype, vises en oversigt over armeringslag.

Der oprettes følgende tværsnit:

- Højde: 350 mm.
- Bredde: 250 mm.
- Armeringstype: *Y Ny Tentor*.
- Armeringsdimension: 14 mm i overside, 20 mm i underside, 6 mm bøjler.
- Armeringsplacering: 2 x 3 i overside, 3 i underside. Placeret så krav til dæklag overholdes.

Der kan oprettes et antal armeringslag, der placereres i forhold til øverste betonkant, og et antal der placeres i forhold til nederste betonkant. Det første lag i hver side placeres automatisk så krav til dæklag overholdes. Alle øvrige lag kan enten placeres automatisk, så afstand mellem armeringslag overholdes, eller de kan placeres med en fast afstand til betonkanten. Først oprettes et lag i oversiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte. Lag nummer 2 i oversiden oprettes med 3 armeringsstænger, heraf 2 fastholdte. Afstand fra betonkant til armeringslagets center, angives som automatisk.

Herefter oprettes et lag i undersiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte.

Godkend profilet med OK.

Profilet kan nu vises ved at trykke Vis Profil, se figur 59.

Højde, h: Bredde b:	350	mm			_	os	
rmering:					•	•	•
Længde: Y·N	y Tentor	0ve 14 Und 20	rside: 4 💌 erside:				
Bøjle: Y - N	y Tentor	- F		t⊻_×		US	bøjler vises ikk
rmerimaelaa							
rmeringslag: Placering ang Placering ang	ives fra over ives fra unde	side (OS) erside (US)					
rmeringslag: Placering ang Placering ang	ives fra over ives fra unde	side (OS) erside (US)	> [) Versidearm	ering:	14.44	Tatabase 1
rmeringslag: Placering ang Placering ang Lag nummer:	ives fra over ives fra unde	side (OS) erside (US)	> [Dversidearm Nr: Antal:	ering: Fast:	Auto:	Afstand:
rmeringslag: Placering ang Placering ang Lag nummer: Antal armeringss Heraf fastholdte	ives fra over ives fra unde stænger: stænger: [side (OS) erside (US)	>	Dversidearm Nr: Antal: 1 3 2 3	ering: Fast: 3 3	Auto: Ja Ja	Afstand: 38 84

Figur 58: Betonprofil.

Beskrivelse: BetonBjælke				
Γype: ⊂ Træ ⊂ Stål ∙© Bet	on C Andet	ſ	• •	• 3Y14
Miljøklasse: © Passiv © Moderat © Aggressiv © Ekstra aggressiv © Høj	ed: C Skærpet mal C Normal C Lempet	350	• •	 ♦ 3Y14
Cot The Cot The Afledes automatisk 2.5	ons-/bæreevnebereg	↓ ↓ ↓	• • × 250	• 3 Y 20
Beton: Styrke, fok: 25 MPa Max. kornstørrelse: 32 Mm Letkonstruktionsbeton	Densitet: 2400 kg/m²			

Figur 59: Vis Profil.

Godkend tværsnittet med **OK** og luk tværsnitsoversigten.

Dobbeltklik med venstre musetast på bjælken, så oversigten over bjælkens data åbnes. Tværsnittet sættes til *Betonbjælke*. Luk oversigten med **OK**.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stængernes inertimomenter (det fulde tværsnit) på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen (hvis der er mere end et), vises med rød kontur på tegnefladen.

Vælg faneblad Knuder i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med 📕.

5.8 Brand

Brandvarigheden i brandkombinationen sættes med **1**. Sæt varigheden til 60 minutter. Det vælges at betonbjælken er påvirket af brand på alle sider, se figur 60. Godkend med **OK**.

-

Figur 60: Brand.

5.9 Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på **I** for 1. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue. Konstruktionen regnes kun elastisk, idet programmet ikke kan regne plastisk.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater beregnes for denne kombination. Vælg *Kræfter/deformationer* og *Deformationer* og markér den første anvendelseskombination 1.0. På skærmen vises nu den deformerede konstruktion med deformationer, men uden værdier. Vælg funktion for indsæt punkt *Meller*. Peg med musen på bjælken, på den udeformerede konstruktion som er vist stiplet, og tryk på venstre museknap. En oversigt vises, hvor der kan markeres værdier, som skal indsættes på oversigtstegninger. Vælg *Max. negativ y-flytning* og *Vises på deformationsoversigt*. Når oversigten lukkes, indsættes den maksimale *y*-flytning på 4 mm på oversigten, se figur 61. Vælg herefter langtidsdeformation og maksimale *y*flytning på 3 mm vises på oversigten. Tilsvarende fås 2 mm, hvis der vælges korttidsdeformation.

Der accepteres en deformation på 5 mm for både korttidsdeformation og langtidsdeformation, hvorved flytningerne er acceptable.

Vælg herefter *Udnyttelse* i oversigt og vælg *Udnyttelse* i Udnyttelse beton for lastkombination 1.0.

Vælg i og klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se figur 62. Udnyttelserne vises som revnevidde i forhold til de i normen vejledende værdier for revnevidde i DS 411 Tabel V 6.3.3. Det ses at den maksimale udnyttelse mht. revnevidde er 84,8 %. Luk vinduet.



Figur 61: Deformation af konstruktionen for anvendelseslastkombination.

For brudkombinationen ses det, at der opstår brud i konstruktionen. Vælg Dog klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se figur 63. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 139,4 % og udnyttelsen mht. forskydning er 100,7 %. Luk vinduet. Det ses samtidig at den nødvendige bøjleafstand varierer mellem 100 mm og 240 mm.

Vælg lastkombination 3.1, og det ses, at der her ikke opstår brud i bjælken for både bæreevneudnyttelse og forskydning, se figur 64.

Vælg lastkombination 3.3, og det ses, at der her ikke opstår brud i bjælken for bæreevneudnyttelse, se figur 65.

Luk resultatvinduet.



Figur 62: Udnyttelse af bjælken for anvendelseskombination.

5.10 Ændring af tværsnit

For at øge styrken af konstruktionen, ændres højden af bjælken til 610 mm.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Klik med musen på tværsnit nummer 1, og tryk herefter på **Return**. Nu åbnes et vindue med data for tværsnittet. Tryk på knappen Ændre forudsætninger, dimension og armering. Herefter ændres højden til 610 mm og godkend ændringen med **OK**.

Tværsnittet godkendes med **OK** og gem sagen med **B**.


Figur 63: Udnyttelse af bjælken for brudlastkombination.

🗿 Resultat for 1.ordens	beregning		_	_ 🗆 X
Oversigt: C Kræfter/deformationer C Udnyttelse C Langtidsdeformationer C Korttidsdeformationer	Udnyttelse beton: Udnyttelse Udn. for bunden last Forskydning Forskydnings armering	LAK Laster 2.1 1 * G + 1,3 * N + 0,5 * W 3.1 1 * G + 0,5 * N + 1 * U 3.3 1 * G + 0,5 * N + 0,25 * 1	/00T + 0,5 * S1 W00T	×
€0% 80% 100	1%		_	
1 2	3	4	5	6

Figur 64: Udnyttelseskurver for ulykkeskombination.

Resultat for 1.ordens	beregning				
5 Q Q Q Q A	>				
Oversigt:	Udnyttelse beton:	LAK	Laster		
C Kræfter/deformationer	Odnyttelse	2.1	1 * G + 1,3 * N + 0,5 * WOOT + 0,5	* S1	
Udnyttelse	C Udn. for bunden last	3.1	1 * G + 0,5 * N + 1 * U		
C Langtidsdeformationer	C Forskydning	3.3	1 * G + 0,5 * N + 0,25 * W00T		
C Korttidsdeformationer	C Forskydnings armering				
1 2	3		4	5	 6

Figur 65: Udnyttelseskurver for brandkombination.

5.11 Ny beregning af konstruktionen

Tryk på 📓 for en ny 1. ordens beregning.

Udnyttelse beton vælges, og det ses nu, at der ikke længere opstår brud i konstruktionen. Hverken lastkombination 1.0, lastkombination 2.1, lastkombination 3.1 eller lastkombination 3.3 giver en rød markering af stængerne, hverken i bæreevneudnyttelse eller forskydning.

For at sætte resultater på oversigten vælges M.

Vælg lastkombination 2.1, klik på bjælken med venstre musetast og et vindue åbnes. Som resultat vælges *Bæreevne* og *Max. Udnyttelse* afkrydses. Det vælges, at resultater skal vises for udnyttelse og forskydning, se figur 66. Luk vinduet.

Nu er de maksimale udnyttelser sat på bjælken for lastkombination 2.1. Figur 67 viser den maksimale forskydning i lastkombination 2.1 for bjælken.

Resultat:	- (
C Kræfter/Deformationer	Bæreevne
Max. Udnyttelse	Vises for: ▼ Tværsnitsudnyttelse ▼ Forskydning
1	

Figur 66: Indsættelse af snit i bjælken for lastkombination 2.1.

ersigt: Kræfter/deformationer	Udnyttelse beton: © Udnyttelse	LAK 1.0	Laster 1 * G + 1 * N + 1 * W00T + 1 * S1		
Udnyttelse	C Udn. for bunden last	2.1	1 * G + 1,3 * N + 0,5 * WOOT + 0,5 *	S1	
Langtidsdeformationer Korttidsdeformationer	 Forskydning Forskydnings armering 	3.1 3.3	1 * G + 0,5 * N + 1 * U 1 * G + 0,5 * N + 0,25 * W00T		
1 2	3		0,9984	5	6
1 2	3		0,9984	5	6

Figur 67: Udnyttelse lastkombination 2.1.

5.12 Plastisk beregning af konstruktion

I stedet for at øge tværsnittet i afsnit 5.10 kan der foretages en beregning på grundlag af en plastisk snitkraftfordeling.

Tværsnitshøjden rettes tilbage til 350 mm, se afsnit 5.10.

Tryk på **b** for en ny 1. ordens beregning med plastisk snitkraftfordeling, idet der er indsat de flydeled, som er defineret i afsnit 5.3, dvs. over understøtningerne i punkt 3, 4 og 5 samt ved indspændingen.

I anvendelse regnes med elastisk snitkraftfordeling. Der fås det samme resultat, som i afsnit 5.9.

Udnyttelse beton vælges, og det ses nu, at der ikke længere opstår brud i konstruktionen. Hverken lastkombination 1.0, lastkombination 2.1, lastkombination 3.1 eller lastkombination 3.3 giver en rød markering af stængerne, hverken i bæreevneudnyttelse og bæreevneudnyttelse for bunden last eller forskydning.

Figur 67A viser den maksimale udnyttelse i lastkombination 2.1 for bjælken.

Vælg de klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se figur 67B. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 100,6 % og udnyttelsen mht. forskydning er 100,6 %. Det ses samtidig at

den nødvendige bøjleafstand varierer mellem 100 mm og 240 mm. Det ses samtidig at de maksimale udnyttelser er 100 % i flydeledene. Man skal være opmærksom på at forholdene i den situation at konstruktion kun er påvirket af bunden last også skal undersøges, når der benyttes plastisk snitkraftfordeling.

Resultat for 1. ordens	plastisk beregning	-	_	_	_ 0
versigt:	Udnyttelse beton:	LAK	Laster		
Kræfter/deformationer	Udnyttelse	1.0	1 * G + 1 * N + 1 * W00T + 1 * S	1	
Udnyttelse	C Udn. for bunden last	2.1	1 * G + 1,3 * N + 0,5 * W00T + 0	,5 * S1	
Langtidsdeformationer	C Forskydning	3.1	1 * G + 0,5 * N + 1 * U		
Korttidsdeformationer	C Forskydnings armering	3.3	1 * G + 0,5 * N + 0,25 * W00T		
-1.006					
1	<u> </u>				6

Figur 67A: Udnyttelse for lastkombination 2.1 ved plastisk snitkraftfordeling.



Figur 67B: Udnyttelseskurver for lastkombination 2.1 ved plastisk snitkraftfordeling.

5.13 Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent, vælges Avælg faneblad **Anvendelse** og afkryds lastkombinationen samt *Deformationer* under *Grafiske oversigter*. Vælg faneblad **Beton** afkryds *Max. udnyttelser* i undersøgte tværsnit. Herved opstilles en oversigt med de største udnyttelser af bjælken i anvendelse, brud og ulykke.

Såfremt der i fanebladet **Beton** er afkrydset i feltet *Lister med spændinger, styrker og udnyttelser* udskrives de detaljerede resultater for de lastkombinationer, som er afkrydset under fanebladene **Anvendelse**, **Brud** og **Ulykke**. Alternativt kan de detaljerede data

printes eller vises på skærmen ved, at der i vinduet kurver for udnyttelse (se figur 62 og 63) trykkes på 🖾 og herefter afkrydses i *Resultattabel* inden der vælges **Udskriv** eller **Vis udskrift**.

Tryk **Sidehoved og -fod**. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives på standardprinteren, kan en anden vælges med **Indstil** printer. Tryk **Udskriv**.

6 Eksempel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringslængder og stødlængder

6.1 Introduktion

Der opstilles en 4 meter lang in situ støbt betonbjælke, som er simpel understøttet i begge ender. Betonbjælken beregnes efter DS 409 (2.1).



Figur 68: Betonbjælke i eksempel 6.

Bjælken skal kunne optage følgende belastninger:

- Egenlast.
- Last fra tagkonstruktion, 70 kN/m, som regnes bunden og som langtidslast.

Bjælken har i venstre ende et vederlag på 20 mm og i højre ende et vederlag på 50 mm.

Der findes forslag til dimensioner for en armeret betonbjælke med en karakteristisk styrke på 25 MPa i normal sikkerhedsklasse, normal kontrolklasse og i moderat miljøklasse.

- 1. Ingen brud i bjælken i lastkombination 2.1.
- 2. Forankringslængder beregnes i begge ender af bjælken.
- 3. Der udregnes stødlængder 1 meter fra begge ender af bjælken.

6.2 Opsætning

Plan ramme startes op med modulet Betonkonstruktioner 5 eller Kontinuerlige Betonbjælker 5 tilknyttet ved at vælge *Med bæreevneeftervisning af beton* eller *Kontinuerlig Betonbjælke* under opstart.

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det ikke nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Grid skal være slået til. Hvis de er slået fra, kan de slås til ved at trykke på 🎞.

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på II. Nederste venstre hjørne sættes i (-1000, -1000) og øverste højre hjørne sættes i (5000, 1000).

Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan tegnefladen formindskes ved at trykke på **Q**.

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på 🖾. I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.

Sagen beregnes efter DS409 (2.1). Derfor er det nødvendig at ændre "Valg af sikkerhedsnorm". Denne kan ændres ved tryk på

Gem sagen med **I**. Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelBetonForankring** og gemmes.

6.3 Knuder og stænger

Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på 📩. Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på 🚬.

- (0, 0)
- (4000, 0)

Luk oversigten.

Vælg 🖾 så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknap ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2.

Gem sag med 🖳

6.4 Understøtninger

Tryk **b** for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 2, så knude 2 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuderne fastholdes i *y*-retning. Godkend med **OK**.

Klik med musen på knuderne 1, 2 så kun knude 1 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuden fastholdes i *x og y*-retning og mod *drejning*. Godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu defineret som vist i figur 69.

Gem sag med 🖳

🗿 P	lan ra	amme	3 - [C	:JUS	FVRAN	IME 31	lksem	pel\E	ksemp	elBet	onFo	rankri	ng]			
F F	iler C	Opsætni	ng O	versigt	Natur	last F	ledigér	Zoom	Bran	d Ber	egning	Hjælp				_ = = ×
ß	🕞 🖥	6	₽	E		•	Q 👂		1		۲					
₹	[]]	6 6		? d	₩ 92	- ^	^ ∔	_ =0	***	6%)		×	-			
		s	12	89	-15	12	8		18	89:	25	10			12	Knuder Stænger Lastgrupper T værsnit 3D Nr. [×[mm] Y[mm] Y [y d] C
9	97	Γ	- 8		-	τi.	9	8		82	45	80	8.9	٦	0	1 0 - + - - 2 4000 0 - + - -
	2 2	8	2	1									3 2	ж с		
	w.	i T	12	7777.	18	13	ų.	ų.	Л	71	18	99 .	U.	y T	N.	
	8		= 2	8	50	50	ŝ	2	55	12	32	10	8.3		5	
		8	12	19	20	22	*	3	12	32	11	50 	8	3	12	
															X: -190	: 4795

Figur 69: Defineret konstruktion.

6.5 Laster

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på 🔟. Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: G.
- Lastart: *Permanent last*.
- Andel bunden last: 100 %.
- Der afkrydses i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med OK.

Luk lastgruppeoversigten.

Tryk på **b** for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 1 til knude 2, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for tagkonstruktionen indlæses:

- Lasttype: Linielast Y Projektion på element (Y).
- p1: 70 kN/m.
- p2: 70 kN/m.
- Lastgruppe: G.

Godkend lasten med **OK**

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Hvis tabeller er tændt med III, kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper** og vælge G Permanent last. Lasterne defineret i lastgruppe *G* vises på tegnefladen, se figur 70.



Figur 70: Visning af permanent last.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sagen med 🗔.

6.6 Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke.

Vælg faneblad **Brud** og tryk **Opret**. *G* markeres, og inkluderes i lastkombinationen med

LAK 2.1: 1,0 · G.

Der trykkes OK.

Med ovenstående kombination, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med 国.

6.7 Tværsnit og vederlagslængde

Åbn tværsnitsoversigten med 🕅. Opret et nyt rektangulært tværsnit for betonbjælken med følgende data:

- Beskrivelse: Betonbjælke.
- Type: Beton.
- ID: 1.

- Cot theta: 2,5.
- Cot alpha: 0,0. (Lodrette bøjler)
- Trykarmering: Medtages ikke i deformations-/bæreevneberegning.

Se figur 71, hvor der trykkes Opret rektangulær tværsnit.

Herefter trykkes Ændre forudsætninger, dimension og armering.

Herefter trykkes Forudsætninger og tværsnittets forudsætninger angives til følgende:

- Sikkerhedsklasse: Normal.
 Kontrolklasse: Normal.
 Miljøklasse: Moderat.
 Styrke, fck: 25 MPa.
 Max. kornstørrelse: 32 mm.
 Dæklag: Afledes automatisk
- Insitu støbt

Se figur 72. Herefter godkendes forudsætningerne ved at trykke OK.

Tværsnit	
Nummer: 1 Beskrivelse: BetonBjælke	Geometri Vis profil Profiltype: Ikke defineret
Type: Tree Stål • Beton And Miljøklasse: Sikkerhed: Konti C Passiv Sikkerhed: Konti C Passiv Lav Sikkerhed: Sikkerhed: C Aggressiv Normal Sikkerhed: Sikkerhed: Sikkerhed: C Aggressiv Høi C Sikkerhed: Sikkerhed: Sikkerhed: Dæklag (inkl. tolerance): Cot Theta: Cot 7 Cot 7 Sikkerhed: Sikkerhed:	let ID: 11 ID: 11 Opret: Opret: Pladeprofil Import fra Søjler 5 Pladeprofil T- profil bereg.
Max. komstørrelse: 32 mm 2400 Letkonstruktionsbeton Sikringsrum Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og	kg/m²

Figur 71: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Forudsætninger			×
Sikkerhedsklasse: C Lav Normal Høj Beton: Styrke, fck: Max. kornstørrelse: Letkonstruktions Densitet: V Insitu støbt betor	Kontrolklasse: Skærpet Normal Lempet 25 MPa 32 MPa mm beton 2400 kg/m ³	Miljøklasse: C Passiv © Moderat C Aggressiv C Ekstra ag Dæklag (inkl. tol © Afledes auto	/)gressiv erance): matisk mm
Sikringsrum Der regnes med Faktor 1,2 på ma	trækspændinger i ua sterialekoefficienter i b	meret beton brud og ulykke (3.1	og 3.3)
	<u>0</u> K	Annuller	<u>H</u> jælp



Næste skridt er at definere tværsnittet, se figur 73. Når der vælges en armeringstype, vises en oversigt over armeringslag.

Der oprettes følgende tværsnit:

- Højde: 500 mm.
- Bredde: 300 mm.
- Armeringstype: Y Ny Tentor.
- Armeringsdimension: 10 mm i overside, 20 mm i underside, 6 mm bøjler.
- Armeringsplacering: 3 i overside, 3 i underside. Placeret så krav til dæklag overholdes.

Der kan oprettes et antal armeringslag, der placereres i forhold til øverste betonkant, og et antal der placeres i forhold til nederste betonkant. Det første lag i hver side placeres automatisk så krav til dæklag overholdes. Alle øvrige lag kan enten placeres automatisk, så afstand mellem armeringslag overholdes, eller de kan placeres med en fast afstand til betonkanten.

Først oprettes et lag i oversiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte. Afstand fra betonkant til armeringslagets center, angives som automatisk.

Herefter oprettes et lag i undersiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte.

Dimensioner: Højde, h: Bredde, b:	tonprofil 500 300	mm			os •••	•
Armering: Længde: Y-	Ny Tentor	Oversi Versi Under: 20	de: • side:			•
Bøjle: Y-	Ny Tentor	• 6	I [y x	US	(bøjler vises ikko
Armeringslag: Placering ar Placering ar	ngives fra overs ngives fra under	ide (OS) side (US)				
Armeringslag: Placering ar Placering ar Lag nummer: Antal armering Heraf fasthold	ngives fra overs ngives fra under sstænger: te stænger:	ide (OS) rside (US)	> Ove Nr:	rsidearmerin Antal: Fa 3 3	g: ast: Auto: Ja	Afstand: 36

Godkend profilet med **OK**. Profilet kan nu vises ved at trykke **Vis Profil**, se figur 74.

Figur 73: Betonprofil.



Figur 74: Vis Profil.

Godkend tværsnittet med OK og luk tværsnitsoversigten.

Dobbeltklik med venstre musetast på bjælken, så oversigten over bjælkens data åbnes. Tværsnittet sættes til *Betonbjælke*. Ved knude 1 sættes længden af vederlaget til 20 mm. Ved knude 2 sættes længden af vederlaget til 50 mm. Se i øvrigt figur 75.

ing	
Fra knude nr.: 1 Vederlag for beton: Længde: 20 mm Til knude nr.: 2 Længde: 50 mm	Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: © Ikke I plan vha. knæklængde I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde Knæklængde i plan: 1 Knæklængde vinkelret på plan: 1 Max. slankhedsforhold (for stål):
Laster på stang	st: =70kN/m, p2=70kN/m, x1=0 x2=0
	Opret Ændre Slet
Tværsnit: BetonBjælke - 1	Anvendelsesklasse (for tra Klasse 1
	<u> </u>

Figur 75: Vederlagslængder.

Luk med **OK**.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stangens inertimoment (det fulde tværsnit) på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen (hvis der er mere end et), vises med rød kontur på tegnefladen.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med **B**.

6.8 Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på **I** for 1. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue. Konstruktionen regnes kun elastisk, idet programmet ikke kan regne plastisk.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater beregnes for denne kombination.

Vælg herefter *Udnyttelse* i oversigt og vælg *Udnyttelse* i Udnyttelse beton for lastkombination 2.1.

Det ses nu, at der opstår brud i konstruktionen. Lastkombination 2.1 giver ikke en rød markering af stangen, hverken i bæreevneudnyttelse eller forskydning, se figur 76.

Resultat for 1.orden	s beregning		
 Q Q R R R Oversigt: Kræfter/deformationer Udnyttelse Langtidsdeformationer Korttidsdeformationer 	Udnyttelse beton: Udnyttelse Udnyttelse Udn. for bunden last Forskydning Forskydnings armering	LAK Laster 2.1 1 * g	
Image: state	%	2	

Figur 76: Udnyttelse i brud.

Vælg bog klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se figur 77. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 92,9 % og udnyttelsen mht. forskydning er 39,3 %... Det ses samtidig at den nødvendige bøjleafstand er 325 mm. Dvs. tværsnittet er i orden.

Luk vinduet.



Figur 77: Udnyttelse af bjælken for brudkombination.

For at sætte resultater på oversigten vælges M

Vælg lastkombination 2.1, klik på bjælken med venstre musetast og et vindue åbnes. Som resultat vælges Bæreevne og Max. Udnyttelse afkrydses. Det vælges, at resultater skal vises for udnyttelse og forskydning, se figur 78.

Nu oprettes snit 1 meter fra venstre ende af bjælken og 1 meter fra højre ende af bjælke. Dvs. i de snit hvor armeringen skal stødes.

Der oprettes snit ved at trykke på Snitoversigt. Nu oprettes et snit ved tryk på Opret, herved fås skærmbilledet på figur 79.

Der angives:

Beskrivelse: Stød - Venstre side Relativ placering: 0,25 (svarende til 1,0 m fra venstre ende af bjælken)

Der trykkes OK

Tilsvarende oprettes et snit med:

Beskrivelse: Stød - Højre side Relativ placering: 0,75 (svarende til 1,0 m fra højre side af bjælken)

Nu fås skærmbilledet i figur 80, hvor snit for stød i armeringen er tilføjet. Snitoversigten lukkes.

Resultat:	C Descent
Max. Udnyttelse	Vises for: Vises for: Vises for: Vises for: Forskydning
Snitoversiat	

Figur 78: Indsættelse af snit i bjælken for lastkombination 2.1.

Snit		×
Beskrivelse:	Stød - Venstre side	
Relativ placering:		0,25
<u>K</u>	Annuller	Hjælp

C Krafter/Deformationer	G Protocumo
Riæiter/Deroimationer	(• Dæleevrie
Max Udnuttelse	Vises for:
Stød - Venstre side	🔽 Tværsnitsudnyttelse
∐Stød - Højre side	Forskydning
	·*-

Figur 79: Indsættelse af snit i for stød i armeringen.

Figur 80: Snit med stød i armering tilføjet

🕖 Resultat for 1.order	Resultat for 1.ordens beregning					
5 Q Q Q Q (■ Q Q Q Q					
Oversigt: Kræfter/deformationer Udnyttelse Langtidsdeformationer Korttidsdeformationer	Udnyttelse beton: Udnyttelse Udn. for bunden last Forskydning Forskydnings armering	LAK Laster 2.1 1*g				
Image: book solution Image: book solution Image: book solution	1 1	<u>,9294</u> 2				

Figur 81: Bæreevneudnyttelse for lastkombination 2.1.

Nu er de maksimale udnyttelser sat på bjælken for lastkombination 2.1. Figur 81 viser den

maksimale forskydning i lastkombination 2.1 for bjælken.

Vælg bog klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes vinduet for med kurver for udnyttelsen af bjælken igen, se figur 82. Det ses nu at snittene for stød i armeringen er tilføjet i forhold til figur 77.



Figur 82: Bæreevneudnyttelse for lastkombination 2.1.

Beregningerne af forankringslængder og stødlængder kan ikke vises grafisk. Disse vises kun på udskriften.

Vælg 🖾 og afkryds *resultattabel* og tryk **Vis udskrift**. Hermed vises detailudskriften for

stangen. Nederst på den første side fremgår forankringslængderne og stødlængderne.

Det ses at såfremt der placeres bøjlearmering pr. 325 mm fås en forankringslængde i venstre ende af bjælken (vederlag = 20 mm) på 565 mm og en forankringslængde på 509 (vederlag = 50 mm) i højre ende af bjælken. Tilsvarende fås en stødlængde 1 meter fra venstre ende og en meter fra højre ende af bjælken på 733 mm.

Formindskes bøjleafstanden ved forankringen og ved stødene til 95 mm, jf. anbefalingen i DS 411 (4.1) Tilllæg 2 afsnit 6.2.5.2.(17) kan forankringslængderne reduceres til hhv. 471 og 435 i venstre og højre ende af bjælken og stødlængden kan reduceres til 583 mm.

De detaljerede resultater kan udskrives til printer med tryk på 🕮.