



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Byggingeniør bachelor, konstruksjonsteknikk.	Vårsemesteret, 2021 Åpen
Forfatter: Silje Midtlien Sigurdson	
Fagansvarlig: Sudath C. Siriwardane Veileder(e): Sudath C. Siriwardane	
Tittel på bacheloroppgaven: Stålbjelkers oppførsel ved vipping ved høye temperaturer/brann. Engelsk tittel: Behaviour of steel beams subjected to lateral torsional buckling at elevated temperature/fire.	
Studiepoeng: 20 sp.	
Emneord: Stålbjelke, vipping, brann, jevnt fordelt last, temperaturdomene, styrkedomene, SAP2000.	Sidetall: 37 + vedlegg/annet: 54 Stavanger, 15.05.2021

Sammendrag

I flere av ulykkene som har skjedd i nyere tid er ikke konstruksjonene sikret mot brann. Retningslinjene for avanserte grensetilstander er svært konservative siden det mangler eksperimentelle undersøkelser, da dette ikke er økonomisk. Det er hovedsakelig Eurokode 3 som er brukt til å undersøke bjelker utsatt for vipping ved brann. Selv om endelig elementsimuleringer er en av tilnæringsmetodene som er benyttet til å erstatte eksperimentelle undersøkelser, vil det fremdeles være usikkerheter.

Denne oppgaven sammenligner resultater fra parametrisk og numerisk studie av 18 ulike IPE bjelker med en jevnt fordelt last og varierende bjelkelengde. Målet er å undersøke om det er tilstrekkelig å dimensjonere bjelker med hensyn på kapasitetspåvisning i temperaturdomenet og om dette kan gjøres i SAP2000. Det er benyttet teori fra Eurokode 3 om vipping av bjelker ved brann i kombinasjon med tidligere forsøk på området og numerisk studie i SAP2000.

Resultatene viser at det ikke alltid er tilstrekkelig å dimensjonere IPE-bjelker mot vipping ved hjelp av kapasitetspåvisning i temperaturdomenet. Ved å utføre beregninger på stålets egenskaper ved brann kan en benytte SAP2000 til branndimensjonering, dersom en beregner stålets materialeegenskaper ved brann først.

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på min bachelorgrad i konstruksjonsteknikk ved Universitetet i Stavanger. Gjennom de tre årene jeg har studert her i Stavanger har jeg blitt svært interessert i stål og dets egenskaper, derfor ønsket jeg å lære mer om stål. Brannen i parkeringshuset på Stavanger lufthavn vekket interessen min for å lære mer om stålets egenskaper ved brann. Denne oppgaven tar for seg hvordan stål utsatt for vipping oppfører seg ved høye temperaturer, og er utformet av Sudath C. Siriwardane.

Arbeidet med bacheloroppgaven har vært utfordrende, men det har også vært svært lærerikt. Det er tidkrevende å sette seg inn i både relevant teori og SAP2000. Samtidig har jeg fått flere erfaringer jeg kan ta med meg inn i arbeidslivet.

Ønsker å rette en stor takk til veilederen min ved Universitetet i Stavanger, Sudath C. Siriwardane, for et svært godt samarbeid og god veiledning gjennom hele oppgaveskrivingen.

Jeg vil også takke medstudentene mine, som har vært til stor hjelp gjennom alle disse tre årene. Spesielt etter at samfunnet stengte ned som følge av korona har det vært svært motiverende å komme på universitetet og arbeide sammen for å holde motivasjonen oppe.

Silje M. Sigurdsen

Stavanger, 15.05.2021

Innhold

Sammendrag	i
Forord	ii
1 Innledning	3
1.1 Bakgrunn og motivasjon.....	3
1.2 Tilnærming og oversikt	3
2 Teori til vipping ved brann	5
2.1 Generelt	5
2.2 Nomenklatur	6
2.3 Klassifisering av tverrsnitt.....	7
2.4 Stålets egenskaper ved brann.....	8
2.5 Dimensjonerende vippekapasitet ved brann	11
3 Eksperimentell tilnærming: Tidligere eksperiment.....	13
3.1 Oppsett.....	14
3.2 Resultat	16
4 Analytisk tilnærming: Parametrisk studie.....	21
4.1 Metode	22
4.2 Resultat	25
5 Numerisk tilnærming: SAP2000.....	28
5.1 Programvare	28
5.2 Metode	28
5.3 Resultat	29
6 Sammenligning og diskusjon.....	30
7 Konklusjon.....	32
7.1 Oppsummering	32
7.2 Konklusjon.....	33
7.3 Fremtidig arbeid	33
Referanser.....	34
Vedlegg	1
A: Microsoft Excel	1
B: SAP2000, knekkurve c	19
C: SAP2000, knekkurve d.....	37

Figurliste

Figur 1: Stiplet omriss: Før vipping. Heltrukket omriss: Etter vipping (Al-Zaidee & Al-Hasany, 2017).....	5
Figur 2: Tverrsnittet benyttet i eksperimentet. (a) Dimensjoner i inch og (b) Dimensjoner i mm.....	13
Figur 3: Eksperimentets oppsett (Ramesh et al., 2020, s. 2).	15
Figur 4: Plasseringen av (a) rotasjons- og forskyvningssensorer, (b) deformasjonsmålere i det doble vinkelfestet og (c) thermoelementer. Målene er angitt i cm (Ramesh et al., 2020, s. 4).	16
Figur 5: Punktlast (P_y) og reaksjonskraft (R_y) påført etter tid (Ramesh et al., 2020, s. 4)....	17
Figur 6: Bilder tatt ved eksperimentet. (a) Front, (b) topp og (c) lokal svikt i toppflens (Ramesh et al., 2020, s. 4).	17
Figur 7: Figurene viser (a) temperaturøkningen og (b) temperaturmålerens plassering (Ramesh et al., 2020, s. 5).	18
Figur 8: Temperatur for (a) prøvestykke 3 og (b) prøvestykke 4 (Ramesh et al., 2020, s. 6)..	18
Figur 9: Sammenligning av temperaturfordelingen i prøvestykkene eksponert for stabil og kortvarig oppvarming for (a) toppflens, (b) steg og (c) bunnflens (Ramesh et al., 2020, s. 9).	19
Figur 10: Bjelken med last og støtter.	21
Figur 11: Tverrsnittene til de benyttede profilene. (a) IPE 300, (b) IPE 400 og (c) IPE 500. .	22
Figur 12: Tverrsnittets toppflens er ikke eksponert for brann.....	24
Figur 13: Utnyttelsesgrad på temperatur- og styrkedomenet for tverrsnitt IPE 300.....	26
Figur 14: Utnyttelsesgrad på temperatur- og styrkedomenet for tverrsnitt IPE 400.....	26
Figur 15: Utnyttelsesgrad på temperatur- og styrkedomenet for tverrsnitt IPE 500.....	27

Tabelliste

Tabell 1: Symboler, definisjoner og enheter benyttet i oppgaven.....	6
Tabell 2: Kritisk temperatur som funksjon av utnyttelsesgrad μ_0 (Larsen, 2015, s. 536).....	9
Tabell 3: Ståltemperatur i uisolert komponent under ISO brann (Larsen, 2015, s. 528).	10
Tabell 4: Reduksjonsfaktorer for flytespenning og E-modul (Larsen, 2015, s. 521).....	12
Tabell 5: Testmatrise for laboratorieeksperimenter (Ramesh et al., 2020, s. 2).	14
Tabell 6: Tverrsnittenes dimensjoner (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Institutt for konstruksjonsteknikk, 2003, s. 11).	22
Tabell 7: Lastvirkning for ulike bjelkelengder.....	23
Tabell 8: Kritisk temperatur, stålets temperatur, dimensjonerende vippekapasitet og utnyttelsesgrad (UR) for benyttede bjelker ved tiden $t=30$ minutter.	25
Tabell 9: Tverrsnitt, reduksjonsfaktor for elastisitetsmodul, elastisitetsmodul, reduksjonsfaktor for flytegrense og flytegrense.....	28
Tabell 10: Imperfeksjonsfaktor for ulike knekkurver (NS-EN 1993-1-1, 2015, s. 58).....	28
Tabell 11: Dimensjonerende vippekapasitet og utnyttingsgrad (UR) funnet i SAP2000 for knekkurve c og d.	29
Tabell 12: Utnyttelsesgrad (UR) for styrkedomenet fra Excel og SAP2000.	31

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og motivasjon

7. januar 2020 tok det fyr i en bil i første etasje i parkeringshuset på Stavanger lufthavn. Rogaland brann og redning IKS ankom lufthavnen omtrent 20 minutter etter at bilen antente. Etter nesten en time spredte brannen seg til andre etasje og deler av parkeringshuset kollapset 2 timer etter at brannen startet. Det ble ikke meldt om noen omkomne eller skadede etter brannen, men det ble blant annet store materielle skader på parkeringshuset. Parkeringshuset består av fem etasjer bygget i tre byggetrinn. Skadene på konstruksjonen førte til at to deler av parkeringshuset måtte rives (RISE, 2020, s. 12).

Retningslinjene for design for avanserte grensetilstander, som for eksempel ulykker og seismikk, er mangelfulle. Det er mangel på eksperimentelle undersøkelser, fordi det er kostbart. Derfor må det gjøres analyser og dimensjoneringsprosedyrer spesifikt rettet mot dimensjonering for brann og eksplosjoner. Konstruksjoners robusthet har ikke blitt sikret blant flere av ulykkene i nyere tid, som for eksempel parkeringshuset på Stavanger lufthavn.

Undersøkelser av vipping ved brann har hovedsakelig blitt gjort ved tilnærmelser på temperatur- og styrkedomenet etter Eurokode 3. Selv om simuleringer med endelige elementer er en av tilnærmingsmetodene som fyller dette gapet, er det svært utfordrende på grunn av usikkerhet ved materielle og strukturelle egenskaper og mangel på eksperimentell data en kan sammenligne med.

Denne oppgaven går ut på å sammenligne tilnærmelser på styrkedomenet med temperaturdomenet ved hjelp av parametriske analyse og å sammenligne disse resultatene med resultater fra endelig elementmetode gjort i SAP2000.

1.2 Tilnærming og oversikt

Deler av oppgaven går ut på å sette seg inn i vipping ved brann i Eurokode 3, hva som er gjort tidligere og å sette seg inn i hvordan en utfører en slik simulering i SAP2000. Bjelkene som benyttes er uisolerte IPE-bjelker i tverrsnittklasse 1. Bjelkene er fritt opplagt med en jevnt fordelt last og ingen aksiallast eller sideveis støtter. Stålet som benyttes har elastisitetsmodul og skjærmodul $E = 210 \text{ GPa}$ og $G = 80 \text{ GPa}$.

Kapittel 2 gir en oversikt over teorien bak vipping ved brann. NS-EN 1993-1-1 beskriver metoden for klassifisering av tverrsnitt og NS-EN 1993-1-2 beskriver metoden for å beregne kritisk ståltemperatur, stålets temperatur og dimensjonerende vippekapasitet ved brann.

Kapittel 3 tar for seg et eksperiment utført av S. Ramesh, L. Choe og C. Zhang ved National Institute of Standards and Technology (NIST). Det er testet fire prøvestykker på 6 meter under ulike brann- og lastforhold. Oppsett og resultat er presentert.

Kapittel 4 baserer seg på en analytisk tilnærming ved hjelp av parametriske studier av 18 ulike bjelker. Denne analysen er utført i Microsoft Excel etter fremgangsmetoden beskrevet i kapittel 2.

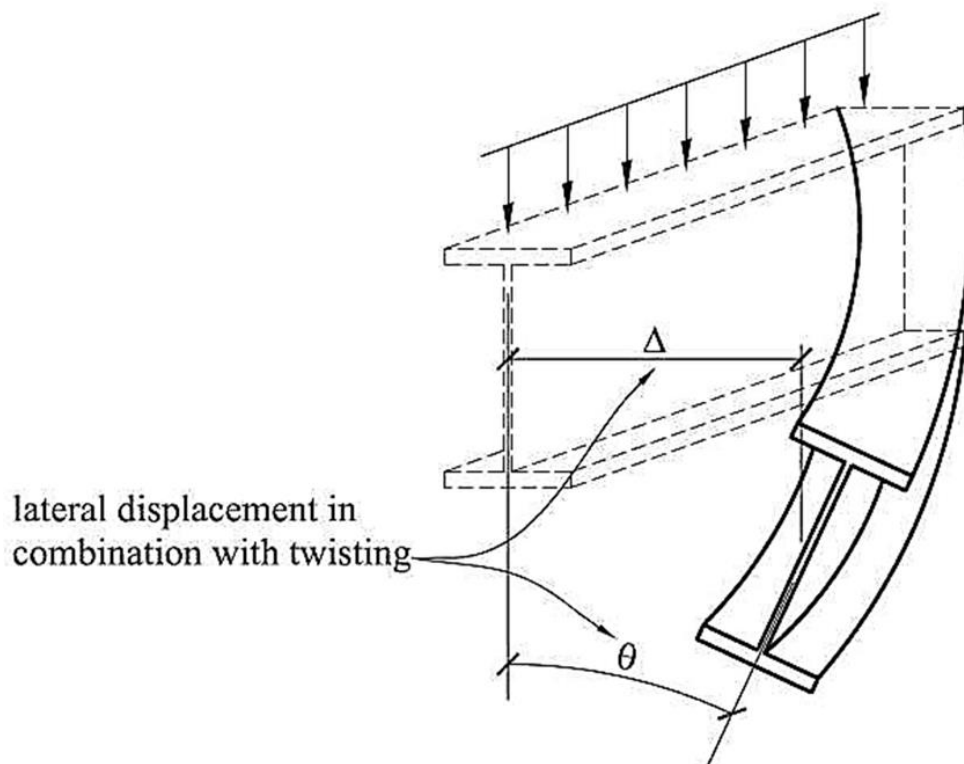
Kapittel 5 tar for seg endelig elementmetode simuleringer gjort i SAP2000. Den dimensjonerende vippekapasiteten for hver av de 18 bjelke benyttet i denne oppgaven er presentert. Hver av bjelkene er undersøkt ved hjelp av to ulike knekkkurver.

Kapittel 6 og 7 inkluderer sammenligning og diskusjon av funnene som er gjort i de forrige kapitlene, sammen med en konklusjon. Til slutt er vedlegg som inkluderer resultatene fra den parametriske analysen i Excel og endelig elementmetode i SAP2000.

2 Teori til vipping ved brann

2.1 Generelt

Figur 1 viser fenomenet vipping, som er en bruddgrensetilstand. Bruddgrensetilstanden er relatert til konstruksjonssvikt. Denne oppgaven vil handle om vipping ved brann, som er et spesialtilfelle av bruddgrensen. I forbindelse med brann vil det derfor være snakk om en ulykkesgrensetilstand (Larsen, 2015, s. 33). Vipping kan inntreffe for lange, høye bjelker som ikke har sideveis avstivning. På engelsk brukes betegnelsen lateral torsional buckling (LTB) og som navnet tilsier er det et stabilitetsproblem som oppstår når bjelken får både en rotasjon om x-aksen og utbøyinger sideveis. Årsaken er at bjelken har en last med moment om tverrsnittets akse (Larsen, 2015, s. 213).



Figur 1: Stiplede omriss: Før vipping. Heltrukket omriss: Etter vipping (Al-Zaidee & Al-Hasany, 2017).

2.2 Nomenklatur

Tabell 1 inneholder en oversikt over symbolene som er benyttet i dette kapittelet. Alle enhetene er gitt i SI-enheter.

Tabell 1: Symboler, definisjoner og enheter benyttet i oppgaven.

Symbol	Definisjon	Enhet
E	Elastisitetsmodul	N/mm^2
G	Skjærmodul	N/mm^2
ϵ	Reduksjonsfaktor	
f_y	Flytespenning ved romtemperatur	N/mm^2
c_w	Trykkpåkjent bredde for steget	mm
h	Total høyde	mm
r	Støpehjørners radius	mm
t_f	Flensens tykkelse	mm
c_f	Trykkpåkjent bredde for flenser	mm
b	Total bredde	mm
t_w	Stegets tykkelse	mm
t	Tid utsatt for brann	Min
$E_{d,fi}$	Lastvirkning i brannsituasjonen	kNm
$R_{fi,d,t}$	Kapasiteten i brannsituasjonen ved tiden t	kNm
$\theta_{a,cr}$	Kritisk temperatur for en stav	$^{\circ}C$
$\theta_{a,t}$	Stålets temperatur ved tiden t for en stav med uniform temperaturfordeling	$^{\circ}C$
μ_0	Utnyttelsesgrad	
A_m	Areal av profilens eksponerte overflate per lengdeenhet	mm
V	Profilens volum per lengdeenhet	mm^3
$M_{b,fi,t,Rd}$	Dimensjonerende vippekapasitet ved tiden t	kNm
$\chi_{LT,fi}$	Reduksjonsfaktor for vipping ved brann	
$W_{pl,y}$	Plastisk tverrsnittmodul	mm^3

$k_{y,\theta,com}$	Reduksjonsfaktor for flytespenningen i trykkflensen ved maksimum temperatur	
$Y_{M,fi}$	Materialfaktor ved brann	
$\phi_{LT,\theta,com}$	Funksjon for å bestemme reduksjonsfaktoren	
$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}$	Relativ slankhet i trykkflensen ved maksimum temperatur	
α	Imperfeksjonsfaktor	
$k_{E,\theta,com}$	Reduksjonsfaktor for E-modul i trykkflensen ved maksimum temperatur	
$\bar{\lambda}_{LT}$	Relativ slankhet for vipping	

2.3 Klassifisering av tverrsnitt

Ved klassifisering av tverrsnitt eksponert for høye temperaturer utføres klassifiseringen etter slankhetskravene for romtemperatur i NS-EN 1993-1-1 5.6. Reduksjonsfaktoren som benyttes er i henhold til NS-EN 1993-1-2 4.2.2 og tar hensyn til påvirkningen av høyere temperaturer:

$$\varepsilon = 0,85 \cdot \left(\frac{235}{f_y} \right)^{0,5} \quad L. 1$$

Flytespenningen som benyttes i likning 1 er flytespenningen ved romtemperatur. Korreksjonsfaktoren 0,85 er innført som følge av at slankheten avhenger av både flytespenningen og E-modulen og reduksjonsfaktorene $k_{y,\theta}$ og $k_{E,\theta}$ avhenger av temperaturen.

I hvilken grad tverrsnittets rotasjons- og momentkapasitet er begrenset av lokal knekking av tverrsnittdeler identifiseres ved klassifisering av tverrsnitt. For H- og I-tverrsnitt blir tverrsnittklassen bestemt ved forholdet c/t for hver av tverrsnittdelene.

Stegets bredde:

$$c_w = h - 2 \cdot r - 2 \cdot t_f \quad L. 2$$

Flensens bredde:

$$c_f = \frac{1}{2} \cdot (b - 2 \cdot r - t_w) \quad L. 3$$

Kjennetegn ved hver av tverrsnittklassene:

- Klasse 1: Flyteledd kan dannes med rotasjonskapasitet som er nødvendig for plastisk analyse uten å redusere tverrsnittets dimensjonerende plastiske momentkapasitet.
- Klasse 2: Dimensjonerende plastisk momentkapasitet kan utvikles, men på grunn av lokal knekking av tverrsnittdelene har tverrsnittet begrenset rotasjonskapasitet.
- Klasse 3: Spenningen i tverrsnittets mest utsatte punkt kan nå flytegrensen som følge av elastisk fordeling av spenninger, men utvikling av dimensjonerende plastisk momentkapasitet forhindres av lokal knekking.
- Klasse 4: I én eller flere deler av tverrsnittet vil lokal knekking oppstå når man når flytegrensen.

Tverrsnittet klassifiseres etter den minst gunstige klassen av de trykkpåkjennte delene, eller ved å klassifisere tverrsnittet ved å klassifisere steg og flens hver for seg.

2.4 Stålets egenskaper ved brann

Kapasitetskravet ved tiden t i en brannsituasjon er:

$$E_{d,fi} \leq R_{fi,d,t} \quad L. 4$$

Der $E_{d,fi}$ er lastvirkningen i brannsituasjonen og $R_{fi,d,t}$ er kapasiteten i brannsituasjonen ved tiden t .

I stedet for å benytte kapasitetskravet definert i likning 4 kan kapasitetspåvisningen i temperaturdomenet gjennomføres med dimensjonskriteriet:

$$\theta_{a,t} \leq \theta_{a,cr} \quad L. 5$$

Stålets kritiske temperatur $\theta_{a,cr}$ defineres i likning 6.

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \cdot \ln\left(\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1\right) + 482 \quad L. 6$$

Likning 7 definerer utnyttelsesgraden μ_0 ved tiden $t = 0$ for staver i strekk og staver i tverrsnittklasse 1, 2 og 3, der $\mu_0 \geq 0,013$.

$$\mu_0 = \frac{E_{d,fi}}{R_{fi,d,0}} \quad L. 7$$

Utnyttelsesgraden kan benyttes til å finne den kritiske temperaturen for en stav, i stedet for å benytte likning 6. Tabell 2 gir numeriske verdier for kritisk temperatur for enkelte utnyttelsesgrader.

Tabell 2: Kritisk temperatur som funksjon av utnyttelsesgrad μ_0 (Larsen, 2015, s. 536).

μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

Ved å benytte profilmotoren A_m/V er det mulig å finne stålets temperatur $\theta_{a,t}$ ved tiden t i tabell 3.

Tabell 3: Ståltemperatur i uisolert komponent under ISO brann (Larsen, 2015, s. 528).

A_m/V (m^{-1})	400	200	100	60	40	25
Tid (min)	Ståltemperatur °C					
0	20	20	20	20	20	20
5	430	291	177	121	90	65
10	640	552	392	276	204	142
11	661	587	432	308	228	159
12	678	616	469	340	253	177
13	693	642	503	371	278	194
14	705	663	535	402	303	212
15	716	682	565	432	328	230
16	725	698	591	460	353	249
18	736	721	638	513	401	286
20	754	734	676	561	447	323
22	780	744	706	604	491	360
24	799	767	726	641	532	396
26	813	792	735	674	570	431
28	826	813	746	701	604	466
30	837	828	767	721	636	498

2.5 Dimensjonerende vippekapasitet ved brann

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4) definerer dimensjonerende vippekapasitet for tverrsnitt i klasse 1 og 2 ved tiden t som:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta,com} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}} \quad L. 8$$

Likning 9 bestemmer reduksjonsfaktoren for vipping ved brann. Betegnelsen «com» brukes for trykkflensen. I denne oppgaven benyttes det en konservativ metode der $\theta_{a,com} = \theta_a$.

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{[\phi_{LT,\theta,com}]^2 - [\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}]^2}} \quad L. 9$$

Der $\phi_{LT,\theta,com}$ er gitt ved:

$$\phi_{LT,\theta,com} = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta,com})^2] \quad L. 10$$

Imperfeksjonsfaktoren α er bestemt på samme måte som for bøyingsknekking:

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad L. 11$$

Likning 12 definerer bjelkens slankhet.

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} \quad L. 12$$

Hvor relativ slankhet for vipping $\bar{\lambda}_{LT}$ defineres etter metoden for romtemperatur gitt i NS-EN 1993-1-1 6.3.2.2 (1):

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{f_y \cdot W_y}{M_{cr}}} \quad L. 13$$

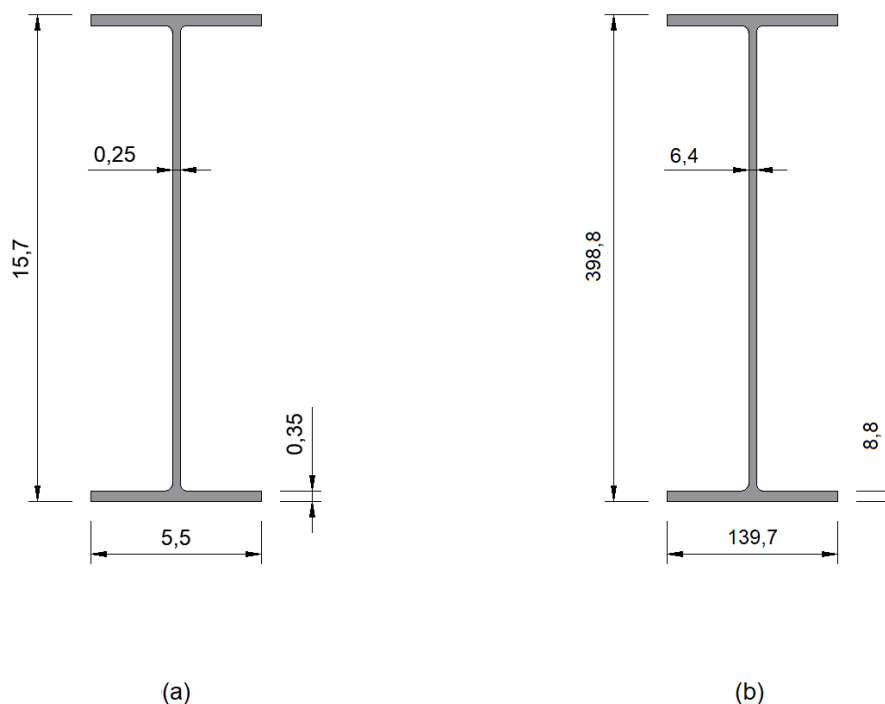
Reduksjonsfaktorene for flytespenning og E-modul er presentert i tabell 4.

Tabell 4: Reduksjonsfaktorer for flytespenning og E-modul (Larsen, 2015, s. 521).

Ståltemperatur θ (°C)	Flytegrense $k_{y,\theta} = \frac{f_{y,\theta}}{f_y}$	Prop. Grense $k_{p,\theta} = \frac{f_{p,\theta}}{f_y}$	E-modul $k_{E,\theta} = \frac{E_\theta}{E}$
20	1,0	1,0	1,0
100	1,0	1,0	1,0
200	1,0	0,807	0,90
300	1,0	0,613	0,80
400	1,0	0,420	0,70
500	0,78	0,360	0,60
600	0,47	0,180	0,32
700	0,23	0,075	0,13
800	0,11	0,50	0,09
900	0,06	0,0375	0,068
1000	0,04	0,0250	0,045
1100	0,02	0,0125	0,023
1200	0	0	0

3 Eksperimentell tilnærming: Tidligere eksperiment

I et eksperiment utført av Selvarajah Ramesh, Lisa Choe og Chao Zhang ved National Institute of Standards and Technology (NIST) i 2020 er det gjort undersøkelser av stålbejelker eksponert for en lokalisert brann. Det er benyttet uisolerte W16x26 stålbejelker som er boltet eller fritt opplagt til stålsøyler. Figur 2 viser det benyttede tverrsnittets dimensjoner i både inch og millimeter. Numeriske studier fra tidligere viser at det er mulig at konstruksjoner eksponert for lokaliserte branner har en annen sviktmodell enn der konstruksjonene er eksponert for en avgrenset brann, siden eksperimentene ikke er utført med nøyaktige målinger av gjennomsnittlig varmegjøgjøring (Heat Release Rate). Derfor er det nødvendig å utføre tester med lokaliserte branner der varmegjøgjøring blir målt nøyaktig, slik at en kan utvikle metoder for design av brannsikre konstruksjoner på et større område enn tidligere. NIST har utført flere tester med 6 meter lange stålbejelker eksponert for lokaliserte branner i the National Fire Research Laboratory (NFRL).



Figur 2: Tverrsnittet benyttet i eksperimentet. (a) Dimensjoner i inch og (b) Dimensjoner i mm.

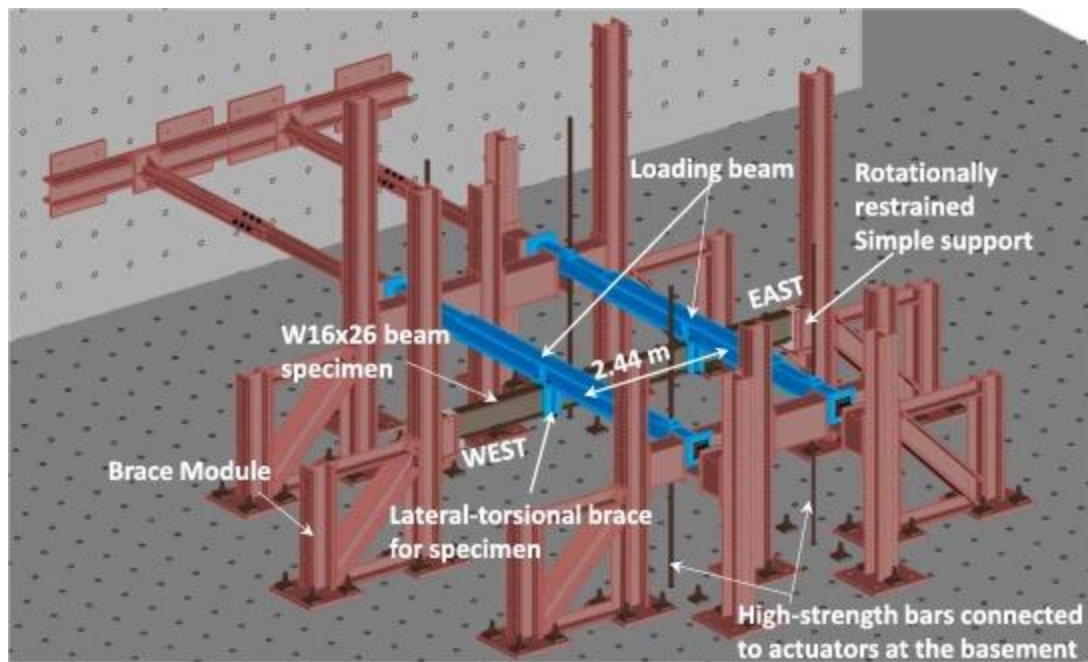
3.1 Oppsett

Alle prøvestykkene er 6,2 meter lange W16x26 tverrsnitt. Det første prøvestykket ble testet i romtemperatur for å måle bøyeligheten og for å teste oppsettet. Prøvestykke nummer 2 og 3 ble brukt til å sammenligne lastsekvensen. Prøvestykke 2 ble ved en stabil oppvarming påført last til det sviktet. Prøvestykke 3 ble varmet opp etter at lasten ble påført, slik at lasten var den samme under hele oppvarmingen. Prøvestykke 4 var boltet fast med et dobbelt vinkelfeste i begge ender og ble testet under en kortvarig brann. Tabell 5 viser en oversikt over prøvestykkene, type forbindelse og lastprotokoll.

Tabell 5: Testmatrise for laboratorieeksperimenter (Ramesh et al., 2020, s. 2).

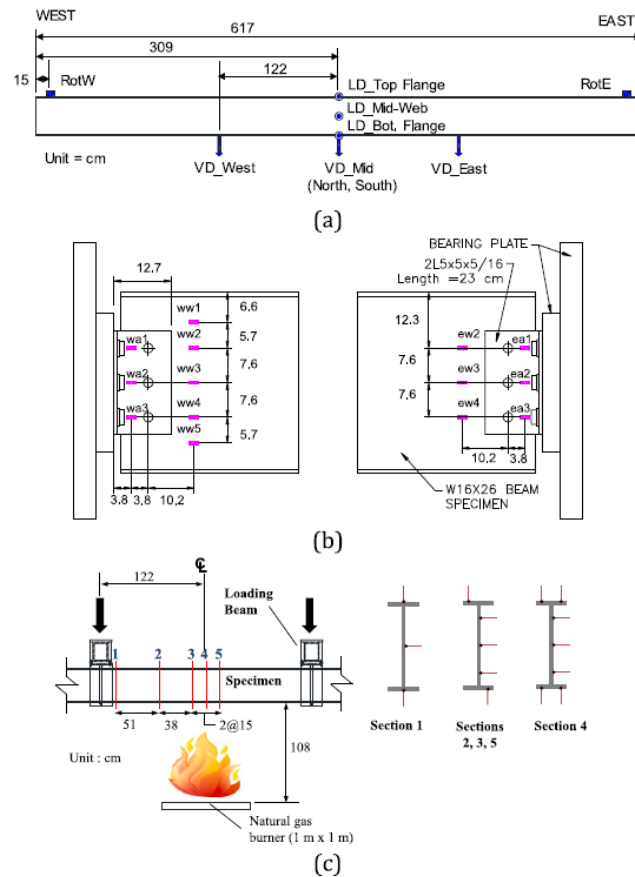
Prøvestykke	Forbindelse	Lastprotokoll
1	Fritt opplagt	Strukturell belastning
2	Fritt opplagt	Stabil brann + Strukturell belastning
3	Fritt opplagt	Kortvarig brann + Strukturell belastning
4	Dobbelt vinkelfeste	Kortvarig brann + Strukturell belastning

Eksperimentets oppsett er vist på figur 3. Bjelkene er av ASTM A992 stål, der minimum flytespenning og strekkfasthet er $f_y = 345 \text{ N/mm}^2$ og $f_u = 450 \text{ N/mm}^2$. To bjelker med 2,44 meters avstand ble benyttet til å påføre strukturell belastning på prøvestykkene ved hjelp av fire 220 kN hydrauliske aktuatorer. Prøvestykkene ble sideveis fastholdt der de ble påført belastning. Midten av hvert av prøvestykkene ble eksponert for brann ved hjelp av en brenner drevet av naturgass.



Figur 3: Eksperimentets oppsett (Ramesh et al., 2020, s. 2).

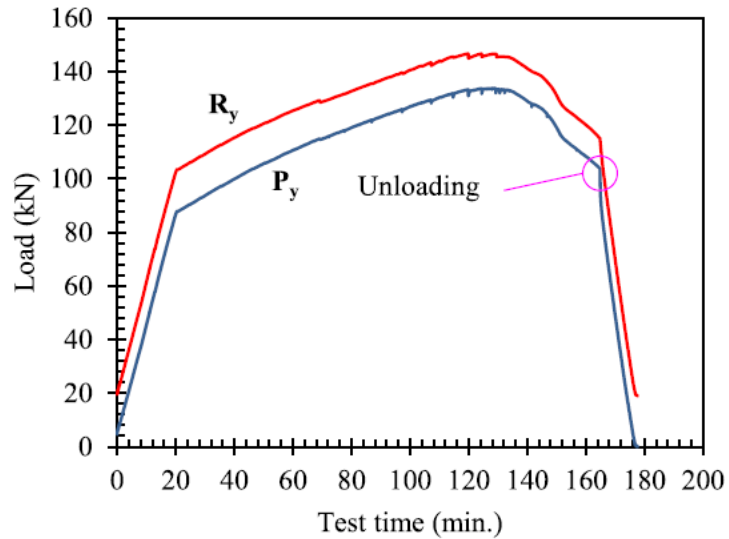
For hver av de fritt opplagte bjelkene ble reaksjonskreftene målt ved hjelp av to kraftsensorer plassert i hver ende, mellom prøvestykket og underlaget. De vertikale og horisontale forskyvningene ble målt på midten av hvert prøvestykke. Måleren som ble benyttet hadde temperatur-kompenserte sonder. Langs prøvestykkene ble det festet målere som målte temperaturen på fem ulike steder der bjelkene ble eksponert for brann. Sensorenes plassering er illustrert på figur 4. For hver test ble varmefrigjøringen fra brennerne målt på to steder. På det ene stedet ble varmefrigjøringen bestemt ved å måle massestrøm og sammensetningen av naturgass fra brenneren og på det andre stedet ved hjelp av et kalorimeter basert på mengden av konsumert oksygen. Ulikheten på målingene av varmefrigjøringen er ubetydelige. Usikkerheten til målingene av kreftene, forskyvningene og spenningene er rundt $\pm 10\%$, $\pm 15\%$ og $\pm 5\%$. Usikkerheten til ståltemperaturen og varmefrigjøringen er rundt $\pm 12\%$ og $\pm 7\%$.



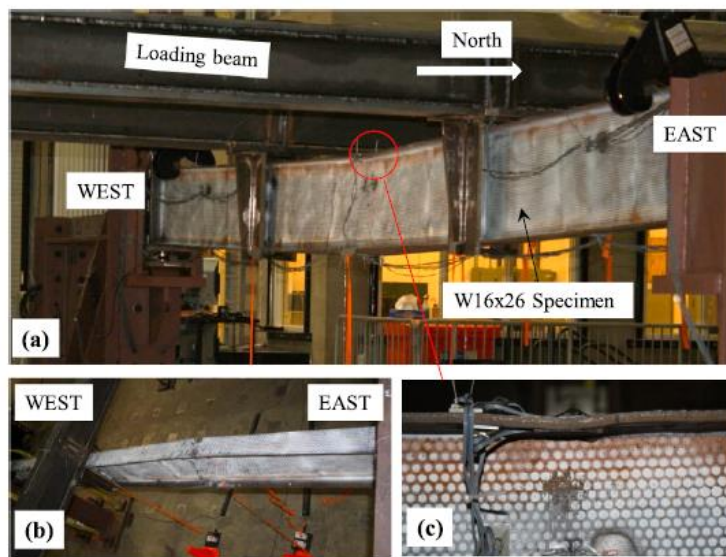
Figur 4: Plasseringen av (a) rotasjons- og forskyvningssensorer, (b) deformasjonsmålere i det doble vinkelfestet og (c) thermoelementer. Målene er angitt i cm (Ramesh et al., 2020, s. 4).

3.2 Resultat

For prøvestykke 1 ble maksimal punktlast og tilsvarende reaksjonskraft målt til 133,4 kN og 146,4 kN. Figur 5 viser påført punktlast og tilsvarende reaksjonskraft. Prøvestykket sviktet som følge av vipping, som vist på figur 6.

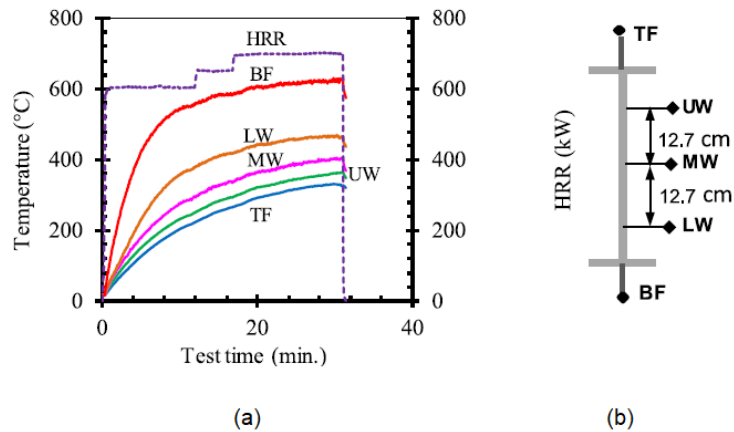


Figur 5: Punktlast (P_y) og reaksjonskraft (R_y) påført etter tid (Ramesh et al., 2020, s. 4).



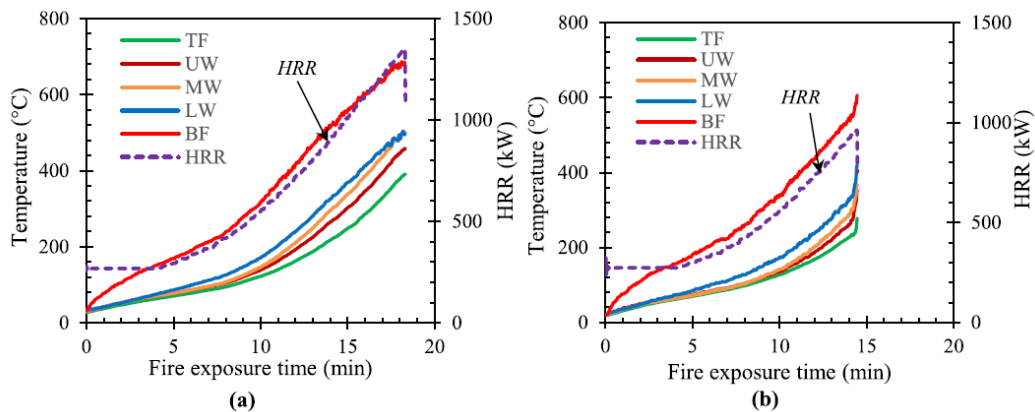
Figur 6: Bilder tatt ved eksperimentet. (a) Front, (b) topp og (c) lokal svikt i toppflens (Ramesh et al., 2020, s. 4).

Prøvestykke 2 ble eksponert for en stabil brann. Etter at gjennomsnittlig varmefrigjøring ble opprettholdt ved 700 kW, bremset temperaturøkningen i bunnflensen. Etter 31 minutter ble maksimal last oppnådd, da hadde bunnflensen en temperatur på 620 °C. Den gjennomsnittlige målte temperaturen på fem ulike steder på bjelken og hvor termometerne er plassert på tverrsnittet er vist på figur 7.



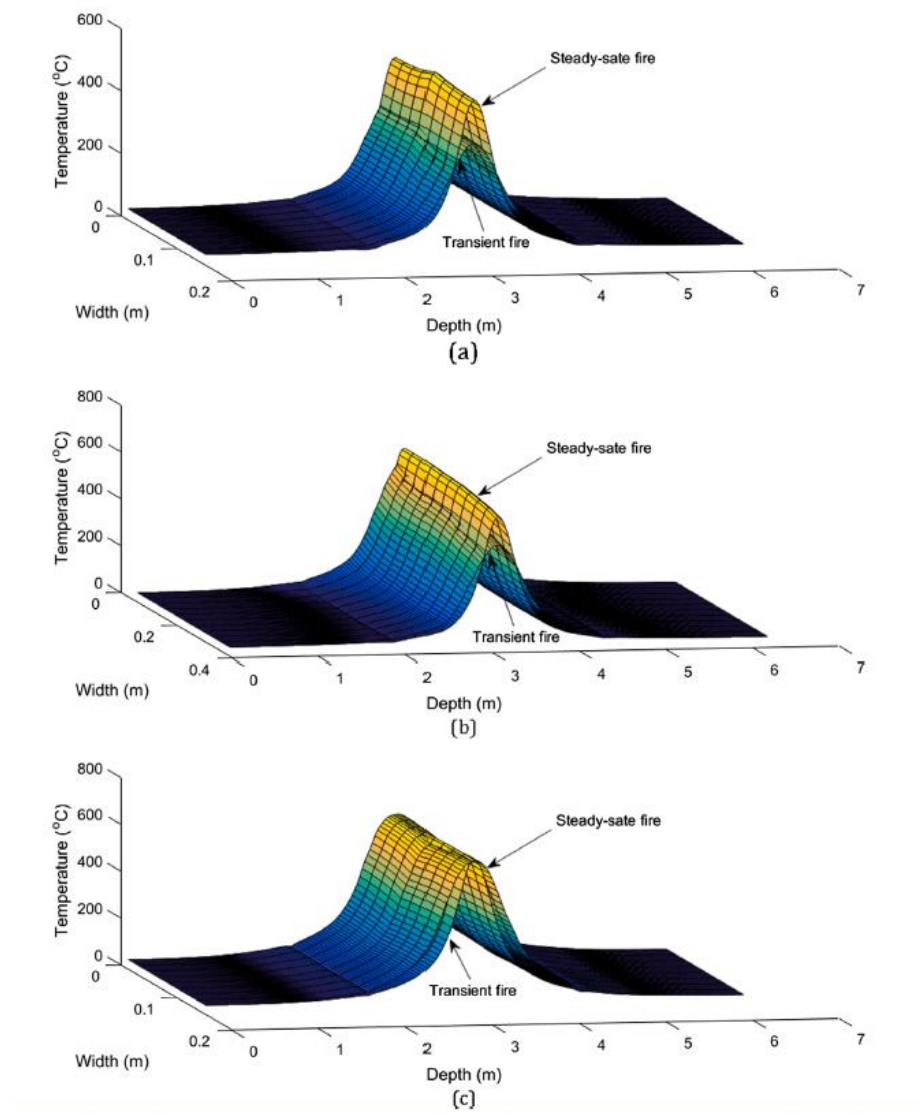
Figur 7: Figurene viser (a) temperaturøkningen og (b) temperaturmålerens plassering (Ramesh et al., 2020, s. 5).

Prøvestykke 3 og 4 ble testet ved en kortvarig brann ved å øke den gjennomsnittlige varmefrigjøringen over tid. Den strukturelle lasten på hver ende ble økt til 90 kN i romtemperatur og deretter ble midten av prøvestykkene eksponert for brann frem til prøvestykkene sviktet etter 17,5 minutt. Figur 8 viser gjennomsnittlig målt temperatur for begge prøvestykkene. Ved svikt var temperaturen til bunnflensen på prøvestykke 3 og 4 660 °C og 560 °C. Begge prøvestykkene fikk permanente deformasjoner som følge av vipping. Toppflensen på midten av de to prøvestykkene ble utsatt for lokal knekking.



Figur 8: Temperatur for (a) prøvestykke 3 og (b) prøvestykke 4 (Ramesh et al., 2020, s. 6).

Av dette eksperimentet ser man at bunnflensen til prøvestykke 3 (660 °C) hadde en høyere temperatur enn bunnflensen til prøvestykke 2 (620 °C) ved svikt. Dette kan være forårsaket av at prøvestykkene har ulik temperaturgradient. Figur 9 sammenligner temperaturen i toppflensen, steget og bunnflensen for prøvestykkene eksponert for stabil og kortvarig oppvarming.



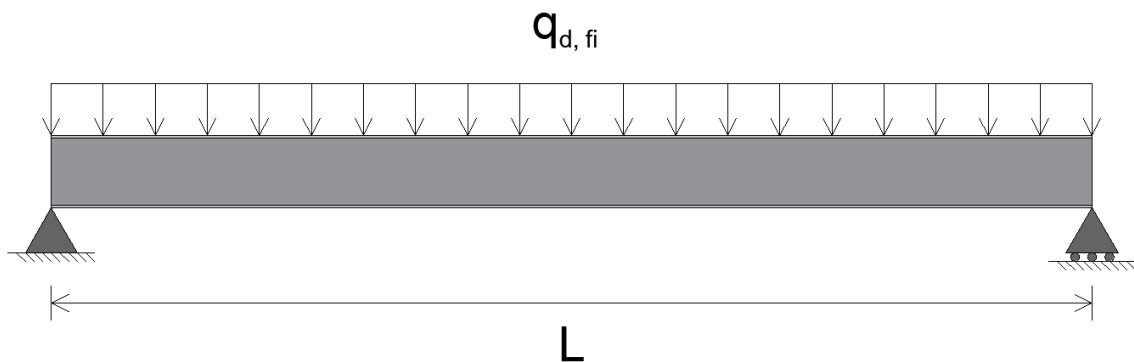
Figur 9: Sammenligning av temperaturfordelingen i prøvestykkene eksponert for stabil og kortvarig oppvarming for (a) toppflens, (b) steg og (c) bunnflens (Ramesh et al., 2020, s. 9).

Et interessant funn er at den gjennomsnittlige temperaturen for prøvestykke 2 og 3 er 435 °C og 470 °C ved svikt. Det er også benyttet endelig elementmetode utviklet for fritt opplagte bjelker resultatet er at ved en konstant temperaturøkning vil bjelken svikte ved 452 °C grunnet vipping. Disse små ulikhetene blant gjennomsnittstemperaturene vil bli videre undersøkt i fremtidige studier. Tradisjonelle tester der en undersøker strukturers yteevne baserer seg på konstante oppvarmingsforhold, derfor blir disse testene utført i ovner. Selv om det er nødvendig å gjøre flere forsøk på dette området, viser dette eksperimentet at:

- Eksponering for lokalisert brann ikke endrer vippemodus ved svikt fra romtemperatur, uavhengig av oppvarmingsforhold og endenes støttebetingelser.
- Svikttemperaturen til prøvestykkene eksponert for lokalisert brann kan bli påvirket av brann- og lastprotokollene (oppvarming til svikt sammenlignet med last til svikt). Prøvestykket kan svikte ved lavere bunnflenstemperaturer ved en stabil oppvarming enn ved en kortvarig oppvarming.
- Svikttemperaturen til prøvestykket som er eksponert for lokalisert brann kan bli senket grunnet gjeldende innspenning.

4 Analytisk tilnærming: Parametrisk studie

I dette kapitlet benyttes en parametrisk studie av dimensjonerende vippekapasitet etter tiden t $M_{b,fi,t,Rd}$ fra NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4). Variablene i denne studien er bjelkelengdene og bjelkens tverrsnitt. Her benyttes de tre tverrsnittene: IPE 300, IPE 400 og IPE 500, som alle er i henhold til NS-EN 10 034. Det benyttes også seks ulike bjelkelengder på 3, 4, 5, 6, 7 og 8 meter. Dette utgjør totalt 18 ulike bjelker med lik dimensjonerende last. Målet med denne studien er å undersøke bjelkenes utnyttelsesgrad for temperatur og styrke etter å ha vært eksponert for en ISO-brann i 30 minutter. Bjelkene er fritt opplagt og består av stål kvaliteten S355 stål, der flytespenningen og strekkfastheten er $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ og $f_u = 490 \text{ N/mm}^2$. Figur 10 viser bjelken med lastpåkjenning og støtter. I denne analysen benytter jeg Microsoft Excel. Resultatene fra denne studien er vedlagt i vedlegg A.



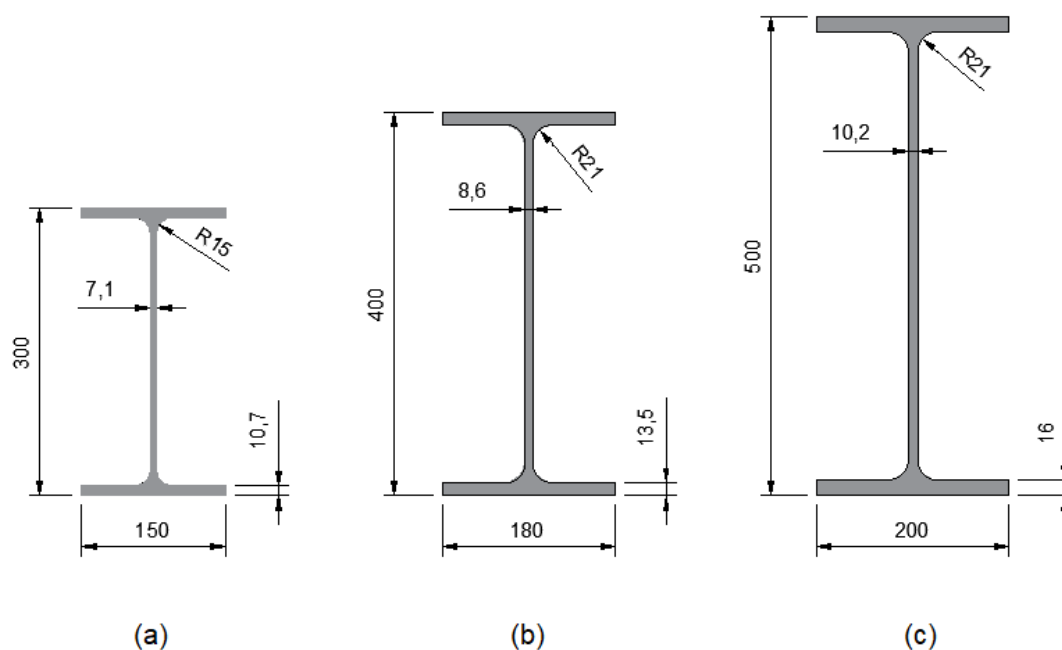
Figur 10: Bjelken med last og støtter.

4.1 Metode

Dimensjonene til de tre profilene som er benyttet i denne studien er oppført i tabell 6. Figur 11 viser de tre profilenes tverrsnitt med dimensjoner.

Tabell 6: Tverrsnittenes dimensjoner (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Institutt for konstruksjonsteknikk, 2003, s. 11).

Tverrsnittenes dimensjoner			
Tverrsnitt	IPE 300	IPE 400	IPE 500
Høyde	300 mm	400 mm	500 mm
Bredde	150 mm	180 mm	200 mm
Stegets tykkelse	7,1 mm	8,6 mm	10,2 mm
Flensens tykkelse	10,7 mm	13,5 mm	16 mm
Radius	15 mm	21 mm	21 mm
Tverrsnittareal	5 380 mm ²	8 450 mm ²	11 600 mm ²
$W_{pl,y}$	628 000 mm ³	1 308 000 mm ³	2 200 000 mm ³



Figur 11: Tverrsnittene til de benyttede profilene. (a) IPE 300, (b) IPE 400 og (c) IPE 500.

Utfører først klassifisering av tverrsnitt etter NS-EN 1993-1-1 5.6. Klassifiseringen viser at de tre benyttede tverrsnittene tilhører tverrsnittklasse 1, slik at metoden i NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4) for tverrsnittklasse 1 og 2 kan benyttes for tverrsnittene.

Egenlasten som benyttes er en vilkårlig last og er lik for alle bjelkene. Antar at bjelken befinner seg i et kontorbygg, slik at nyttelasten er 3 kN/m og $\psi_1 = 0,5$.

Egenlast: $g_k = 4 \text{ kN/m}$

Nyttelast: $q_k = 3 \text{ kN/m}$

Dimensjonerende last: $q_{d,fi} = 1,0 \cdot g_k + 1,0 \cdot \psi_1 \cdot q_k = 5,5 \text{ kN/m}$

Lastvirkningen i brannsituasjonen for alle bjelkene blir derfor gitt ved:

$$E_{d,fi} = \frac{q_{d,fi} \cdot L^2}{8}$$

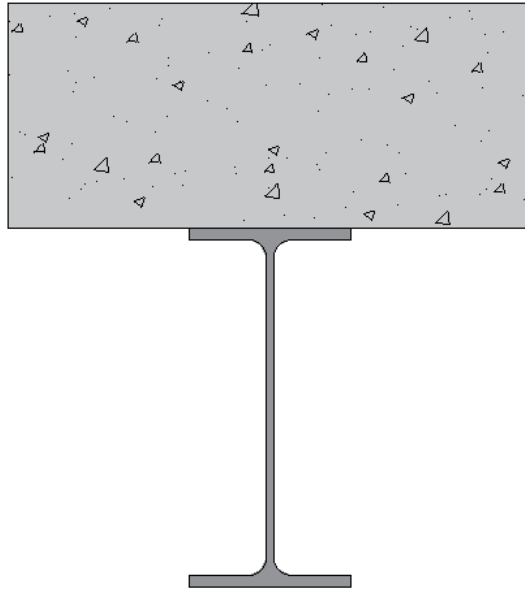
Lastvirkningen for de ulike bjelkelengdene er oppgitt i tabell 7.

Tabell 7: Lastvirkning for ulike bjelkelengder.

Bjelkelengde (m)	$E_{d,fi}$ (kNm)
3	6,2
4	11,0
5	17,2
6	24,8
7	33,7
8	44,0

Utnyttelsesgraden kan ikke være mindre enn 0,013. For IPE 500 3 meter er utnyttelsesgraden $\mu_0 = 0,008$ og må derfor settes lik 0,013.

Benytter deretter profilfaktoren A_m/V og interpolasjon av tabell 3 til å definere stålets temperatur $\theta_{a,t=30}$ etter å ha vært eksponert for brann i 30 minutter. Tre av tverrsnittets sider er eksponert for brann, som vist på figur 12. Denne temperaturen avhenger kun av bjelkens tverrsnitt og er ikke påvirket av bjelkelengden.



Figur 12: Tverrsnittets toppflens er ikke eksponert for brann.

I siste del av utregningen for dimensjonerende vippekapasitet $M_{b,fi,t,Rd}$ benyttes den konservative metoden der $\theta_{a,t=30} = \theta_{a,com}$. Verdiene for reduksjonsfaktorene $k_{y,\theta,com}$ og $k_{E,\theta,com}$ er definert i tabell 4. For det kritiske momentet M_{cr} benyttes likning 14 (Trahair, Bradford, Nethercot & Gardner, 2008, s. 234).

$$M_{cr} = \alpha_m \cdot M_{vio}$$

L. 14

Bjolkene benyttet i denne oppgaven har jevnt fordelt last og ingen sidestøtter, slik at

$$\alpha_m = 1,13.$$

Utnyttelsesgraden (UR) for temperatur- og styrkedomenet for hver bjelke benyttes for å sammenligne bjelkene som er benyttet i analysen.

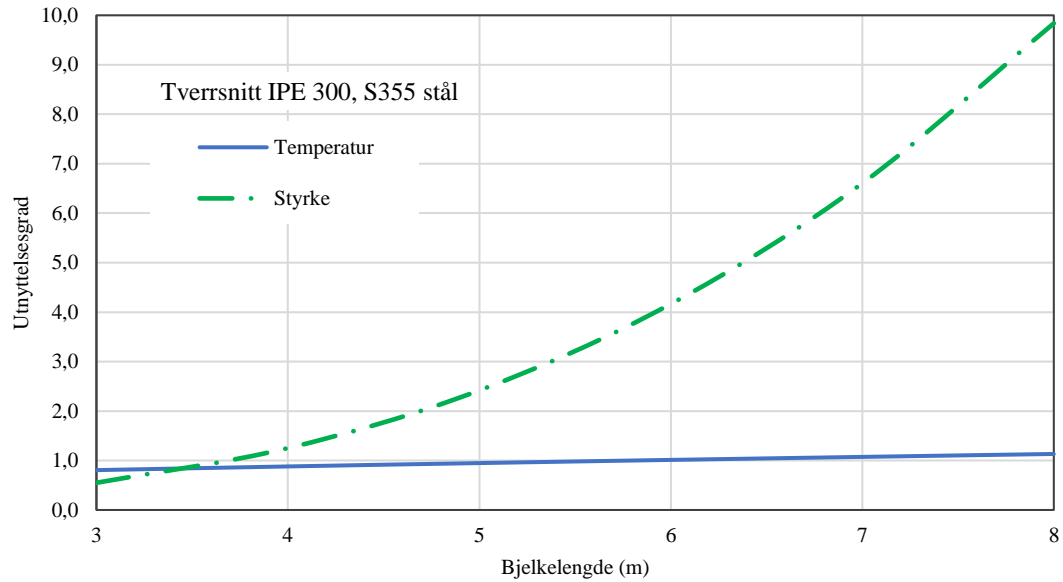
4.2 Resultat

Tabell 8 inneholder kritisk temperatur, stålets temperatur etter 30 minutter, dimensjonerende vippekapasitet og utnyttelsesgradene for temperatur- og styrkedomenet. Flere av bjelkene har en tilfredsstillende utnyttelsesgrad for temperatur, men ikke for styrke.

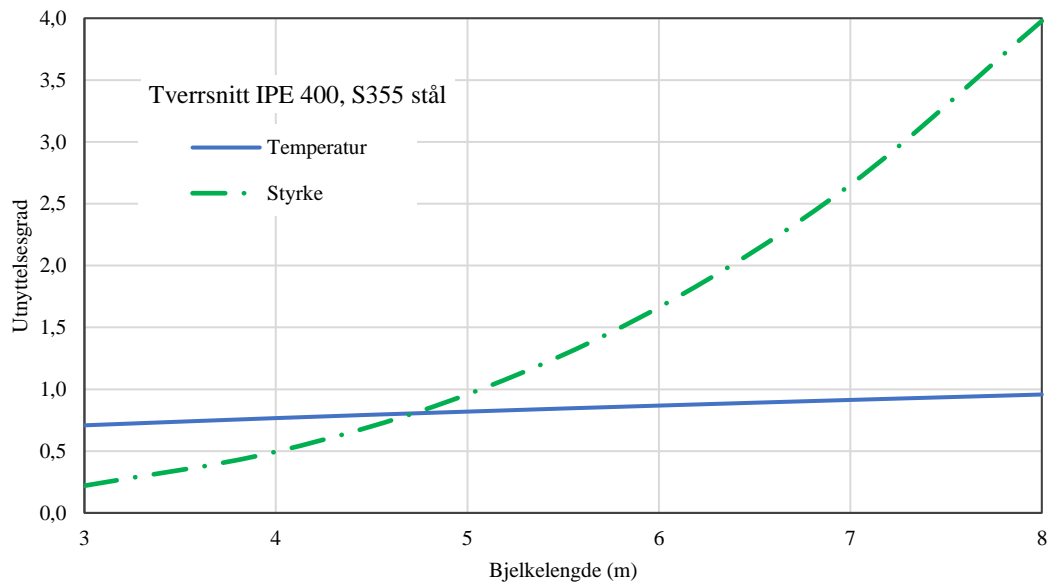
Tabell 8: Kritisk temperatur, stålets temperatur, dimensjonerende vippekapasitet og utnyttelsesgrad (UR) for benyttede bjelker ved tiden $t=30$ minutter.

Tverrsnitt	Lengde (m)	$\theta_{a,cr}$ (°C)	$\theta_{a,t=30}$ (°C)	$M_{b,fi,t,Rd}$ (kNm)	UR, temperatur	UR, styrke
IPE 300	3	1021,7	823,4	11,2	0,806	0,550
	4	935,3		8,8	0,880	1,251
	5	868,3		7,1	0,948	2,418
	6	813,5		5,9	1,012	4,166
	7	767,1		5,1	1,073	6,604
	8	727,0		4,5	1,133	9,838
IPE 400	3	1131,9	801,5	28,1	0,708	0,220
	4	1045,5		22,2	0,767	0,495
	5	978,5		17,9	0,819	0,958
	6	923,7		14,9	0,868	1,662
	7	877,4		12,7	0,914	2,653
	8	837,3		11,1	0,957	3,978
IPE 500	3	1135,7	789,1	56,0	0,695	0,111
	4	1123,6		44,5	0,702	0,247
	5	1056,6		35,8	0,747	0,480
	6	1001,8		29,5	0,788	0,839
	7	955,5		24,9	0,826	1,351
	8	915,4		21,6	0,862	2,041

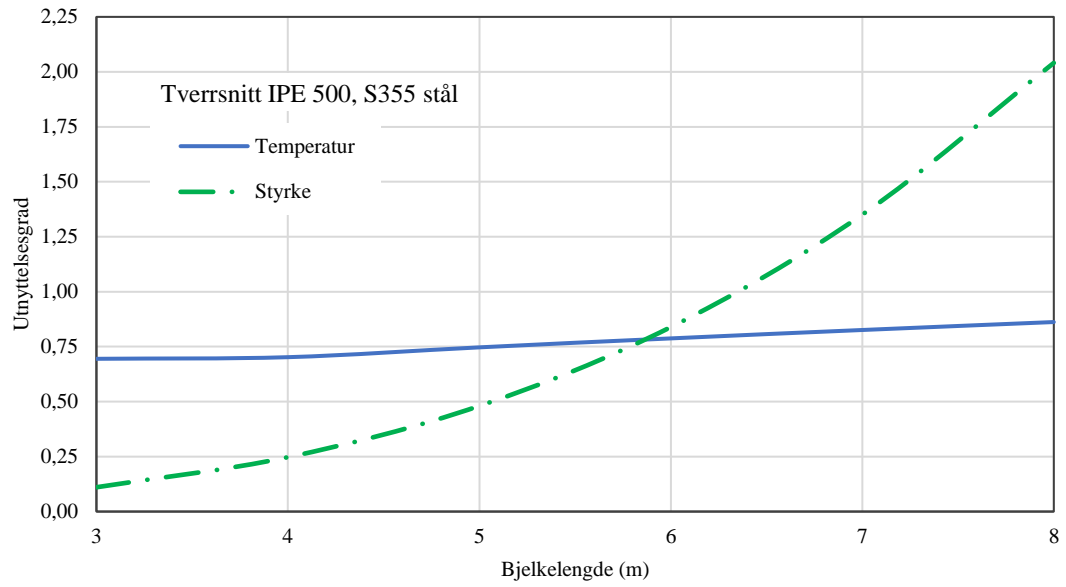
For å gi en oversikt er utnyttelsesgradene for temperatur og styrke for IPE 300, 400 og 500 plottet i figur 13, 14 og 15. Det er ikke alle bjelkene som er utsatt for vipping etter å ha vært eksponert for brann i 30 minutter. Noen av bjelkene har lavere temperatur enn kritisk temperatur og vil derfor oppfylle kapasitetskravet til temperatur, selv om lastpåkjenningen er større enn dimensjonerende vippekapasitet.



Figur 13: Utnyttelsesgrad på temperatur- og styrkedomenet for tverrsnitt IPE 300.



Figur 14: Utnyttelsesgrad på temperatur- og styrkedomenet for tverrsnitt IPE 400.



Figur 15: Utnyttelsesgrad på temperatur- og styrkeområdet for tverrsnitt IPE 500.

5 Numerisk tilnærming: SAP2000

Utfører en numerisk analyse i SAP2000 for sammenligning med resultatene fra den parametriske studien i Excel. Bjelkene og lasten som benyttes i denne delen er de samme som i kapittel 4. Resultatene fra denne studien er presentert i vedlegg B og C.

5.1 Programvare

Programvaren som er benyttet i den numeriske analysen er SAP2000 v.19.2.1. SAP2000 er en programvare benyttet til generelle formål innen byggeteknikk og er ideell for analyser og dimensjonering av alle typer struktursystem.

5.2 Metode

Utfører en termisk analyse ved å endre materialegenskapene etter resultatene fra den parametriske studien i Microsoft Excel. Benytter en redusert elastisitetsmodul $E_{\theta} = E \cdot k_{E,\theta}$ og en redusert flytegrense $f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$. Tabell 9 inneholder reduksjonsfaktorene og reduserte egenskaper etter å ha vært eksponert for brann i 30 minutter.

Tabell 9: Tverrsnitt, reduksjonsfaktor for elastisitetsmodul, elastisitetsmodul, reduksjonsfaktor for flytegrense og flytegrense.

Tverrsnitt	$k_{E,\theta}$	E_{θ} (GPa)	$k_{y,\theta}$	$f_{y,\theta}$ (N/mm ²)
IPE 300	0,085	17,85	0,098	34,79
IPE 400	0,090	18,90	0,109	38,70
IPE 500	0,094	19,74	0,123	43,67

SAP2000 benytter automatisk knekkurve a for tverrsnittene som er benyttet i denne oppgaven. Likning 11 definerer imperfeksjonsfaktoren α ved brann, og denne avviker fra verdien for knekkurve a i tabell 10, derfor overskrives knekkurvene manuelt til knekkurve c og d.

Tabell 10: Imperfeksjonsfaktor for ulike knekkurver (NS-EN 1993-1-1, 2015, s. 58).

Knekkurve	α_0	a	b	c	d
Imperfeksjonsfaktor α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

5.3 Resultat

Dimensjonerende vippekapasitet og utnyttelsesgrad fra SAP2000 for de to ulike knekkurvene er presentert i tabell 11.

Tabell 11: Dimensjonerende vippekapasitet og utnyttelsesgrad (UR) funnet i SAP2000 for knekkurve c og d.

Tverrsnitt	Lengde (m)	Knekkurve c		Knekkurve d	
		$M_{b,fi,t,Rd}$ (kNm)	UR	$M_{b,fi,t,Rd}$ (kNm)	UR
IPE 300	3	12,5	0,496	10,9	0,569
	4	9,6	1,146	8,3	1,325
	5	7,7	2,234	6,7	2,567
	6	6,3	3,937	5,6	4,429
	7	5,4	6,241	4,8	7,021
	8	4,7	9,362	4,2	10,476
IPE 400	3	32,1	0,193	28,0	0,221
	4	25,0	0,440	21,6	0,509
	5	20,1	0,856	17,5	0,983
	6	16,5	1,503	14,5	1,710
	7	14,0	2,407	12,4	2,718
	8	12,1	3,636	10,8	4,074
IPE 500	3	62,6	0,099	54,7	0,113
	4	48,8	0,225	42,2	0,261
	5	38,8	0,443	33,7	0,510
	6	31,5	0,787	27,6	0,899
	7	26,4	1,277	23,4	1,440
	8	22,6	1,947	20,2	2,178

6 Sammenligning og diskusjon

Temperaturmålingene fra eksperimentet beskrevet i kapittel 3 viser at dersom undersiden av en stålbjelke er eksponert for brann vil ikke hele tverrsnittet ha lik temperatur. I de målte tilfellene var det flere hundre grader forskjell på temperaturen til topp- og bunnflensen. I den analytiske tilnærmelsen er det derimot benyttet en konservativ verdi for temperaturen.

Temperaturen i bjelkens trykkflens 30 minutter etter brannstart kan derfor avvike fra ståltemperaturen som er benyttet i kapittel 4 og 5. Den konservative temperaturen er benyttet som følge av at denne er den vanligste tilnæringsmetoden. Det er derfor grunn til å anta at den konservative verdien gir en god nok tilnærming til temperaturen. I eksperimentet konkluderer en også med at brann- og lastprotkollene vil påvirke svikttemperaturen til en bjelke. Bjelker som ved brann er lastet frem til de svikter kan ha en annen svikttemperatur enn bjelker med en statisk last som er eksponert for brann frem til de svikter. I kapittel 4 og 5 er det derimot benyttet en statisk last og resultatet kunne vært annerledes dersom en benyttet en økende lastpåkjenning.

Den parametriske studien ble utført i Excel. Bjelkelengden og bjelkens tverrsnitt ble benyttet som variabler i denne analytiske tilnærmelsen. Etter å ha undersøkt de ulike bjelkene viser resultatene at selv om de lengste bjelkene oppfyller kapasitetskravet til temperatur, vil lastpåkjenningen være større enn lastkapasiteten og bjelkene vil utsettes for vipping. Dette resultatet er interessant, da det viser at det ikke alltid er tilstrekkelig å dimensjonere mot vipping kun med hensyn på temperatur. For de kortere bjelkene vil det derimot være tilstrekkelig å dimensjonere kun med hensyn på temperatur. En kan ikke konkludere med at dette også gjelder for flere typer tverrsnitt enn IPE, da det kun er gjort undersøkelser for IPE tverrsnitt i denne oppgaven.

Utnyttelsesgradene fra analysen i Excel og for de to ulike knekkurvene i SAP2000 er presentert i tabell 12. Utnyttelsesgraden fra den parametriske studien er som forventet innenfor verdiene for utnyttelsesgraden for knekkurve c og d, da verdien til den beregnede imperfeksjonsfaktoren befinner seg mellom knekkurve c og d. Den numeriske studien viser at det er mulig å benytte SAP2000 til branndimensjonering dersom stålets materialeegenskaper endres slik at de samsvarer med stålets egenskaper etter å ha vært utsatt for brann i en gitt tid. Knekkurven som benyttes må også overskrives manuelt slik at imperfeksjonsfaktoren som benyttes i SAP2000 er tilnærmet imperfeksjonsfaktoren ved vipping ved brann.

Tabell 12: Umyttelsesgrad (UR) for styrkeområdet fra Excel og SAP2000.

Tverrsnitt	Lengde (m)	UR, SAP2000, knekkurve c	UR, Excel	UR, SAP2000, knekkurve d
IPE 300	3	0,496	0,550	0,569
	4	1,146	1,251	1,325
	5	2,234	2,418	2,567
	6	3,937	4,166	4,429
	7	6,241	6,604	7,021
	8	9,362	9,838	10,476
IPE 400	3	0,193	0,220	0,221
	4	0,440	0,495	0,509
	5	0,856	0,958	0,983
	6	1,503	1,662	1,710
	7	2,407	2,653	2,718
	8	3,636	3,978	4,074
IPE 500	3	0,099	0,111	0,113
	4	0,225	0,247	0,261
	5	0,443	0,480	0,510
	6	0,787	0,839	0,899
	7	1,277	1,351	1,440
	8	1,947	2,041	2,178

7 Konklusjon

7.1 Oppsummering

Denne oppgaven presenterer to ulike analytiske tilnærmelser av 18 ulike bjelker på kontrollområdet for temperatur og styrke. De analytiske tilnærmelsene som er benyttet består av en parametrisk studie i Excel og en numerisk studie i SAP2000. Målet har vært å få en bedre forståelse av bjelker utsatt for vipping ved brann.

Teori til branndimensjonering av stål er gitt i NS-EN 1993-1-2. Klassifisering av tverrsnitt utføres etter samme metode som for stål i romtemperatur. Kapasitetspåvisningen kan kontrolleres både på temperatur- og styrkedomenet. Ved branndimensjonering benyttes en konservativ verdi for stålets temperatur.

Eksperimentet utført av S. Ramesh, L. Choe og C. Zhang ved NIST i 2020 undersøkte stålbjelker eksponert for en lokalisert brann. Her ble det benyttet fire ulike bjelker med lik bjelkelengde. Brann- og lastprotokoll varierte for hver av bjelkene. Som følge av eksperimentet konkluderer en med at:

- Eksponering for lokalisert brann ikke endrer vippemodus ved svikt fra romtemperatur, uavhengig av oppvarmingsforhold og endenes støttebetingelser.
- Svikttemperaturen til prøvestykkene eksponert for lokalisert brann kan bli påvirket av brann- og lastprotokollene (oppvarming til svikt sammenlignet med last til svikt). Prøvestykket kan svikte ved lavere bunnflenstemperaturer ved en stabil oppvarming enn ved en kortvarig oppvarming.
- Svikttemperaturen til prøvestykket som er eksponert for lokalisert brann kan bli senket grunnet gjeldende innspenning.

Det er utført en parametrisk studie i Microsoft Excel der bjelkelengder og tverrsnitt er benyttet som parametere. Studien finner hver av bjelkenes kritiske temperatur, stålets temperatur etter 30 minutter, dimensjonerende vippekapasitet og utnyttelsesgradene på temperatur- og styrkedomenet.

SAP2000 benyttes til en numerisk studie av de 18 bjelkene. Før studien ble utført i SAP2000 var det nødvendig å beregne hver av tverrsnittenes materialegenskaper slik at disse samsvarte med stålets materialegenskaper 30 minutter etter brannstart. Automatisk valgt knekkurve i SAP2000 ble overskrevet for å dekke imperfeksjonsfaktoren for bjelkene ved brann.

Dimensjonerende vippekapasitet funnet i SAP2000 er sammenlignet med resultatet fra den parametriske studien.

7.2 Konklusjon

Som følge av den parametriske studien er konklusjonen at det ikke alltid er tilstrekkelig å kun ta hensyn til temperaturdomenet når en dimensjonerer stålbjelker mot vipping ved brann. For enkelte av bjelkene tilfredsstilte kravet til temperatur, men ikke for styrke. Dette gjaldt for de lengste bjelkene.

Ved å beregne stålets materialegenskaper 30 minutter etter brannstart er det mulig å utføre branndimensjonering i SAP2000. Materialegenskapene må beregnes og plottes inn slik at disse er i henhold til Eurokode 3. Imperfeksjonsfaktoren må også bestemmes for valgt stålkvalitet og deretter må knekkkurven i SAP2000 overskrives slik at denne er tilnærmet lik utregnet imperfeksjonsfaktor.

7.3 Fremtidig arbeid

Den parametriske studien benytter kun en konservativ verdi for temperaturen for bjelkens trykkflens. Det hadde vært interessant å se virkningen av en mer nøyaktig verdi for trykkflensens temperatur.

Den dimensjonerende lasten som er benyttet er en jevnt fordelt last, det er ikke benyttet noen sideveis støtter og det er kun benyttet IPE-tverrsnitt. Det ville vært interessant å se hvordan en variasjon av belastning, støtter og tverrsnitt hadde påvirket resultatene.

Bjelkene som er benyttet i denne oppgaven er ikke en del av en konstruksjon. En fremtidig analyse kunne vært å se hvordan bjelker i en konstruksjon vil oppføre seg dersom de ved brann ble utsatt for vipping.

Referanser

- Al-Zaidee, S. R. & Al-Hasany, E. G. (2017, januar). Effectiveness of connection type on lateral torsional buckling of steel beams. Hentet 17.04.2021 fra https://www.researchgate.net/figure/Lateral-Torsional-buckling_fig1_343443286
- Larsen, P. K. (2015). *Dimensjonering av stålkonstruksjoner* (2. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet Institutt for konstruksjonsteknikk. (2003). *Stålkonstruksjoner: Profiler og formler*. (3. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.
- Standard Norge. (2015). *Eurokode 3: NS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015 - Prosjektering av stålkonstruksjoner - Allmenne regler og regler for bygninger*. Standard Norge.
- Standard Norge. (2009). *Eurokode 3: NS-EN 1993-1-2:2005+NA:2009 - Prosjektering av stålkonstruksjoner - Brannteknisk dimensjonering*. Standard Norge.
- Ramesh, S., Choe, L. & Zhang, C. (2020). Experimental investigation of structural steel beams subjected to localized fire. *Elsevier*. Hentet 18.03.20 fra <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110844>
- Storesund, K., Sesseng, C., Mikalsen, R. F., Holmvaag, O. A. & Steen-Hansen, A., RISE. (2020). *Evaluering av brann i parkeringshus på Stavanger Lufthavn Sola 7. januar 2020*. Hentet 07.04.21 fra https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/andre-rapporter/rise-rapport-2020_43_evaluering-av-brann-i-parkeringshus-pa-stavanger-lufthavn-sola_2020-06-26.pdf
- Trahair, N. S., Bradford, M. A., Nethercot, D. A. & Gardner, L. (2008). *The behaviour and design of steel structures to EC3* (4. utg.). London: Taylor & Francis.

Vedlegg

A: Microsoft Excel

Vedlegg A består av resultatene fra analysen i Excel.

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 300
Lengde	3 m
Stålkvalitet	S355
h	300 mm
b	150 mm
tw	7,1 mm
tf	10,7 mm
r	15 mm
A	5380 mm ²
S _y	314000 mm ³
W _{pl,y}	628000 mm ³
c _w	248,6 mm
c _f	56,45 mm
B1	4,498E+11 Nmm ²
B2	4018 mm
f _y	355 Mpa
E	0,69
Y _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

$c_w/t_w * E$ 50,63 Class 1 (Bøying)

Flens:

$c_f/t_f * E$ 7,63 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	6,2 kNm
R _{fi,d,0}	222,9 kNm
μ ₀	0,028
θ _{a,cr}	1021,7 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1035,8 mm
v	5380,0 mm ²
A _m /v	192,5 1/m
θ _{a,t=30}	823,4 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	823,4 °C
k _{y,θ}	0,098
k _{y,θ,com}	0,098
k _{E,θ,com}	0,085
α _m	1,130
M _{vio}	250,6 kNm
M _{cr}	283,2 kNm
$\bar{\lambda} / T$	0,887
$\bar{\lambda} L T, \theta, com$	0,955
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,208
χ _{LT,fi}	5,131E-01
M _{b,fi,t,Rd}	11,2 kNm
UR, styrke	0,550

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 300
Lengde	4 m
Stålkvalitet	S355
h	300 mm
b	150 mm
tw	7,1 mm
tf	10,7 mm
r	15 mm
A	5380 mm ²
Sy	314000 mm ³
W _{pl,y}	628000 mm ³
c _w	248,6 mm
c _f	56,45 mm
B1	4,498E+11 Nmm ²
B2	4018 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
Y _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 50,63 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 7,63 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	11,0 kNm
R _{fi,d,0}	222,9 kNm
μ ₀	0,049
θ _{a,cr}	935,3 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1035,8 mm
v	5380,0 mm ²
A _m /v	192,5 1/m
θ _{a,t=30}	823,4 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	823,4 °C
k _{y,θ}	0,098
k _{y,θ,com}	0,098
k _{E,θ,com}	0,085
α _m	1,130
M _{vio}	159,4 kNm
M _{cr}	180,1 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,113
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,197
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,534
χ _{LT,fi}	4,013E-01
M _{b,fi,t,Rd}	8,8 kNm
UR, styrke	1,251

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 300
Lengde	5 m
Stålkvalitet	S355
h	300 mm
b	150 mm
tw	7,1 mm
tr	10,7 mm
r	15 mm
A	5380 mm ²
Sy	314000 mm ³
Wpl,y	628000 mm ³
cw	248,6 mm
cf	56,45 mm
B1	4,498E+11 Nmm ²
B2	4018 mm
fy	355 Mpa
ε	0,69
YM,fi	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

cw/tw*ε 50,63 Class 1 (Bøying)

Flens:

cf/tr*ε 7,63 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

qd,fi	5,5 kN/m
Ed,fi	17,2 kNm
Rfi,d,0	222,9 kNm
μ0	0,077
θa,cr	868,3 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

Am	1035,8 mm
v	5380,0 mm ²
Am/v	192,5 1/m
θa,t=30	823,4 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θa,com	823,4 °C
ky,θ	0,098
ky,θ,com	0,098
ke,θ,com	0,085
αm	1,130
Mvio	115,4 kNm
Mcr	130,4 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,307
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,407
α	0,529
φLT,θ,com	1,862
χLT,fi	3,245E-01
Mb,fi,t,Rd	7,1 kNm
UR, styrke	2,418

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 300
Lengde	6 m
Stålkvalitet	S355
h	300 mm
b	150 mm
tw	7,1 mm
tr	10,7 mm
r	15 mm
A	5380 mm ²
Sy	314000 mm ³
Wpl,y	628000 mm ³
cw	248,6 mm
cf	56,45 mm
B1	4,498E+11 Nmm ²
B2	4018 mm
fy	355 Mpa
ε	0,69
YM,fi	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

cw/tw*ε 50,63 Class 1 (Bøying)

Flens:

cf/tr*ε 7,63 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

qd,fi	5,5 kN/m
Ed,fi	24,8 kNm
Rfi,d,0	222,9 kNm
μ0	0,111
θa,cr	813,5 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

Am	1035,8 mm
v	5380,0 mm ²
Am/v	192,5 1/m
θa,t=30	823,4 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θa,com	823,4 °C
ky,θ	0,098
ky,θ,com	0,098
kE,θ,com	0,085
αm	1,130
Mvio	90,2 kNm
Mcr	102,0 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,479
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,592
α	0,529
φLT,θ,com	2,187
χLT,fi	2,712E-01
Mb,fi,t,Rd	5,9 kNm
UR, styrke	4,166

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 300
Lengde	7 m
Stålkvalitet	S355
h	300 mm
b	150 mm
tw	7,1 mm
tr	10,7 mm
r	15 mm
A	5380 mm ²
Sy	314000 mm ³
Wpl,y	628000 mm ³
cw	248,6 mm
cf	56,45 mm
B1	4,498E+11 Nmm ²
B2	4018 mm
fy	355 Mpa
ε	0,69
YM,fi	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

cw/tw*ε 50,63 Class 1 (Bøying)

Flens:

cf/tr*ε 7,63 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

qd,fi	5,5 kN/m
Ed,fi	33,7 kNm
Rfi,d,0	222,9 kNm
μ0	0,151
θa,cr	767,1 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

Am	1035,8 mm
v	5380,0 mm ²
Am/v	192,5 1/m
θa,t=30	823,4 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θa,com	823,4 °C
ky,θ	0,098
ky,θ,com	0,098
kE,θ,com	0,085
αm	1,130
Mvio	74,1 kNm
Mcr	83,7 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,632
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,756
α	0,529
φLT,θ,com	2,507
χLT,fi	2,328E-01
Mb,fi,t,Rd	5,1 kNm
UR, styrke	6,604

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 300
Lengde	8 m
Stålkvalitet	S355
h	300 mm
b	150 mm
tw	7,1 mm
tf	10,7 mm
r	15 mm
A	5380 mm ²
Sy	314000 mm ³
W _{pl,y}	628000 mm ³
cw	248,6 mm
cf	56,45 mm
B1	4,498E+11 Nmm ²
B2	4018 mm
fy	355 Mpa
ε	0,69
Y _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

cw/tw*ε 50,63 Class 1 (Bøying)

Flens:

cf/tr*ε 7,63 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	44,0 kNm
R _{fi,d,0}	222,9 kNm
μ ₀	0,197
θ _{a,cr}	727,0 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1035,8 mm
v	5380,0 mm ²
A _m /v	192,5 1/m
θ _{a,t=30}	823,4 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	823,4 °C
k _{y,θ}	0,098
k _{y,θ,com}	0,098
k _{E,θ,com}	0,085
α _m	1,130
M _{vio}	62,9 kNm
M _{cr}	71,1 kNm
$\bar{\lambda}IT$	1,771
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,906
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	2,820
χ _{LT,fi}	2,041E-01
M _{b,fi,t,Rd}	4,5 kNm
UR, styrke	9,838

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 400
Lengde	3 m
Stålkvalitet	S355
h	400 mm
b	180 mm
tw	8,6 mm
tf	13,5 mm
r	21 mm
A	8450 mm ²
Sy	654000 mm ³
W _{pl,y}	1308000 mm ³
c _w	331 mm
c _f	64,7 mm
B1	1,016E+12 Nmm ²
B2	4970 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 55,65 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,93 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	6,2 kNm
R _{fi,d,0}	464,3 kNm
μ ₀	0,013
θ _{a,cr}	1131,9 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1322,8 mm
v	8450,0 mm ²
A _m /v	156,5 1/m
θ _{a,t=30}	801,5 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	801,5 °C
k _{y,θ}	0,109
k _{y,θ,com}	0,109
k _{E,θ,com}	0,090
α _m	1,130
M _{vio}	655,3 kNm
M _{cr}	740,5 kNm
$\bar{\lambda}LT$	0,792
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	0,874
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,113
χ _{LT,fi}	5,548E-01
M _{b,fi,t,Rd}	28,1 kNm
UR, styrke	0,220

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 400
Lengde	4 m
Stålkvalitet	S355
h	400 mm
b	180 mm
tw	8,6 mm
tf	13,5 mm
r	21 mm
A	8450 mm ²
Sy	654000 mm ³
W _{pl,y}	1308000 mm ³
c _w	331 mm
c _f	64,7 mm
B1	1,016E+12 Nmm ²
B2	4970 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 55,65 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,93 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	11,0 kNm
R _{fi,d,0}	464,3 kNm
μ ₀	0,024
θ _{a,cr}	1045,5 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1322,8 mm
v	8450,0 mm ²
A _m /v	156,5 1/m
θ _{a,t=30}	801,5 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	801,5 °C
k _{y,θ}	0,109
k _{y,θ,com}	0,109
k _{E,θ,com}	0,090
α _m	1,130
M _{vio}	405,1 kNm
M _{cr}	457,8 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,007
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,112
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,412
χ _{LT,fi}	4,382E-01
M _{b,fi,t,Rd}	22,2 kNm
UR, styrke	0,495

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 400
Lengde	5 m
Stålkvalitet	S355
h	400 mm
b	180 mm
tw	8,6 mm
tf	13,5 mm
r	21 mm
A	8450 mm ²
Sy	654000 mm ³
W _{pl,y}	1308000 mm ³
c _w	331 mm
c _f	64,7 mm
B1	1,016E+12 Nmm ²
B2	4970 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 55,65 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,93 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	17,2 kNm
R _{fi,d,0}	464,3 kNm
μ ₀	0,037
θ _{a,cr}	978,5 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1322,8 mm
v	8450,0 mm ²
A _m /v	156,5 1/m
θ _{a,t=30}	801,5 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	801,5 °C
k _{y,θ}	0,109
k _{y,θ,com}	0,109
k _{E,θ,com}	0,090
α _m	1,130
M _{vio}	286,5 kNm
M _{cr}	323,8 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,198
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,322
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,723
χ _{LT,fi}	3,535E-01
M _{b,fi,t,Rd}	17,9 kNm
UR, styrke	0,958

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 400
Lengde	6 m
Stålkvalitet	S355
h	400 mm
b	180 mm
tw	8,6 mm
tf	13,5 mm
r	21 mm
A	8450 mm ²
Sy	654000 mm ³
W _{pl,y}	1308000 mm ³
c _w	331 mm
c _f	64,7 mm
B1	1,016E+12 Nmm ²
B2	4970 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
Y _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 55,65 Class 1 (Bøyning)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,93 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	24,8 kNm
R _{fi,d,0}	464,3 kNm
μ ₀	0,053
θ _{a,cr}	923,7 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1322,8 mm
v	8450,0 mm ²
A _m /v	156,5 1/m
θ _{a,t=30}	801,5 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	801,5 °C
k _{y,θ}	0,109
k _{y,θ,com}	0,109
k _{E,θ,com}	0,090
α _m	1,130
M _{vlo}	219,9 kNm
M _{cr}	248,5 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,367
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,509
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	2,037
χ _{LT,fi}	2,936E-01
M _{b,fi,t,Rd}	14,9 kNm
UR, styrke	1,662

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 400
Lengde	7 m
Stålkvalitet	S355
h	400 mm
b	180 mm
tw	8,6 mm
tf	13,5 mm
r	21 mm
A	8450 mm ²
Sy	654000 mm ³
W _{pl,y}	1308000 mm ³
c _w	331 mm
c _f	64,7 mm
B1	1,016E+12 Nmm ²
B2	4970 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 55,65 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,93 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	33,7 kNm
R _{fi,d,0}	464,3 kNm
μ ₀	0,073
θ _{a,cr}	877,4 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1322,8 mm
v	8450,0 mm ²
A _m /v	156,5 1/m
θ _{a,t=30}	801,5 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	801,5 °C
k _{y,θ}	0,109
k _{y,θ,com}	0,109
k _{E,θ,com}	0,090
α _m	1,130
M _{vlo}	178,0 kNm
M _{cr}	201,1 kNm
$\bar{\lambda}lT$	1,519
$\bar{\lambda}lT, \theta, com$	1,677
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	2,350
χ _{LT,fi}	2,503E-01
M _{b,fi,t,Rd}	12,7 kNm
UR, styrke	2,653

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 400
Lengde	8 m
Stålkvalitet	S355
h	400 mm
b	180 mm
tw	8,6 mm
tr	13,5 mm
r	21 mm
A	8450 mm ²
Sy	654000 mm ³
Wpl,y	1308000 mm ³
cw	331 mm
cf	64,7 mm
B1	1,016E+12 Nmm ²
B2	4970 mm
fy	355 Mpa
ε	0,69
YM,fi	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

cw/tw*ε 55,65 Class 1 (Bøying)

Flens:

cf/tr*ε 6,93 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

qd,fi	5,5 kN/m
Ed,fi	44,0 kNm
Rfi,d,0	464,3 kNm
μ0	0,095
θa,cr	837,3 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

Am	1322,8 mm
v	8450,0 mm ²
Am/v	156,5 1/m
θa,t=30	801,5 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θa,com	801,5 °C
ky,θ	0,109
ky,θ,com	0,109
kE,θ,com	0,090
αm	1,130
Mvio	149,5 kNm
Mcr	168,9 kNm
$\bar{\lambda}LT$	1,658
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,830
α	0,529
φLT,θ,com	2,658
χLT,fi	2,180E-01
Mb,fi,t,Rd	11,1 kNm
UR, styrke	3,978

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 500
Lengde	3 m
Stålkvalitet	S355
h	500 mm
b	200 mm
tw	10,2 mm
tf	16 mm
r	21 mm
A	11600 mm ²
Sy	1100000 mm ³
W _{pl,y}	2200000 mm ³
c _w	426 mm
c _f	73,9 mm
B1	1,784E+12 Nmm ²
B2	6006 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 60,39 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,68 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	6,2 kNm
R _{fi,d,0}	781,0 kNm
μ ₀	0,013
θ _{a,cr}	1135,7 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1579,6 mm
v	11600,0 mm ²
A _m /v	136,2 1/m
θ _{a,t=30}	789,1 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	789,1 °C
k _{y,θ}	0,123
k _{y,θ,com}	0,123
k _{E,θ,com}	0,094
α _m	1,130
M _{vio}	1330,8 kNm
M _{cr}	1503,8 kNm
$\bar{\lambda}LT$	0,721
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	0,823
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,056
χ _{LT,fi}	5,819E-01
M _{b,fi,t,Rd}	56,0 kNm
UR, styrke	0,111

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 500
Lengde	4 m
Stålkvalitet	S355
h	500 mm
b	200 mm
tw	10,2 mm
tf	16 mm
r	21 mm
A	11600 mm ²
Sy	1100000 mm ³
W _{pl,y}	2200000 mm ³
c _w	426 mm
c _f	73,9 mm
B1	1,784E+12 Nmm ²
B2	6006 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 60,39 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,68 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	11,0 kNm
R _{fi,d,0}	781,0 kNm
μ ₀	0,014
θ _{a,cr}	1123,6 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1579,6 mm
v	11600,0 mm ²
A _m /v	136,2 1/m
θ _{a,t=30}	789,1 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	789,1 °C
k _{y,θ}	0,123
k _{y,θ,com}	0,123
k _{E,θ,com}	0,094
α _m	1,130
M _{vio}	804,6 kNm
M _{cr}	909,2 kNm
$\bar{\lambda}LT$	0,927
$\bar{\lambda}LT, \theta, com$	1,059
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,340
χ _{LT,fi}	4,625E-01
M _{b,fi,t,Rd}	44,5 kNm
UR, styrke	0,247

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 500
Lengde	5 m
Stålkvalitet	S355
h	500 mm
b	200 mm
tw	10,2 mm
tf	16 mm
r	21 mm
A	11600 mm ²
Sy	1100000 mm ³
W _{pl,y}	2200000 mm ³
c _w	426 mm
c _f	73,9 mm
B1	1,784E+12 Nmm ²
B2	6006 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 60,39 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,68 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	17,2 kNm
R _{fi,d,0}	781,0 kNm
μ ₀	0,022
θ _{a,cr}	1056,6 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1579,6 mm
v	11600,0 mm ²
A _m /v	136,2 1/m
θ _{a,t=30}	789,1 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	789,1 °C
k _{y,θ}	0,123
k _{y,θ,com}	0,123
k _{E,θ,com}	0,094
α _m	1,130
M _{vlo}	557,7 kNm
M _{cr}	630,2 kNm
$\bar{\lambda}lT$	1,113
$\bar{\lambda}lT, \theta, com$	1,272
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,645
χ _{LT,fi}	3,721E-01
M _{b,fi,t,Rd}	35,8 kNm
UR, styrke	0,480

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 500
Lengde	6 m
Stålkvalitet	S355
h	500 mm
b	200 mm
tw	10,2 mm
tf	16 mm
r	21 mm
A	11600 mm ²
Sy	1100000 mm ³
W _{pl,y}	2200000 mm ³
c _w	426 mm
c _f	73,9 mm
B1	1,784E+12 Nmm ²
B2	6006 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:
 $c_w/t_w * \epsilon$ 60,39 Class 1 (Bøying)

Flens:
 $c_f/t_f * \epsilon$ 6,68 Class 1 (Trykk)

Tverrsnittets kritiske temperatur

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	24,8 kNm
R _{fi,d,0}	781,0 kNm
μ ₀	0,032
θ _{a,cr}	1001,8 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1579,6 mm
v	11600,0 mm ²
A _m /v	136,2 1/m
θ _{a,t=30}	789,1 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	789,1 °C
k _{y,θ}	0,123
k _{y,θ,com}	0,123
k _{E,θ,com}	0,094
α _m	1,130
M _{vio}	420,7 kNm
M _{cr}	475,4 kNm
$\bar{\lambda} I T$	1,282
$\bar{\lambda} L T, \theta, com$	1,464
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	1,959
χ _{LT,fi}	3,067E-01
M _{b,fi,t,Rd}	29,5 kNm
UR, styrke	0,839

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 500
Lengde	7 m
Stålkvalitet	S355
h	500 mm
b	200 mm
tw	10,2 mm
tf	16 mm
r	21 mm
A	11600 mm ²
Sy	1100000 mm ³
W _{pl,y}	2200000 mm ³
c _w	426 mm
c _f	73,9 mm
B1	1,784E+12 Nmm ²
B2	6006 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 60,39 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_f*ε 6,68 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	33,7 kNm
R _{fi,d,0}	781,0 kNm
μ ₀	0,043
θ _{a,cr}	955,5 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1579,6 mm
v	11600,0 mm ²
A _m /v	136,2 1/m
θ _{a,t=30}	789,1 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	789,1 °C
k _{y,θ}	0,123
k _{y,θ,com}	0,123
k _{E,θ,com}	0,094
α _m	1,130
M _{vio}	335,8 kNm
M _{cr}	379,5 kNm
$\bar{\lambda}l.T$	1,435
$\bar{\lambda}l.T, \theta, com$	1,639
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	2,276
χ _{LT,fi}	2,594E-01
M _{b,fi,t,Rd}	24,9 kNm
UR, styrke	1,351

Tverrsnittets dimensjoner og egenskaper

Tverrsnitt	IPE 500
Lengde	8 m
Stålkvalitet	S355
h	500 mm
b	200 mm
tw	10,2 mm
tr	16 mm
r	21 mm
A	11600 mm ²
Sy	1100000 mm ³
W _{pl,y}	2200000 mm ³
c _w	426 mm
c _f	73,9 mm
B1	1,784E+12 Nmm ²
B2	6006 mm
f _y	355 Mpa
ε	0,69
γ _{M,fi}	1,0

Klassifisering av tverrsnitt

Steg:

c_w/t_w*ε 60,39 Class 1 (Bøying)

Flens:

c_f/t_r*ε 6,68 Class 1 (Trykk)**Tverrsnittets kritiske temperatur**

q _{d,fi}	5,5 kN/m
E _{d,fi}	44,0 kNm
R _{fi,d,0}	781,0 kNm
μ ₀	0,056
θ _{a,cr}	915,4 °C

Tverrsnittets temperatur etter 30 minutter

A _m	1579,6 mm
v	11600,0 mm ²
A _m /v	136,2 1/m
θ _{a,t=30}	789,1 °C

NS-EN 1993-1-2 4.2.3.3 (4)

θ _{a,com}	789,1 °C
k _{y,θ}	0,123
k _{y,θ,com}	0,123
k _{E,θ,com}	0,094
α _m	1,130
M _{vio}	278,9 kNm
M _{cr}	315,1 kNm
$\bar{\lambda}l.T$	1,574
$\bar{\lambda}l.T, \theta, com$	1,798
α	0,529
φ _{LT,θ,com}	2,592
χ _{LT,fi}	2,242E-01
M _{b,fi,t,Rd}	21,6 kNm
UR, styrke	2,041

B: SAP2000, knekkurve c

Vedlegg B består av resultatene fra analysen i SAP2000 for knekkurve c.

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)							
Units : KN, m, C							
Frame : 1	X Mid: 1,500	Combo: DSTL2	Design Type: Beam				
Length: 3,000	Y Mid: 0,000	Shape: IPE300	Frame Type: DCH-MRF				
Loc : 3,000	Z Mid: 0,000	Class: Class 1	Rolled : Yes				
Country=CEN Default		Combination=Eq. 6.10					
Reliability=Class 2		MultiResponse=Envelopes			P-Delta Done?		
Interaction=Method 2 (Annex B)		No					
Consider Torsion? No							
GammaM0=1,00	GammaM1=1,00	GammaM2=1,25	D/C Lim=0,950				
An/Ag=1,00	RLLF=1,000	PLLF=0,750					
Aeff=0,005	eNy=0,000	eNz=0,000	Wel,yy=5,571E-04	Weff,yy=5,571E-			
A=0,005	Iyy=8,356E-05	iyy=0,125	Wel,zz=8,053E-05	Weff,zz=8,053E-			
It=0,000	Izz=6,040E-06	izz=0,034	Wpl,yy=6,280E-04	Av,y=0,003			
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,300	Wpl,zz=1,250E-04	Av,z=0,003			
E=17850000,00	fy=34790,000	fu=490000,000					
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted	
3,000	0,000	0,000	0,000	12,375	0,000	0,000	
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)							
D/C Ratio: 0,740 = 0,000 + 0,740 + 0,000 < 0,950 OK							
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy)/(Chi_LT							
My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NED eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-							
6.62)							
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	0,000	187,170	187,170				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	187,170	1898,064	230,574	230,574	1,000		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	1635,663	0,338	0,572	0,968	181,251
MajorB (y-y)	a	0,210	1635,663	0,338	0,572	0,968	181,251
Minor (z-z)	b	0,340	118,231	1,258	1,471	0,448	83,769
MinorB (z-z)	b	0,340	118,231	1,258	1,471	0,448	83,769
Torsional TF	b	0,340	230,574	0,901	1,025	0,661	123,636
MOMENT DESIGN							
	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd	
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major (y-y)	0,000	9,281	21,848	21,848	21,848	12,538	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Cl	Mcr
LTB	c	0,490	0,943	1,126	0,574	1,154	24,586
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			
SHEAR DESIGN							
	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status		
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check		
Major (z)	12,375	0,000	51,560	0,240	OK		
Minor (y)	0,000	0,000	68,331	0,000	OK		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 2,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 4,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 4,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4,000	0,000	0,000	0,000	16,500	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 1,725 = 0,000 + 1,725 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

Axial	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	165,587	165,587	1,000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	920,061	0,451	0,628	0,939
MajorB (y-y)	a	0,210	920,061	0,451	0,628	0,939
Minor (z-z)	b	0,340	66,505	1,678	2,158	0,284
MinorB (z-z)	b	0,340	66,505	1,678	2,158	0,284
Torsional TF	b	0,340	165,587	1,063	1,212	0,558

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	16,500	21,848	21,848	21,848	9,566
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,192	1,453	0,438	1,136

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

Major (z)	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
	16,500	0,000	51,560	0,320	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 2,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 5,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 5,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5,000	0,000	0,000	0,000	20,625	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 3,368 = 0,000 + 3,368 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRK / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	135,508	135,508	1,000
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	588,839	0,564	0,697	0,903	169,054	
MajorB (y-y)	a	0,210	588,839	0,564	0,697	0,903	169,054	
Minor (z-z)	b	0,340	42,563	2,097	3,021	0,192	36,021	
MinorB (z-z)	b	0,340	42,563	2,097	3,021	0,192	36,021	
Torsional TF	b	0,340	135,508	1,175	1,356	0,492	92,037	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	25,781	21,848	21,848	21,848	7,656	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	c	0,490	1,397	1,769	0,350	1,143	11,198
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	20,625	0,000	51,560	0,400	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 6,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 6,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6,000	0,000	0,000	0,000	24,750	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 5,886 = 0,000 + 5,886 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRK / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	119,169	119,169	1,000
Major (y-y)	Curve a	Alpha 0,210	Ncr 408,916	LambdaBar 0,677	Phi 0,779	Chi 0,858	Nb,Rd 160,681	
MajorB (y-y)	a	0,210	408,916	0,677	0,779	0,858	160,681	
Minor (z-z)	b	0,340	29,558	2,516	4,060	0,138	25,831	
MinorB (z-z)	b	0,340	29,558	2,516	4,060	0,138	25,831	
Torsional TF	b	0,340	119,169	1,253	1,464	0,450	84,242	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	37,125	21,848	21,848	21,848	6,307	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
LTB	Curve c	AlphaLT 0,490	LambdaBarLT 1,584	PhiLT 2,094	ChiLT 0,289	C1 1,136	Mcr 8,704
Factors	kyy 0,950	kyz 0,600	kzy 1,000	kzz 1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	24,750	0,000	51,560	0,480	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 7,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 7,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
 Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
7,000	0,000	0,000	0,000	28,875	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: $9,378 = 0,000 + 9,378 + 0,000 > 0,950$ Overstress
 $= NEd / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} (M_{y,Ed} + NEd e_{Ny}) / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1})$
 $+ k_{zz} (M_{z,Ed} + NEd e_{Nz}) / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$ (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	109,317	109,317	1,000

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	300,428	0,789	0,873	0,802	150,065
MajorB (y-y)	a	0,210	300,428	0,789	0,873	0,802	150,065
Minor (z-z)	b	0,340	21,716	2,936	5,275	0,104	19,383
MinorB (z-z)	b	0,340	21,716	2,936	5,275	0,104	19,383
Torsional TF	b	0,340	109,317	1,309	1,545	0,423	79,136

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	50,531	21,848	21,779	21,848	5,388
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,746	2,403	0,247	1,140	7,165

Factors	kyy	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	28,875	0,000	51,560	0,560	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 4,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 8,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 8,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
8,000	0,000	0,000	0,000	33,000	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 14,079 = 0,000 + 14,08 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRK / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	102,922	102,922	1,000

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	230,015	0,902	0,981	0,733	137,116
MajorB (y-y)	a	0,210	230,015	0,902	0,981	0,733	137,116
Minor (z-z)	b	0,340	16,626	3,355	6,665	0,080	15,065
MinorB (z-z)	b	0,340	16,626	3,355	6,665	0,080	15,065
Torsional TF	b	0,340	102,922	1,349	1,605	0,404	75,655

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	66,000	21,848	21,472	21,848	4,688
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,898	2,717	0,215	1,136	6,066

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	33,000	0,000	51,560	0,640	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 1,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 3,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 3,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3,000	0,000	0,000	0,000	12,375	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 0,289 = 0,000 + 0,289 + 0,000 < 0,950 OK
 = NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT
 My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
 6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd	Np1,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	Force	Capacity	Capacity					
Axial	0,000	327,015	327,015	327,015	2981,160	481,494	481,494	1,000
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a	0,210	4793,963	0,261	0,541	0,986	322,572	
MajorB (y-y)	a	0,210	4793,963	0,261	0,541	0,986	322,572	
Minor (z-z)	b	0,340	273,171	1,094	1,251	0,539	176,176	
MinorB (z-z)	b	0,340	273,171	1,094	1,251	0,539	176,176	
Torsional TF	b	0,340	481,494	0,824	0,946	0,709	232,003	

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd	
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major (y-y)	0,000	9,281	50,581	50,581	50,581	32,129	
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862		
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr	
LTB	c	0,490	0,843	1,013	0,635	1,154	71,179
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	12,375	0,000	95,476	0,130	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK
	Vp1,Rd	Eta	LambdaBarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 2,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 4,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 4,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00	GammaM1=1,00	GammaM2=1,25		
An/Ag=1,00	RLLF=1,000	PLLF=0,750	D/C Lim=0,950	
Aeff=0,008	eNy=0,000	eNz=0,000		
A=0,008	Iyy=2,313E-04	iyy=0,165	Wel,yy=0,001	Weff,yy=0,001
It=0,000	Izz=1,318E-05	izz=0,039	Wel,zz=1,464E-04	Weff,zz=1,464E-04
Iw=0,000	Iyz=0,000	h=0,400	Wpl,yy=0,001	Av,y=0,005
E=18900000,00	fy=38700,000	fu=490000,000	Wpl,zz=2,290E-04	Av,z=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4,000	0,000	0,000	0,000	16,500	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,659 = 0,000 + 0,659 + 0,000 < 0,950 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT
My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

		Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial		0,000	327,015	327,015			
		Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
		327,015	2981,160	327,230	327,230	1,000	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	2696,604	0,348	0,576	0,966	315,877
MajorB (y-y)	a	0,210	2696,604	0,348	0,576	0,966	315,877
Minor (z-z)	b	0,340	153,659	1,459	1,778	0,358	117,013
MinorB (z-z)	b	0,340	153,659	1,459	1,778	0,358	117,013
Torsional TF	b	0,340	327,230	1,000	1,136	0,597	195,304

MOMENT DESIGN

		Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)		0,000	16,500	50,581	50,581	50,581	25,029
Minor (z-z)		0,000	0,000	8,862	8,862	8,862	
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	c	0,490	1,080	1,299	0,495	1,136	43,343
Factors		kyy	kyz	kzy	kzz		
		0,950	0,600	1,000	1,000		

SHEAR DESIGN

		Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)		16,500	0,000	95,476	0,173	OK
Minor (y)		0,000	0,000	117,129	0,000	OK
		Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 2,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 5,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 5,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

 Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5,000	0,000	0,000	0,000	20,625	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 1,284 = 0,000 + 1,284 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 327,015	Nu,Rd 2981,160	Ncr,T 255,827	Ncr,TF 255,827	An/Ag 1,000
Axial	0,000	327,015	327,015					
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	1725,827	0,435	0,619	0,943	308,457	
MajorB (y-y)	a	0,210	1725,827	0,435	0,619	0,943	308,457	
Minor (z-z)	b	0,340	98,342	1,824	2,439	0,246	80,589	
MinorB (z-z)	b	0,340	98,342	1,824	2,439	0,246	80,589	
Torsional TF	b	0,340	255,827	1,131	1,297	0,517	169,124	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	25,781	50,581	50,581	50,581	20,079	
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,281	1,585	0,397	1,143	30,827
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	20,625	0,000	95,476	0,216	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 6,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 6,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location Ned Med,yy Med,zz Ved,z Ved,y Ted
6,000 0,000 0,000 0,000 24,750 0,000 0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: $2,253 = 0,000 + 2,253 + 0,000 > 0,950$ Overstress
 $= \text{NEd} / (\text{Chi}_z \text{NRk} / \text{GammaM1}) + \text{kzy} (\text{My}, \text{Ed} + \text{NEd} \text{eNy}) / (\text{Chi}_{\text{LT}} \text{My}, \text{Rk} / \text{GammaM1}) + \text{kzz} (\text{Mz}, \text{Ed} + \text{NEd} \text{eNz}) / (\text{Mz}, \text{Rk} / \text{GammaM1})$ (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 327,015	Nu,Rd 2981,160	Ncr,T 217,041	Ncr,TF 217,041	An/Ag 1,000
Axial	0,000	327,015	327,015					
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a 0,210	1198,491	0,522	0,670	0,917	299,934		
MajorB (y-y)	a 0,210	1198,491	0,522	0,670	0,917	299,934		
Minor (z-z)	b 0,340	68,293	2,188	3,232	0,178	58,281		
MinorB (z-z)	b 0,340	68,293	2,188	3,232	0,178	58,281		
Torsional TF	b 0,340	217,041	1,227	1,428	0,463	151,552		

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	37,125	50,581	50,581	50,581	16,478
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862	
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c 0,490	1,466	1,885	0,326	1,136	23,533
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
	0,950	0,600	1,000	1,000		

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	24,750	0,000	95,476	0,259	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 7,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 7,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
7,000	0,000	0,000	0,000	28,875	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 3,611 = 0,000 + 3,611 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	0,000	327,015	327,015				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	327,015	2981,160	193,654	193,654	1,000		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	880,524	0,609	0,729	0,886	289,863
MajorB (y-y)	a	0,210	880,524	0,609	0,729	0,886	289,863
Minor (z-z)	b	0,340	50,174	2,553	4,159	0,134	43,943
MinorB (z-z)	b	0,340	50,174	2,553	4,159	0,134	43,943
Torsional TF	b	0,340	193,654	1,299	1,531	0,427	139,678

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd	
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major (y-y)	0,000	50,531	50,581	50,581	50,581	13,995	
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,627	2,173	0,277	1,140	19,106
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	28,875	0,000	95,476	0,302	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 1,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 3,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3,000	0,000	0,000	0,000	12,375	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 0,148 = 0,000 + 0,148 + 0,000 < 0,950 OK
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT
My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 506,572	Nu,Rd 4092,480	Ncr,T 781,599	Ncr,TF 781,599	An/Ag 1,000
Axial	0,000	506,572	506,572					
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	10434,014	0,220	0,526	0,996	504,308	
MajorB (y-y)	a	0,210	10434,014	0,220	0,526	0,996	504,308	
Minor (z-z)	b	0,340	463,686	1,045	1,190	0,569	288,044	
MinorB (z-z)	b	0,340	463,686	1,045	1,190	0,569	288,044	
Torsional TF	b	0,340	781,599	0,805	0,927	0,721	365,404	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	9,281	95,812	95,812	95,812	62,618	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Cl	Mcr
LTB	c	0,490	0,814	0,981	0,654	1,154	144,707
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	12,375	0,000	152,165	0,081	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 2,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 4,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 4,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4,000	0,000	0,000	0,000	16,500	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 0,338 = 0,000 + 0,338 + 0,000 < 0,950 OK
 $= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT$
 My,Rk/GammaM1)
 $+ kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1)$ (EC3 6.3.3(4)-
 6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	506,572	506,572	506,572	4092,480	507,845	507,845	1,000
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a	0,210	5869,133	0,294	0,553	0,979	495,904	
MajorB (y-y)	a	0,210	5869,133	0,294	0,553	0,979	495,904	
Minor (z-z)	b	0,340	260,823	1,394	1,674	0,384	194,726	
MinorB (z-z)	b	0,340	260,823	1,394	1,674	0,384	194,726	
Torsional TF	b	0,340	507,845	0,999	1,135	0,598	302,839	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	16,500	95,812	95,812	95,812	48,764	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr	
LTB	c	0,490	1,055	1,265	0,509	1,136	86,157
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	16,500	0,000	152,165	0,108	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 2,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 5,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 5,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5,000	0,000	0,000	0,000	20,625	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 0,665 = 0,000 + 0,665 + 0,000 < 0,950 OK

$$= \frac{Ned}{(Chi_z NRK/GammaM1)} + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) \quad (EC3 6.3.3(4)-6.62)$$

AXIAL FORCE DESIGN

Axial	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	0,000	506,572	506,572	506,572	4092,480	381,136	381,136	1,000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	3756,245	0,367	0,585	0,961
MajorB (y-y)	a	0,210	3756,245	0,367	0,585	0,961
Minor (z-z)	b	0,340	166,927	1,742	2,279	0,267
MinorB (z-z)	b	0,340	166,927	1,742	2,279	0,267
Torsional TF	b	0,340	381,136	1,153	1,327	0,504

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	25,781	95,812	95,812	95,812	38,774
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,263	1,558	0,405	1,143

Factors	kyy	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	20,625	0,000	152,165	0,136	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

Vpl,Rd	Eta	LambdabarW

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 6,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 6,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6,000	0,000	0,000	0,000	24,750	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 1,180 = 0,000 + 1,180 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT
 My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
Axial	0,000	506,572	506,572	506,572	4092,480	312,307	312,307	1,000		
				Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)				a	0,210	2608,504	0,441	0,622	0,942	477,063
MajorB (y-y)				a	0,210	2608,504	0,441	0,622	0,942	477,063
Minor (z-z)				b	0,340	115,921	2,090	3,006	0,194	98,041
MinorB (z-z)				b	0,340	115,921	2,090	3,006	0,194	98,041
Torsional TF				b	0,340	312,307	1,274	1,494	0,440	222,801

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	37,125	95,812	95,812	95,812	31,462	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,458	1,872	0,328	1,136	45,043
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	24,750	0,000	152,165	0,163	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 7,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 7,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-
 04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
7,000	0,000	0,000	0,000	28,875	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 1,912 = 0,000 + 1,912 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NED eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
 6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	0,000	506,572	506,572				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	506,572	4092,480	270,805	270,805	1,000		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	1916,452	0,514	0,665	0,920	465,960
MajorB (y-y)	a	0,210	1916,452	0,514	0,665	0,920	465,960
Minor (z-z)	b	0,340	85,167	2,439	3,855	0,146	74,065
MinorB (z-z)	b	0,340	85,167	2,439	3,855	0,146	74,065
Torsional TF	b	0,340	270,805	1,368	1,634	0,396	200,421

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd	
Major (y-y)	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major (y-y)	0,000	50,531	95,812	95,812	95,812	26,428	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	c	0,490	1,630	2,179	0,276	1,140	36,052
	kyy	kzy	kzz				
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	28,875	0,000	152,165	0,190	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 4,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 8,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 8,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
 Location Ned Med,yy Med,zz Ved,z Ved,y Ted
 8,000 0,000 0,000 0,000 33,000 0,000 0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 2,914 = 0,000 + 2,914 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy) / (Chi_LT
 My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NED eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
 6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	506,572	506,572	506,572	4092,480	243,868	243,868	1,000
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a 0,210	1467,283	0,588	0,713	0,895	453,201		
MajorB (y-y)	a 0,210	1467,283	0,588	0,713	0,895	453,201		
Minor (z-z)	b 0,340	65,206	2,787	4,824	0,114	57,816		
MinorB (z-z)	b 0,340	65,206	2,787	4,824	0,114	57,816		
Torsional TF	b 0,340	243,868	1,441	1,750	0,365	184,773		

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	66,000	95,812	95,812	95,812	22,646
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	c	0,490	1,792	2,495	0,236	1,136	29,852

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	33,000	0,000	152,165	0,217	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

C: SAP2000, knekkurve d

Vedlegg C består av resultatene fra analysen i SAP2000 for knekkurve d.

```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1      X Mid: 1,500      Combo: DSTL2      Design Type: Beam
Length: 3,000  Y Mid: 0,000      Shape: IPE300     Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3,000    Z Mid: 0,000      Class: Class 1    Rolled : Yes

Country=CEN Default      Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)  MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done?
No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00      GammaM1=1,00      GammaM2=1,25
An/Ag=1,00      RLLF=1,000      PLLF=0,750      D/C Lim=0,950

Aeff=0,005      eNy=0,000      eNz=0,000
A=0,005      Iyy=8,356E-05      iyy=0,125      Wel,yy=5,571E-04      Weff,yy=5,571E-
04
It=0,000      Izz=6,040E-06      izz=0,034      Wel,zz=8,053E-05      Weff,zz=8,053E-
05
Iw=0,000      Iyz=0,000      h=0,300      Wpl,yy=6,280E-04      Av,y=0,003
E=17850000,00      fy=34790,000      fu=490000,000      Wpl,zz=1,250E-04      Av,z=0,003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Ned      Med,yy      Med,zz      Ved,z      Ved,y      Ted
3,000      0,000      0,000      0,000      12,375      0,000      0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,854 = 0,000 + 0,854 + 0,000 < 0,950      OK
= NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy)/(Chi_LT
My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NED eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)      (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

AXIAL FORCE DESIGN
      Ned      Nc,Rd      Nt,Rd
      Force      Capacity      Capacity
Axial      0,000      187,170      187,170

      Npl,Rd      Nu,Rd      Ncr,T      Ncr,TF      An/Ag
      187,170      1898,064      230,574      230,574      1,000

      Curve      Alpha      Ncr      LambdaBar      Phi      Chi      Nb,Rd
Major (y-y)      a      0,210      1635,663      0,338      0,572      0,968      181,251
MajorB (y-y)      a      0,210      1635,663      0,338      0,572      0,968      181,251
Minor (z-z)      b      0,340      118,231      1,258      1,471      0,448      83,769
MinorB (z-z)      b      0,340      118,231      1,258      1,471      0,448      83,769
Torsional TF      b      0,340      230,574      0,901      1,025      0,661      123,636

MOMENT DESIGN
      Med      Med,span      Mc,Rd      Mv,Rd      Mn,Rd      Mb,Rd
      Moment      Moment      Capacity      Capacity      Capacity      Capacity
Major (y-y)      0,000      9,281      21,848      21,848      21,848      10,863
Minor (z-z)      0,000      0,000      4,349      4,349      4,349

      Curve      AlphaLT      LambdaBarLT      PhiLT      ChiLT      Cl      Mcr
LTB      d      0,760      0,943      1,227      0,497      1,154      24,586

      kyy      kyz      kzy      kzz
Factors      0,950      0,600      1,000      1,000

SHEAR DESIGN
      Ved      Ted      Vc,Rd      Stress      Status
      Force      Torsion      Capacity      Ratio      Check
Major (z)      12,375      0,000      51,560      0,240      OK
Minor (y)      0,000      0,000      68,331      0,000      OK
    
```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 2,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 4,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 4,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4,000	0,000	0,000	0,000	16,500	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 1,989 = 0,000 + 1,989 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	165,587	165,587	1,000
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a	0,210	920,061	0,451	0,628	0,939	175,720	
MajorB (y-y)	a	0,210	920,061	0,451	0,628	0,939	175,720	
Minor (z-z)	b	0,340	66,505	1,678	2,158	0,284	53,228	
MinorB (z-z)	b	0,340	66,505	1,678	2,158	0,284	53,228	
Torsional TF	b	0,340	165,587	1,063	1,212	0,558	104,353	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	16,500	21,848	21,848	21,848	8,294	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr	
LTB	d	0,760	1,192	1,587	0,380	1,136	15,389
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	16,500	0,000	51,560	0,320	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 2,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 5,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 5,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5,000	0,000	0,000	0,000	20,625	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 3,850 = 0,000 + 3,850 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	135,508	135,508	1,000
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a	0,210	588,839	0,564	0,697	0,903	169,054	
MajorB (y-y)	a	0,210	588,839	0,564	0,697	0,903	169,054	
Minor (z-z)	b	0,340	42,563	2,097	3,021	0,192	36,021	
MinorB (z-z)	b	0,340	42,563	2,097	3,021	0,192	36,021	
Torsional TF	b	0,340	135,508	1,175	1,356	0,492	92,037	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	25,781	21,848	21,848	21,848	6,697	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr	
LTB	d	0,760	1,397	1,930	0,307	1,143	11,198
Factors	kyy	kzy	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	20,625	0,000	51,560	0,400	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 6,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 6,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6,000	0,000	0,000	0,000	24,750	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 6,665 = 0,000 + 6,665 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	119,169	119,169	1,000

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	408,916	0,677	0,779	0,858	160,681
MajorB (y-y)	a	0,210	408,916	0,677	0,779	0,858	160,681
Minor (z-z)	b	0,340	29,558	2,516	4,060	0,138	25,831
MinorB (z-z)	b	0,340	29,558	2,516	4,060	0,138	25,831
Torsional TF	b	0,340	119,169	1,253	1,464	0,450	84,242

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	37,125	21,848	21,848	21,848	5,570
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	1,584	2,281	0,255	1,136	8,704

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	24,750	0,000	51,560	0,480	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 7,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 7,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-04
 It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-05
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
 E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
7,000	0,000	0,000	0,000	28,875	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 10,535 = 0,000 + 10,53 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	109,317	109,317	1,000
Major (y-y)	Curve a	Alpha 0,210	Ncr 300,428	LambdaBar 0,789	Phi 0,873	Chi 0,802	Nb,Rd 150,065	
MajorB (y-y)	a	0,210	300,428	0,789	0,873	0,802	150,065	
Minor (z-z)	b	0,340	21,716	2,936	5,275	0,104	19,383	
MinorB (z-z)	b	0,340	21,716	2,936	5,275	0,104	19,383	
Torsional TF	b	0,340	109,317	1,309	1,545	0,423	79,136	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	50,531	21,848	21,779	21,848	4,797	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
LTB	Curve d	AlphaLT 0,760	LambdaBarLT 1,746	PhiLT 2,612	ChiLT 0,220	C1 1,140	Mcr 7,165
Factors	kyy 0,950	kyz 0,600	kzy 1,000	kzz 1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	28,875	0,000	51,560	0,560	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 4,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 8,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE300 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 8,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
Aeff=0,005 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,005 Iyy=8,356E-05 iyy=0,125 Wel,yy=5,571E-04 Weff,yy=5,571E-
04
It=0,000 Izz=6,040E-06 izz=0,034 Wel,zz=8,053E-05 Weff,zz=8,053E-
05
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,300 Wpl,yy=6,280E-04 Av,y=0,003
E=17850000,00 fy=34790,000 fu=490000,000 Wpl,zz=1,250E-04 Av,z=0,003

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
8,000	0,000	0,000	0,000	33,000	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 15,706 = 0,000 + 15,71 + 0,000 > 0,950 Overstress
= NEd / (Chi_z NRK / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT
My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	187,170	187,170	187,170	1898,064	102,922	102,922	1,000
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	230,015	0,902	0,981	0,733	137,116	
MajorB (y-y)	a	0,210	230,015	0,902	0,981	0,733	137,116	
Minor (z-z)	b	0,340	16,626	3,355	6,665	0,080	15,065	
MinorB (z-z)	b	0,340	16,626	3,355	6,665	0,080	15,065	
Torsional TF	b	0,340	102,922	1,349	1,605	0,404	75,655	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	66,000	21,848	21,472	21,848	4,202	
Minor (z-z)	0,000	0,000	4,349	4,349	4,349		
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	d	0,760	1,898	2,946	0,192	1,136	6,066
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	33,000	0,000	51,560	0,640	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 1,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 3,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 3,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
 Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,318E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-
 04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3,000	0,000	0,000	0,000	12,375	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 0,331 = 0,000 + 0,331 + 0,000 < 0,950 OK
 = NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
 6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	327,015	327,015	327,015	2981,160	481,494	481,494	1,000
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a	0,210	4793,963	0,261	0,541	0,986	322,572	
MajorB (y-y)	a	0,210	4793,963	0,261	0,541	0,986	322,572	
Minor (z-z)	b	0,340	273,171	1,094	1,251	0,539	176,176	
MinorB (z-z)	b	0,340	273,171	1,094	1,251	0,539	176,176	
Torsional TF	b	0,340	481,494	0,824	0,946	0,709	232,003	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	9,281	50,581	50,581	50,581	28,011	
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862		
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr	
LTB	d	0,760	0,843	1,100	0,554	1,154	71,179
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	12,375	0,000	95,476	0,130	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 2,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 4,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 4,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
 Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 Iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 Izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4,000	0,000	0,000	0,000	16,500	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 0,762 = 0,000 + 0,762 + 0,000 < 0,950 OK
 = Ned / (Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 327,015	Nu,Rd 2981,160	Ncr,T 327,230	Ncr,TF 327,230	An/Ag 1,000
Axial	0,000	327,015	327,015					
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	2696,604	0,348	0,576	0,966	315,877	
MajorB (y-y)	a	0,210	2696,604	0,348	0,576	0,966	315,877	
Minor (z-z)	b	0,340	153,659	1,459	1,778	0,358	117,013	
MinorB (z-z)	b	0,340	153,659	1,459	1,778	0,358	117,013	
Torsional TF	b	0,340	327,230	1,000	1,136	0,597	195,304	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	16,500	50,581	50,581	50,581	21,648	
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862		
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	d	0,760	1,080	1,418	0,428	1,136	43,343
Factors	kyy	kyy	kyy	kyy	kyy	kyy	
	0,950	0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	16,500	0,000	95,476	0,173	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 2,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 5,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 5,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
 Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5,000	0,000	0,000	0,000	20,625	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 1,476 = 0,000 + 1,476 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 327,015	Nu,Rd 2981,160	Ncr,T 255,827	Ncr,TF 255,827	An/Ag 1,000
Axial	0,000	327,015	327,015					
				Ncr,T	Ncr,TF	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	0,210	1725,827	0,435	0,619	0,943	0,943	308,457	
MajorB (y-y)	0,210	1725,827	0,435	0,619	0,943	0,943	308,457	
Minor (z-z)	0,340	98,342	1,824	2,439	0,246	0,246	80,589	
MinorB (z-z)	0,340	98,342	1,824	2,439	0,246	0,246	80,589	
Torsional TF	0,340	255,827	1,131	1,297	0,517	0,517	169,124	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	25,781	50,581	50,581	50,581	17,468	
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	1,281	1,731	0,345	1,143	30,827
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	20,625	0,000	95,476	0,216	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 6,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 6,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04

Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
6,000	0,000	0,000	0,000	24,750	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 2,567 = 0,000 + 2,567 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1)

+ kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1)

(EC3 6.3.3(4)-

6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	0,000	327,015	327,015				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	327,015	2981,160	217,041	217,041	1,000		
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	1198,491	0,522	0,670	0,917	299,934
MajorB (y-y)	a	0,210	1198,491	0,522	0,670	0,917	299,934
Minor (z-z)	b	0,340	68,293	2,188	3,232	0,178	58,281
MinorB (z-z)	b	0,340	68,293	2,188	3,232	0,178	58,281
Torsional TF	b	0,340	217,041	1,227	1,428	0,463	151,552

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	0,000	37,125	50,581	50,581	50,581	14,464
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	d	0,760	1,466	2,056	0,286	1,136	23,533

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	24,750	0,000	95,476	0,259	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 7,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 7,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
 It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
 Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
 E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES

Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
7,000	0,000	0,000	0,000	28,875	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 4,080 = 0,000 + 4,080 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT

My,Rk/GammaM1)

+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-

6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
Axial	0,000	327,015	327,015	327,015	2981,160	193,654	193,654	1,000		
				Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)				a	0,210	880,524	0,609	0,729	0,886	289,863
MajorB (y-y)				a	0,210	880,524	0,609	0,729	0,886	289,863
Minor (z-z)				b	0,340	50,174	2,553	4,159	0,134	43,943
MinorB (z-z)				b	0,340	50,174	2,553	4,159	0,134	43,943
Torsional TF				b	0,340	193,654	1,299	1,531	0,427	139,678

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	50,531	50,581	50,581	50,581	12,386
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	1,627	2,366	0,245	1,140	19,106

Factors	kyy	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	28,875	0,000	95,476	0,302	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 4,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 8,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE400 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 8,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,008 Iyy=2,313E-04 iyy=0,165 Wel,yy=0,001 Weff,yy=0,001
It=0,000 Izz=1,318E-05 izz=0,039 Wel,zz=1,464E-04 Weff,zz=1,464E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,400 Wpl,yy=0,001 Av,y=0,005
E=18900000,00 fy=38700,000 fu=490000,000 Wpl,zz=2,290E-04 Av,z=0,004

DESIGN MESSAGES
Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location Ned Med,yy Med,zz Ved,z Ved,y Ted
8,000 0,000 0,000 0,000 33,000 0,000 0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 6,113 = 0,000 + 6,113 + 0,000 > 0,950 Overstress
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT
My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 327,015	Nu,Rd 2981,160	Ncr,T 178,475	Ncr,TF 178,475	An/Ag 1,000
Axial	0,000	327,015	327,015					
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a 0,210	674,151	0,696	0,795	0,849	277,763		
MajorB (y-y)	a 0,210	674,151	0,696	0,795	0,849	277,763		
Minor (z-z)	b 0,340	38,415	2,918	5,218	0,105	34,261		
MinorB (z-z)	b 0,340	38,415	2,918	5,218	0,105	34,261		
Torsional TF	b 0,340	178,475	1,354	1,612	0,402	131,432		

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	66,000	50,581	50,581	50,581	10,797
Minor (z-z)	0,000	0,000	8,862	8,862	8,862	
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d 0,760	1,778	2,680	0,213	1,136	16,005
Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
	0,950	0,600	1,000	1,000		

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	33,000	0,000	95,476	0,346	OK
Minor (y)	0,000	0,000	117,129	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 1,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 3,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 3,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950
 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3,000	0,000	0,000	0,000	12,375	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 0,170 = 0,000 + 0,170 + 0,000 < 0,950 OK

$$= NEd / (\text{Chi}_z \text{NRk} / \text{GammaM1}) + kzy (My,Ed + NEd \text{eNy}) / (\text{Chi}_{LT}$$

My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
Axial	Force	Capacity	Capacity				
	0,000	506,572	506,572				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	506,572	4092,480	781,599	781,599	1,000		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	10434,014	0,220	0,526	0,996	504,308
MajorB (y-y)	a	0,210	10434,014	0,220	0,526	0,996	504,308
Minor (z-z)	b	0,340	463,686	1,045	1,190	0,569	288,044
MinorB (z-z)	b	0,340	463,686	1,045	1,190	0,569	288,044
Torsional TF	b	0,340	781,599	0,805	0,927	0,721	365,404

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd	
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity	
Major (y-y)	0,000	9,281	95,812	95,812	95,812	54,743	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Cl	Mcr
LTB	d	0,760	0,814	1,064	0,571	1,154	144,707
		kyy	kzy	kzy	kzz		
Factors		0,950	0,600	1,000	1,000		

SHEAR DESIGN

	Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	12,375	0,000	152,165	0,081	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

Vpl,Rd Eta LambdabarW

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 2,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 4,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 4,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-
 04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
4,000	0,000	0,000	0,000	16,500	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 0,391 = 0,000 + 0,391 + 0,000 < 0,950 OK

$$= NEd / (\chi_z NRk / \Gamma M1) + kzy (My, Ed + NEd eNy) / (\chi_{LT} My, Rk / \Gamma M1) + kzz (Mz, Ed + NEd eNz) / (Mz, Rk / \Gamma M1)$$
 (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 506,572	Nu,Rd 4092,480	Ncr,T 507,845	Ncr,TF 507,845	An/Ag 1,000
Axial	0,000	506,572	506,572					
		Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd		
Major (y-y)	a	0,210	5869,133	0,294	0,553	0,979	495,904	
MajorB (y-y)	a	0,210	5869,133	0,294	0,553	0,979	495,904	
Minor (z-z)	b	0,340	260,823	1,394	1,674	0,384	194,726	
MinorB (z-z)	b	0,340	260,823	1,394	1,674	0,384	194,726	
Torsional TF	b	0,340	507,845	0,999	1,135	0,598	302,839	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	16,500	95,812	95,812	95,812	42,170	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	1,055	1,381	0,440	1,136	86,157
	Factors	kyy	kyz	kzy	kzz		
		0,950	0,600	1,000	1,000		

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	16,500	0,000	152,165	0,108	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK
	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW		

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 2 X Mid: 2,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
Length: 5,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 5,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
No

Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04

Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
5,000	0,000	0,000	0,000	20,625	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)

D/C Ratio: 0,765 = 0,000 + 0,765 + 0,000 < 0,950 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT

My,Rk/GammaM1)

+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-

6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	506,572	506,572	506,572	4092,480	381,136	381,136	1,000

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	a	0,210	3756,245	0,367	0,585	0,961	486,925
MajorB (y-y)	a	0,210	3756,245	0,367	0,585	0,961	486,925
Minor (z-z)	b	0,340	166,927	1,742	2,279	0,267	135,098
MinorB (z-z)	b	0,340	166,927	1,742	2,279	0,267	135,098
Torsional TF	b	0,340	381,136	1,153	1,327	0,504	255,490

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	0,000	25,781	95,812	95,812	95,812	33,707
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	1,263	1,702	0,352	1,143	60,039

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,950	0,600	1,000	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	20,625	0,000	152,165	0,136	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

Vpl,Rd Eta LambdabarW

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 3,500 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 7,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 7,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
 Location Ned Med,yy Med,zz Ved,z Ved,y Ted
 7,000 0,000 0,000 0,000 28,875 0,000 0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 2,160 = 0,000 + 2,160 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT
 My,Rk/GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd 506,572	Nu,Rd 4092,480	Ncr,T 270,805	Ncr,TF 270,805	An/Ag 1,000
Axial	0,000	506,572	506,572					
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	1916,452	0,514	0,665	0,920	465,960	
MajorB (y-y)	a	0,210	1916,452	0,514	0,665	0,920	465,960	
Minor (z-z)	b	0,340	85,167	2,439	3,855	0,146	74,065	
MinorB (z-z)	b	0,340	85,167	2,439	3,855	0,146	74,065	
Torsional TF	b	0,340	270,805	1,368	1,634	0,396	200,421	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	50,531	95,812	95,812	95,812	23,393	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
	d	0,760	1,630	2,372	0,244	1,140	36,052
Factors	kyy	kyy	kzy	kzz			
	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	28,875	0,000	152,165	0,190	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : KN, m, C

Frame : 1 X Mid: 4,000 Combo: DSTL2 Design Type: Beam
 Length: 8,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE500 Frame Type: DCH-MRF
 Loc : 8,000 Z Mid: 0,000 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10
 Reliability=Class 2
 Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done?
 No
 Consider Torsion? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25 D/C Lim=0,950
 An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750
 Aeff=0,012 eNy=0,000 eNz=0,000
 A=0,012 Iyy=4,820E-04 iyy=0,204 Wel,yy=0,002 Weff,yy=0,002
 It=0,000 Izz=2,142E-05 izz=0,043 Wel,zz=2,142E-04 Weff,zz=2,142E-04
 04 Iw=1,254E-06 Iyz=0,000 h=0,500 Wpl,yy=0,002 Av,y=0,007
 E=19740000,00 fy=43670,000 fu=490000,000 Wpl,zz=3,360E-04 Av,z=0,006

DESIGN MESSAGES
 Error: Section overstressed

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
 Location Ned Med,yy Med,zz Ved,z Ved,y Ted
 8,000 0,000 0,000 0,000 33,000 0,000 0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
 D/C Ratio: 3,267 = 0,000 + 3,267 + 0,000 > 0,950 Overstress
 = Ned / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NED eNy) / (Chi_LT
 My,Rk / GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NED eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-
 6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
Axial	0,000	506,572	506,572	506,572	4092,480	243,868	243,868	1,000
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd	
Major (y-y)	a	0,210	1467,283	0,588	0,713	0,895	453,201	
MajorB (y-y)	a	0,210	1467,283	0,588	0,713	0,895	453,201	
Minor (z-z)	b	0,340	65,206	2,787	4,824	0,114	57,816	
MinorB (z-z)	b	0,340	65,206	2,787	4,824	0,114	57,816	
Torsional TF	b	0,340	243,868	1,441	1,750	0,365	184,773	

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity	
Major (y-y)	0,000	66,000	95,812	95,812	95,812	20,204	
Minor (z-z)	0,000	0,000	14,673	14,673	14,673		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	d	0,760	1,792	2,710	0,211	1,136	29,852
	kyy	kyz	kzy	kzz			
Factors	0,950	0,600	1,000	1,000			

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	33,000	0,000	152,165	0,217	OK
Minor (y)	0,000	0,000	172,113	0,000	OK